

CONTRIBUTO AL DATABASE "SURFIN" (*SURFACE FAULTING
INTENSITY*) - CATALOGO DELLE INTENSITA' MACROSISMICHE
DI TERREMOTI STORICI ASSOCIATI A FAGLIAZIONE
SUPERFICIALE

Dr. Valter Boccali

Tutors: Dr. Eutizio Vittori & Dr. Valerio Comerci

INDICE

PREFAZIONE.....	3
SINTESI	4
1. INTRODUZIONE	5
2. RACCOLTA E CATALOGAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE	6
3. STRUTTURA E MODALITA' DI CONSULTAZIONE DEL DATA BASE	8
4. CONCLUSIONI	12
BIBLIOGRAFIA	14
APPENDICE A	15
APPENDICE B	20
APPENDICE C	25

PREFAZIONE

Questa tesi di stage si inserisce nel progetto di costruzione di una nuova scala macrosismica basata sugli effetti ambientali dei terremoti.

Il progetto vede la collaborazione di ricercatori provenienti da diversi Paesi e viene svolto sotto il cappello dell'INQUA (International Union for Quaternary Research), con segreteria operativa presso l'APAT.

La scala è stata presentata durante il XVI Congresso INQUA, Reno, NV, USA, dal 23 al 30 luglio 2003 e attualmente è in progettazione la nuova versione.

L'obiettivo di questa nuova scala è quello di integrare le già esistenti scale di intensità sismica, per comprendere meglio la forza dei terremoti e i rischi ambientali correlati.

Negli ultimi 40 anni la considerazione degli effetti sull'ambiente conseguenti ad eventi sismici sono divenuti sempre più importanti nel definire l'intensità, valutando effetti sulla natura indipendentemente dalla presenza e attività dell'uomo.

Il parametro dell'intensità è utilizzato in molte analisi di rischio sismico. Alcuni aspetti utili sono: a) lo studio dell'intensità per ricostruire campi macrosismici di terremoti antichi e contemporanei e determinare l'origine sismogenetica; b) la realizzazione di mappe isosismiche permette la comparazione tra l'attenuazione derivata utilizzando la relazione tra magnitudo e distanza e quella derivata dal campo macrosismico; c) il valore dell'intensità può essere importante per determinare la relazione tra la propagazione dell'onda sismica e le condizioni del sito interessato; d) poichè lo studio e l'accurata descrizione delle paleofrane o dei cambiamenti geomorfologici sono compresi tra i parametri per la determinazione del grado di intensità, è possibile confrontare terremoti antichi con quelli recenti, (soprattutto quelli di grado più elevato) di cui sono noti anche i valori della magnitudo.

Questa nuova scala macrosismica vuole utilizzare quei parametri indipendenti dalla presenza di costruzioni, persone e sviluppo economico dell'area epicentrale, come gli effetti cosismici sull'ambiente (la lunghezza e il rigetto di una faglia sismogenetica, la presenza di frane e paleofrane, fenomeni di liquefazione, ecc.).

La scala INQUA si propone come strumento fondamentale (se non unico) nel classificare l'intensità di forti terremoti come quelli di X, XI e XII grado: a seguito di tali terremoti gli edifici e le infrastrutture vengono completamente distrutte e quindi risulta impossibile utilizzare il loro grado di danneggiamento per valutare l'intensità del sisma.

SINTESI

Questa tesi di stage si inserisce nel progetto di costruzione della nuova scala macrosismica INQUA basata solo sugli effetti dei terremoti sull'ambiente naturale.

L'obiettivo dello stage è quello di collezionare i valori delle intensità macrosismiche di terremoti associati a fagliazione superficiale, implementando il database APAT SURFIN (*Surface Faulting Intensity*), e determinare la relazione esistente tra l'intensità dei terremoti e i loro effetti cosismici sull'ambiente, quali la lunghezza di rottura superficiale e il massimo rigetto delle faglie sismogenetiche.

Lo stage ha previsto due tipi di attività: la prima ha riguardato una ricerca bibliografica, su riviste scientifiche e su siti internet, di dati relativi a terremoti, con particolare riguardo ai dati di fagliazione superficiale e ai valori di intensità (questi ultimi non sempre facilmente reperibili); nella seconda parte dello stage è stato realizzato un proprio database che riporta i terremoti in ordine cronologico e per ognuno i corrispondenti parametri principali, dall'intensità alla magnitudo, dal meccanismo focale ai dati sulla lunghezza e sul rigetto della faglia.

Sono inoltre stati realizzati dei grafici che mettono in relazione i valori della intensità sismica con i parametri delle fagliazioni superficiali. Tali grafici mettono in evidenza i limiti delle scale macrosismiche classiche nell'assegnazione del grado di intensità ai terremoti; basandosi quasi esclusivamente sugli effetti su manufatti, tali scale sono molto influenzate dal grado di sviluppo antropico, economico e tecnologico del sito dove è avvenuto il terremoto.

L'utilizzo di parametri esclusivamente ambientali (effetti cosismici sull'ambiente) può aiutare a valutare più adeguatamente la "forza" dei terremoti.

1. INTRODUZIONE

La magnitudo (misurata attraverso la scala Richter) e l'intensità macrosismica (misurata tramite le scale Mercalli Modificata MM - Mercalli Cancani Sieberg MCS - Medvedev Sponheuer Karnik MSK, ecc.) sono le due misure principali della "forza" di un terremoto. La magnitudo è una misura strumentale dell'energia sprigionata da un terremoto nel punto in cui esso si è originato (ipocentro). L'intensità è invece basata sugli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici presenti nell'area colpita dal sisma e sull'ambiente.

Proprio gli effetti prodotti sull'ambiente sono l'obiettivo del progetto INQUA SCALE, cioè creare una scala di intensità sismica che si basi sugli effetti superficiali generati da eventi sismici. In questo lavoro sono stati messi a confronto i parametri di rottura superficiale di terremoti associati a fagliazione superficiale con i valori di intensità. Sono stati utilizzati la lunghezza della rottura superficiale e il massimo rigetto di ogni faglia sismogenetica come parametri base e di confronto con i valori di intensità sismica assegnati a terremoti storici secondo le scale classiche di intensità (MM, MCS, MSK, ecc.).

L'intensità è un parametro di notevole importanza nel classificare un terremoto, ma devono essere considerati altri effetti oltre ai danni sui manufatti e sull'uomo: quelli sull'ambiente. La considerazione degli effetti indotti sul terreno dal terremoto permette di valutare l'intensità anche di eventi pre-storici analizzando ad esempio paleofrane, variazioni geomorfologiche, ecc. Lo studio di frane, fenomeni di subsidenza, effetti tettonici o geomorfologici correlati ad eventi sismici attuali ci permette di interpretare i terremoti avvenuti nel passato anche remoto.

Questo lavoro si è concentrato in particolare sui parametri della lunghezza della rottura superficiale e del massimo rigetto delle faglie sismogeniche, messi a confronto con le rispettive classi di intensità e di magnitudo; l'attività di raccolta di dati ha permesso la realizzazione di un database che comprende 87 eventi sismici verificatisi in diverse aree del nostro pianeta, che hanno prodotto effetti sull'ambiente naturale.

2. RACCOLTA E CATALOGAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE

I parametri della lunghezza della faglia e del suo rigetto correlati al valore dell'intensità sismica sono stati i punti di riferimento che hanno tracciato la via della ricerca bibliografica.

Una delle migliori risorse utilizzate è stato un libro sui terremoti storici degli Stati Uniti d'America, *Seismicity of United States, 1568 - 1989 (Revised)* scritto da Stover W.C. e Coffman L.J. e pubblicato a Washington nel 1993 dalla United States Government Printing Office. Vengono descritti i terremoti più significativi e oltre alla magnitudo e alla intensità Mercalli Modificata è riportata l'area interessata dall'evento sismico, inoltre sono presenti diverse mappe dell'intensità macrosismica.

Un altro lavoro utilizzato è quello di Wells L.D. e Coppersmith J.K., 1994, *New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement*, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No. 4, pp 974 - 1002, che presenta un ricco database di terremoti su scala mondiale ritenuti significativi. Il database riporta oltre alla magnitudo e al momento sismico la lunghezza e il rigetto massimo e medio delle rotture superficiali.

Un altro database di cui si è usufruito è quello gentilmente fornito dal Dr. Alexander Strom dell'Hydroproject Institute, Geodynamic Research Centre di Mosca (Russia): anche in questa raccolta ogni terremoto viene associato alla magnitudo, alla lunghezza di rottura superficiale e a vari tipi di rigetto, da quello verticale a quello orizzontale.

Altri articoli scientifici sono stati utilizzati soprattutto per approfondire le informazioni su terremoti della zona dell'Anatolia e del medio oriente; tra questi quello di Ambraseys N.N. e Jackson J.A., 1998, *Faulting Associated with Historical and Recent Earthquakes in the Eastern Mediterranean Region*, Geophys. J. Int., 133, 390 - 406, e quello di Ambraseys N.N., Jackson J.A. & Melville C.P., 2002, *Historical Seismicity and Tectonics: The Case of the Eastern Mediterranean and the Middle East*, International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Volume 81A.

Tutti i dati reperiti sono stati attentamente valutati e integrati tra loro; per esempio il valore dell'intensità non sempre presente nei lavori, il più delle volte è stato integrato dopo avere effettuato una ricerca su altre riviste scientifiche e su siti internet.

Dal libro di Leon Reiter, 1990, *Earthquake Hazard Analysis: Issues and Insights*, Columbia University press, c 1990 - X, 254 p. è stato preso il metodo di comparazione tra le diverse scale di intensità sismica. Questo metodo è stato molto utile per convertire i valori delle intensità dalle scale MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) e MSK (Medvedev-Sponheuer- Karnik) alla MM (Mercalli Modificata). Sotto è rappresentata la tabella che confronta le diverse scale di intensità sismica.

MODIFIED MERCALLI	ROSSI FOREL	JMA	MERCALLI CANCANI SIEBERG	MEDVEDEV SPONHEUER KARNIK
I	I	I	II	I
II	II		III	II
III	III		IV	III
IV	IV		V	IV
V	V	II	VI	V
VI	VI	III	VII	VI
VII	VII	IV	VIII	VII
VIII	VIII	V	IX	VIII
IX	IX		X	IX
X	X	VI	XI	X
XI		VII	XII	XI
XII				XII

3. STRUTTURA E MODALITA' DI CONSULTAZIONE DEL DATA BASE

E' stato realizzato un database (vedere appendice A) che comprende forti terremoti avvenuti nel mondo e associati a fagliazione superficiale, a partire dall'anno 1638 fino ai nostri giorni.

Nell'appendice C sono descritti i riferimenti da cui sono stati rilevati i dati riportati nell'appendice A. I riferimenti sono suddivisi in due gruppi: il primo riguarda esclusivamente i dati dell'intensità, mentre il secondo tutti gli altri dati del database; i valori e i rispettivi riferimenti sono suddivisi in colori corrispondenti per indicare che un certo dato con uno specifico colore deriva dal riferimento dello stesso colore.

I dati qui presentati sono il frutto dell'integrazione di un catalogo di terremoti precedentemente realizzato in APAT: SURFIN - Surface Faulting Intensity.

Nel database realizzato figurano 87 terremoti descritti in ordine cronologico, dal più antico, quello della Sila (Italia) del 09 settembre 1638, al più recente, del 09 settembre 1998 a Lauria (Appennino Meridionale, Italia). Per ogni terremoto è stata descritta la località epicentrale con coordinate geografiche e la data dell'avvenimento; per quanto riguarda le caratteristiche sismotettoniche delle faglie sismogenetiche, è stato descritto il meccanismo focale, la lunghezza e rottura superficiale, il massimo rigetto misurato, l'intensità e la magnitudo di ogni singolo evento sismico associato.

Un discorso più approfondito è stato fatto per l'intensità in quanto a causa delle diverse scale utilizzate nel mondo, è stato necessario scegliere un criterio per mettere a confronto dati derivanti da diverse scale. In generale la scala dell'intensità più utilizzata è la Mercalli Modificata (MM), ma sono stati reperiti dati di intensità in scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) e Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK).

Per questo è stata utilizzata una comparazione tra le diverse scale dell'intensità proposta da Reiter (1990) dopo Murphy e O'brien (1977) e Richter (1958).

Secondo Reiter le differenze maggiori tra le scale MM e MCS compaiono ai gradi più alti; infatti per esempio un XII o XI della scala MCS corrisponde rispettivamente a un X e un IX della scala MM, mentre da un X MCS si passa a un VIII/IX MM, da un IX MCS a un VII/VIII MM, da un VIII MCS a un VII MM.

Sempre secondo Reiter è univoca la corrispondenza invece tra la MM e la MSK, quest'ultima utilizzata nei paesi centro-orientali dell'Europa. Nel database qui

presentato risulta un unico terremoto, quello di Assam (India) del 12 giugno 1897 con intensità IX espressa in MSK (corrispondente al IX della MM).

La scala MM è utilizzata negli USA, mentre la MCS nell'Europa meridionale, infatti i terremoti reperiti con intensità in MCS sono quelli italiani: l'evento della Sila del 1638 e di Serre Civitanova del 1783 sono classificati come XI della MCS, che rapportati alla scala MM assumerebbero un valore di IX, così come il terremoto di Avezzano del 1915, oppure del Friuli del 1976 che da un IX/X MCS passerebbero a un VIII MM. Il sisma di Norcia del 1979 di intensità VIII/IX MCS diventerebbe VII MM, mentre l'evento dell'Appennino meridionale del 1980 con grado X della MCS sarebbe VIII/IX MM, quello Umbro del 1984 o Laziale-Abruzzese dello stesso anno o di Lauria nell'Appennino meridionale nel 1998 che sono classificati con un valore VIII nella scala MCS presenterebbero un valore VII nella scala MM e infine il sisma di Colfiorito del 1997 al quale è assegnato un IX nella MCS corrisponderebbe ad un VII/VIII della MM.

La comparazione tra le diverse scale si rende necessaria per avere dati di intensità più omogenei possibile, da rapportare con i parametri di fagliazione superficiale. Sono stati realizzati dei grafici che mettono in relazione l'intensità di ogni evento sismico con la rispettiva lunghezza della fagliazione superficiale e del massimo rigetto prodotti dal terremoto stesso. Sono stati eseguiti grafici utilizzando sia i valori di intensità espressi nelle scale originarie (MM, MCS, MSK) sia quelli convertiti in MM (vedi appendice B) tramite la comparazione proposta da Reiter (1999).

Nel primo grafico (Intensity - Rupture Length) sull'asse delle ordinate sono riportate le intensità dei terremoti nelle differenti scale originarie, mentre nell'asse delle ascisse, su scala logaritmica, sono riportate le lunghezze in km delle rotture superficiali generate dai rispettivi eventi sismici; la relazione matematica che regola tale rapporto è logaritmica e rappresentata da una retta di regressione con coefficiente di regressione R^2 pari a 0.3201. Tramite il valore R^2 si ha un'informazione sull'adattamento del modello lineare ai dati di input; più il valore del coefficiente di regressione si avvicina a 1 minore è la dispersione dei dati di input rispetto alla retta.

Il secondo grafico mette in relazione sempre l'intensità con la lunghezza della fagliazione superficiale ma con le intensità tutte nella scala MM; la relazione matematica è sempre logaritmica e il coefficiente di regressione sale fino a 0.4198; questo significa che dopo avere trasformato i valori delle intensità dalle scale MCS e MSK a quella MM la relazione risulta migliore.

Come si può notare, nello stesso grafico ci sono terremoti classificati con lo stesso valore di intensità che hanno lunghezza di rottura superficiale anche molto diversa e viceversa; per esempio se consideriamo i terremoti con lunghezza di fagliazione superficiale di 15 km, si osserva una discrepanza sui rispettivi valori di intensità: i sismi (vedi grafico "intensity (MM) - rupture length") di Hawkes Bay (New Zealand) del 2 febbraio 1931 (n° 16), quello di Kalamata (Greece) del 13 settembre 1986 (n°75), quello di Kirsehir nel 19 aprile 1938 (n°21) e quello di Dhamer (North Yemen) del 13 dicembre 1982 (n°67), hanno rispettivamente intensità (MM) XI/X, X, X/IX, VIII.

Se confrontiamo la magnitudo del sisma di Hawkes Bay (New Zealand) del 1931 equivalente a 7.8 Ms con quella dell'evento di Kalamata (Greece) del 1986 con Ms 5.8, si può notare la notevole differenza di energia tra i due terremoti, ma se confrontiamo l'intensità rispettivamente di X/XI e X della scala MM non sembra esserci una grande differenza: questo testimonia il limite nell'assegnare l'intensità ai terremoti tramite una scala che si basi solo su danni a edifici e infrastrutture e sul numero di vittime.

I terremoti appena citati sono associati ad una fagliazione superficiale lunga 15 km, ma se consultiamo il grafico dell'appendice B, che relaziona l'intensità al massimo rigetto (Intensity - Max Displacement), si nota che il terremoto di Hawkes Bay (n°16) ha generato un rigetto della faglia di 4.6 metri contro i 0.18 metri di Kalamata (n°75). Questo dato del rigetto mostra come il terremoto di Hawkes Bay (di stile compressivo) sia di dimensioni molto superiori rispetto a quello di Kalamata (con meccanismo focale distensivo), ma ad essi sono stati attribuiti valori quasi uguali di intensità MM.

Il grafico "Intensity - Max Displacement" (con intensità in diverse scale), risulta regolato da una relazione logaritmica con coefficiente di regressione 0.4756; questo parametro cresce fino a 0.5525 se tutti i dati delle intensità vengono riportati secondo la scala MM.

Anche in questo caso la trasformazione dei valori di intensità secondo il rapporto dato da Reiter (1999) sviluppa un risultato valido e più omogeneo.

Se consideriamo i terremoti classificati nella scala MM con grado X nel grafico tra le intensità e il rigetto massimo equivalente, notiamo che allo stesso valore corrispondono 16 eventi sismici con rigetto compreso tra un minimo di 0.18 metri

(terremoto n°75 di Kalamata del 1986) e un massimo di 11 metri (terremoto n°5 della Owens Walley in California del 1872).

Un ulteriore confronto tra questi due terremoti di X MM è quello della lunghezza di fagliazione superficiale rispettivamente di 15 km (Kalamata, n°75) e 80 km (Owens Walley, n°5).

Si tratta di due terremoti con notevoli differenze, sia in termini di rigetto che di lunghezza di fagliazione superficiale (il meccanismo focale di Kalamata è normale mentre quello di Owens Walley è normale con componente trascorrente), e di magnitudo, che è rispettivamente di 5,8 Ms e 7,3 MI.

Per completare l'esempio precedente si nota come terremoti fortissimi come quelli americani (Prince William Sound, Alaska, del 1964 di 8.4 Ms, n°41, oppure di Pleasant Valley, Nevada, del 1915 di 7,7 Ms, n°12) sono stati valutati avere la stessa intensità di un evento come quello di Kalamata, di magnitudo Ms pari a 5,8.

Consideriamo poi il terremoto delle Hawaii del 1974 (n°50) di intensità MM IV ma di magnitudo 5.5 Ms e con fagliazione superficiale lunga 2.2 km e rigetto massimo di 0.25 metri, e i terremoti californiani di Chalfant Walley del 1986 (n°74) e del 1980 (n°64) rispettivamente di intensità MM VI e di magnitudo Ms 6,2 e 6 e fagliazione superficiale 16-17 km e rigetto di circa 10 centimetri: testimoniano che quando un terremoto si manifesta in una zona poco abitata il valore dell'intensità viene sottostimato rispetto a quei terremoti che avvengono in zone più popolate.

4. CONCLUSIONI

Con il lavoro svolto durante lo stage è stato incrementato il database SURFIN sui terremoti associati a fagliazione superficiale fino ad arrivare a 87 eventi ed inoltre è stata determinata la relazione esistente tra gli effetti superficiali sull'ambiente causati da tali eventi sismici e i loro valori di intensità, assegnati in base alle scale tradizionali, in particolare la Mercalli Modificata.

I parametri ambientali considerati sono la lunghezza delle fratture superficiali e il massimo rigetto delle faglie sismogentiche. E' stato realizzato un database che comprende 87 terremoti disposti in ordine cronologico, per ognuno dei quali viene riportato il valore dell'intensità e della magnitudo, il meccanismo focale e naturalmente i dati di fagliazione superficiale.

Il risultato raggiunto è quello di aver dimostrato che c'è una correlazione tra intensità e lunghezza e rigetto della faglia di un terremoto, ma si è dimostrato anche che terremoti con la stessa intensità (valutata secondo le scale tradizionali) presentano dati di rotture superficiali molto eterogenei: ad esempio terremoti considerati del X grado della scala MM possono avere lunghezze di rottura superficiale diverse anche di circa 80 km tra loro oppure un rigetto massimo diverso di qualche metro.

I fattori che vengono considerati nell'assegnare un valore di intensità sismica secondo le scale tradizionali sono generalmente danni a edifici e persone, trascurando spesso gli effetti sull'ambiente naturale; per questo terremoti molto grandi, di magnitudo maggiore di 8 Ms possono essere equiparati in termini di intensità a terremoti di magnitudo inferiore a 6 Ms come descritto precedentemente. Questo può essere spiegato dalla maggiore o minore presenza di edifici e persone in vicinanza dell'epicentro o dalle diverse tipologie di costruzione e di applicazione di norme antisismiche.

Un grande terremoto che produce metri di rigetto e raggiunge magnitudo 7,7 Ms (ad esempio il terremoto di Pleasant Valley, nel Nevada, n° 12) può così venire classificato con la stessa intensità di un terremoto di magnitudo inferiore a 6 Ms (ad esempio quello di Kalamata in Grecia, n°75) che presenta un rigetto dell'ordine dei centimetri e un terzo circa della lunghezza di rottura superficiale.

Un altro aspetto trattato è la comparazione tra le diverse scale di intensità sismica. Infatti nei diversi Paesi del mondo vengono utilizzati scale diverse. Per poter costruire i diagrammi "Intensity - Surface Rupture Length" e "Intensity - Max

Displacement" è stato necessario omogeneizzare tutti i dati di intensità esprimendoli secondo una medesima scala. Applicando le trasformazioni tra valori di intensità attribuiti secondo scale diverse in base a quanto proposto da Reiter (1999) dopo Murphy e O'brien (1977) e Richter (1958), le relazioni tra intensità e rottura superficiale e rigetto mostrano una migliore correlazione.

In conclusione si può affermare che per avere una migliore classificazione dell'intensità di un terremoto bisogna considerare gli effetti sull'ambiente naturale causati dall'evento sismico: in linea generale un terremoto più forte produrrà rotture superficiali e rigetti maggiori rispetto a un terremoto meno forte, a parità di condizioni geologico - strutturali.

La scala INQUA considera questi effetti ed altri come frane, fenomeni di subsidenza, liquefazioni, ecc.; questo permette una attribuzione dell' intensità ai terremoti indipendentemente dalla presenza di edifici, persone, ricchezza sociale.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Ambraseys N.N., 1970, *Some Characteristic Features of The Anatolian Fault Zone*, Tectonophysics, 9 (1970) 143 - 165, Amsterdam, Elsevier Publishing Company.
- 2) Ambraseys N. & Bilham R., 2003, *Isoseismal intensities evaluated for the 1897 Great Assam Earthquake*, Bull. Seism Soc. Am. 93 (2) 655 - 673.
- 3) Ambraseys N. N. & Jackson J. A., 1998, *Faulting Associated with Historical and Recent Earthquakes in the Eastern Mediterranean Region*, Geophysical Journal International, Vol. 133, 390 - 406.
- 4) Ambraseys N.N., Jackson J. A. & Melville C.P., 2002, *Historical Seismicity and Tectonics: The Case of the Eastern Mediterranean and the Middle East*, International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Volume 81A.
- 5) Besana G.M., Negishi H. & Ando M., 1997, *The Three-Dimensional Attenuation Structures beneath the Philippine Archipelago Based on Seismic Intensity Data Inversion*, Earth and Planetary Science Letters, 151 (1997) 1 - 11
- 6) Margottini C. & Serva L., 1987, *Workshop on Historical seismicity of Central-Easter Mediterranean Region*, ENEA - IAEA, Roma, ENEA CRE Casaccia, Ottobre.
- 7) Reiter L., 1990, *Earthquake Hazard Analysis: Issues and Insights*, Columbia University press, c 1990 - x, 254 p.
- 8) Stover W.C. e Coffman L. J., 1993, *Seismicity of United states, 1568 - 1989 (Revised)*, Washington, United States Government Printing Office.
- 9) United States Department of the Interior Geological Survey, 1976 - 1984, *Earthquake Information Bulletin*, Washington, Henry Spall Editor.
- 10) Wells L.D. & Coppersmith J. K., 1994, *New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement*, Bulletin of the Seismological of America, Vol.84, No. 4, pp 974 - 1002, August.

APPENDICE A

Database

Terremoti storici associati a fagliazione superficiale

NUM.	LOCATION	EARTHQUAKE	LATITUDE	LONGITUDE	DATE	FOCAL MECHANISM	INTENSITY (MM)	MAGNITUDE (Ms)	SURLNGTH (KM)	MAXDISP (metri)
1	Italy	Sila	39,220	16,570	09/06/1638	Nor.	11MCS	6,7	31,00	1,00
2	Italy	Serre Cividanova	38,300	15,970	05/02/1783	Nor.	11MCS	7,1	25,00	0,80
3	USA, Calif	Hayward	35,500	-122,000	21/10/1868	S.S.	9,0	6,8MI	48,00	0,90
4	USA,Hawaii	Keiawa	19,000	-155,500	03/04//1868	Nor.	10,0	7,9MI	100,00	3,00
5	USA, Calif	Owens Valley	36,700	-118,100	26/03/1872	S.S. Nor.	10,0	7,3MI	80,00	11,00
6	Mexico	Pitaycachi	31,000	-109,200	03/05/1887	S.S. Nor.	11,5	7,4	75,00	5,10
7	Japan	Nobi	35,600	136,600	27/10/1891	S.S. Rev.	11,0	8,0	80,00	8,00
8	Japan	Rikuu	39,500	140,700	31/08/1896	Rev.	10,0	7,2	36,00	3,50
9	INDIA	Assam	26,000	91,000	12/06/1897	Rev.	9MSK	8,0	110(>20)	15(12)
10	USA, Calif	San Francisco	37,670	-122,480	18/04/1906	S.S.	11,0	7,9(8,05)(7,8)	432(435)	6,10
11	Italy	Avezzano	42,013	13,530	13/01/1915	Nor.	11MCS	7,0	23,00	2,00
12	USA, Nevada	Pleasant Valley	40,500	-117,500	03/10/1915	Nor.	10,0	7,7	62,00	5,80
13	China	Kansu	36,700	104,900	16/12/1920	Rev. S.S.	12,0	8,5	237,00	11,00
14	Japan	Tango	35,500	135,200	07/03/1927	Rev. S.S.	9,0	7,7	18,00	3,00
15	Bulgaria	Papazili	42,100	25,200	18/04/1928	Nor.	10,5	6,9	50,00	3,50
16	New Zealand	Hawkes Bay	-39,200	176,700	02/02/1931	Rev.	10,5	7,8	15,00	4,60
17	China	Kehetuohai-E	47,100	89,800	10/08/1931	S.S.	11,0	7,9	180,00	14,60
18	USA, Nevada	Cedar Mountain	38,750	-118,000	21/12/1932	Nor.	10,0	7,2	61,00	2,70
19	China	Changma	39,700	96,700	25/12/1932	S.S. Rev.	10,0	7,7	148,50	6,20
20	USA,Utah	Hansel Valley	41,700	-112,800	12/03/1934	Nor.	7,0	6,6	8,00	0,51
21	Turkey	Kirsehir	39,500	34,000	19/04/1938	S.S.	9,5	6,8	15,00	1,00
22	Turkey	Erzincan	39,50	38,50	26/12/1939	S.S.	11,5	7,8	360,00	7,50
23	USA, Calif	Imperial Valley	32,800	-115,500	19/05/1940	S.S.	10,0	7,2MI	60,00	5,90

24	Turkey	Ladik (Tosya)	41,000	35,500	26/11/1943	S.S.	11,0	7,5	270,00	4,50
25	PERU	Ancash	-8,300	-77,400	10/11/1946	Nor.	11,0	7,3	20,00	3,50
26	CALIFORNIA	S. Bernardino Country	34,983	-116,550	10/04/1947	S.S.	7,0	6,2MI	4,00	0,08
27	Japan	Fukui	36,200	136,200	28/06/1948		11,5	7,3	25,00	2,00
28	USA, Calif	Fort Sage Mtns	40,100	-120,100	14/12/1950	Nor.	7,0	5,6MI	9,20	0,20
29	USA, Calif	Superstition Hills	33,000	-115,700	24/01/1951	Nor. S.S.	7,0	5,6MI	3,00	0,05
30	China	Danxiong	31,100	91,100	18/11/1951	Nor. S.S.	11,0	8,0	90,00	7,30
31	USA, Calif	Kern County	35,300	-119,017	21/07/1952		11,0	7,2MI	57(51,5)	1,20
32	Turkey	Canakkale	39,900	27,400	18/03/1953	S.S.	11,0	7,2(7,35)	50(60)	4,35
33	USA, Nevada	Rainbow Mountain	39,400	-118,500	06/07/1954	Nor.	9,0	6,8MI	18,00	0,31
34	USA, Nevada	Stillwater	39,600	-118,500	24/08/1954	Nor.	9,0	6,8MI	34,00	0,76
35	USA, Nevada	Dixie Valley	39,800	-118,100	16/12/1954	S.S. Nor.	10,0	7,1MI	45,00	3,80
36	USA, Nevada	Fairview Peak	39,200	-118,200	16/12/1954	S.S. Nor.	10,0	7,2MI	57,00	4,10
37	Mongolia	Gobi-Altai	45,100	100,100	04/12/1957	Rev. S.S.	11,0	7,9	250,00	9,00
38	USA, Alaska	Huslia	65,990	-156,550	07/04/1958	S.S.	8,0	7,3	64,00	1,35
39	USA, Alaska	Lituya Bay	58,340	-136,520	10/07/1958	S.S.	11,0	7,9	280(200)	6,50
40	USA, Montana	Hebgen Lake	44,712	-111,215	18/08/1959	Nor.	10,0	7,7MI	26,50	5,5(6,1)
41	USA	ALASKA (Prince William Sound)	61,02	147,65	28/03/1964	S.S. Nor.	10,0	8,4(9,2)	>62	10,00
42	USA, Calif	Parkfield	35,955	-120,498	28/06/1966	S.S.	7,0	5,6MI	38,50	0,20
43	USA	California	39,44	-120,16	12/09/1966		7,00	6,00	16,00	
44	Greece	Agios-Efstratios	39,500	24,900	19/02/1968	S.S. Nor.	9,0	7,2Mb	3,00	0,50
45	USA, Calif	Borrego Mountain	33,200	-116,100	09/04/1968	Rev: S.S.	7,0	6,1	31,00	0,38
46	Peru	Pariahuanca	-11,900	-75,100	24/07/1969	Rev.	11,0	5,7	5,50	0,40
47	China	Tonghai	24,100	102,600	04/01/1970	S.S.	10,5	7,5	48,00	2,70

48	USA, Calif	San Fernando	34,412	-118,400	09/02/1971	S.S. Rev.	11,0	6,5	16,00	2,50
49	China	Luhuo	31,300	100,700	06/02/1973	S.S.	11,0	7,3	89,00	3,60
50	USA	Hawaii	19,442	-155,416	30/11/1974	S.S.	4,0	5,5	2,20	0,25
51	USA	Hawaii	19,341	-155,000	29/11/1975		8,0	7,1	20-30	3,50
52	USA, Calif	Brawley	32,949	-115,504	23/01/1975	S.S.	6,0	4,6	10,40	0,20
53	China	Haicheng	40,700	112,700	04/02/1975	S.S.	9,5	7,4	5,50	0,55
54	USA, Calif	Oroville	39,439	-121,528	01/08/1975	S.S. Nor.	8,0	5,6	3,80	0,06
55	Guatemala	Motagua	15,300	-89,100	04/02/1976	S.S.	11,0	7,5	235,00	3,40
56	Italy	Friuli	46,241	13,119	06/05/1976	Nor. S.S.	9,5MCS	6,4	14,00	0,50
57	China	Tangshan	39,400	118,000	27/07/1976	S.S.	10,5	7,9	10,00	3,00
58	Greece	Thessaloniki	40,600	23,200	20/06/1978	Nor.	9,0	6,4	19,40	0,22
59	USA, Calif	Homestead Valley	34,300	-116,400	15/03/1979	S.S.	7,0	5,6	3,90	0,10
60	USA, Calif	Coyote Lake	37,100	-121,500	06/08/1979	S.S.	7,0	5,7	14,40	0,15
61	Italy	Umbria (Norcia)	42,720	13,070	19/09/1979	Nor.	8,5MCS	5,9	0,10	0,10
62	USA, Calif	El Centro	32,630	-115,320	15/10/1979	Rev. S.S.	9,0	6,9	30,50	0,80
63	USA, Calif	Greenville	37,855	-121,816	24/01/1980	Nor. S.S.	7,0	5,9	6,20	0,03
64	USA	California	37,492	-118,830	27/05/1980	Nor.	6,0	6,0	17,00	0,10
65	Greece	Almyros	39,300	22,800	09/07/1980	Nor.	8,0	6,4	5,30	0,20
66	Italy	South Apennines	40,850	15,280	23/11/1980	Nor.	10MCS	6,9	38,00	1,15
67	North Yemen	Dhamer	14,700	44,400	13/12/1982	Nor.	8,0	6,0	15,00	0,03
68	Colombia	Popayan	2,500	-76,700	31/03/1983	Nor. S.S.	8,0	4,9	1,30	0,01
69	USA, Calif	Coalinga, Nunez	36,300	-120,500	11/06/1983	S.S. Rev.	6,0	5,4	3,30	0,64
70	USA, Idaho	Borah Peak	43,974	-113,916	28/10/1983	S.S. Nor.	9,0	7,3	34,00	2,70
71	USA	Hawaii	19,429	155,452	16/11/1983	S.S.	8,0	6,7	7,00	0,10

72	Italy	Perugia	43,256	12,530	29/04/1984	Nor.	8MCS	5,3	0,10	0,01
73	Italy	Lazio-Abruzzo	41,666	14,057	07/05/1984	Nor.	8MCS	5,8	0,10	0,01
74	USA, Calif	Chalfant Valley	37,400	-118,300	21/07/1986	Nor. S.S.	6,0	6,2	15,80	0,11
75	Greece	Kalamata	37,000	22,200	13/09/1986	Nor.	10,0	5,8	15,00	0,18
76	New Zealand	Edgecumbe	-38,000	176,500	02/03/1987	Nor.	10,0	6,6	18,00	2,90
77	USA, Calif	Elmore Ranch	33,082	-115,775	24/11/1987	Nor. S.S.	6,0	6,2	10,00	0,20
78	USA, Calif	Superstition Hills	33,013	-115,838	24/11/1987	Nor. S.S.	7,0	6,6	27,00	0,92
79	ARMENIA	Armenia	40,800	44,200	07/12/1988	S.S. Rev.	10,0	6,8	25,00	2,00
80	USA	California	37,036	121,883	18/10/1989	Rev. S.S.	9,0	7,1	7,10	0,22
81	Algeria	Chenoua	36,600	2,300	29/10/1989	Rev.	7,0	5,7	4,00	0,13
82	Iran	Rudbar-Tarom	36,800	49,500	20/06/1990	S.S. Rev.	10,0	7,7	80,00	0,95
83	Turkey	Erzincan	39,600	39,500	13/03/1992	S.S.	9,0	6,8	30,00	0,20
84	USA, Calif	Landers	34,200	-116,400	28/06/1992	S.S.	10,0	7,6	71,00	6,00
85	USA, Calif	Eureka Valley	37,200	-117,600	17/05/1993	Nor.	8,0	5,8	4,40	0,02
86	Italy	Colfiorito	43,019	12,879	26/09/1997	Nor.	9MCS	6,0	12,00	0,08
87	Italy	Umbria-Marche Lauria S. Apennines	40,038	15,937	09/09/1998	Nor.	8MCS	5,6	0,20	0,02

Types of focal mechanism: NOR - normal, REV - reverse,
S-S - Strike-Slip

APPENDICE B

Grafici:

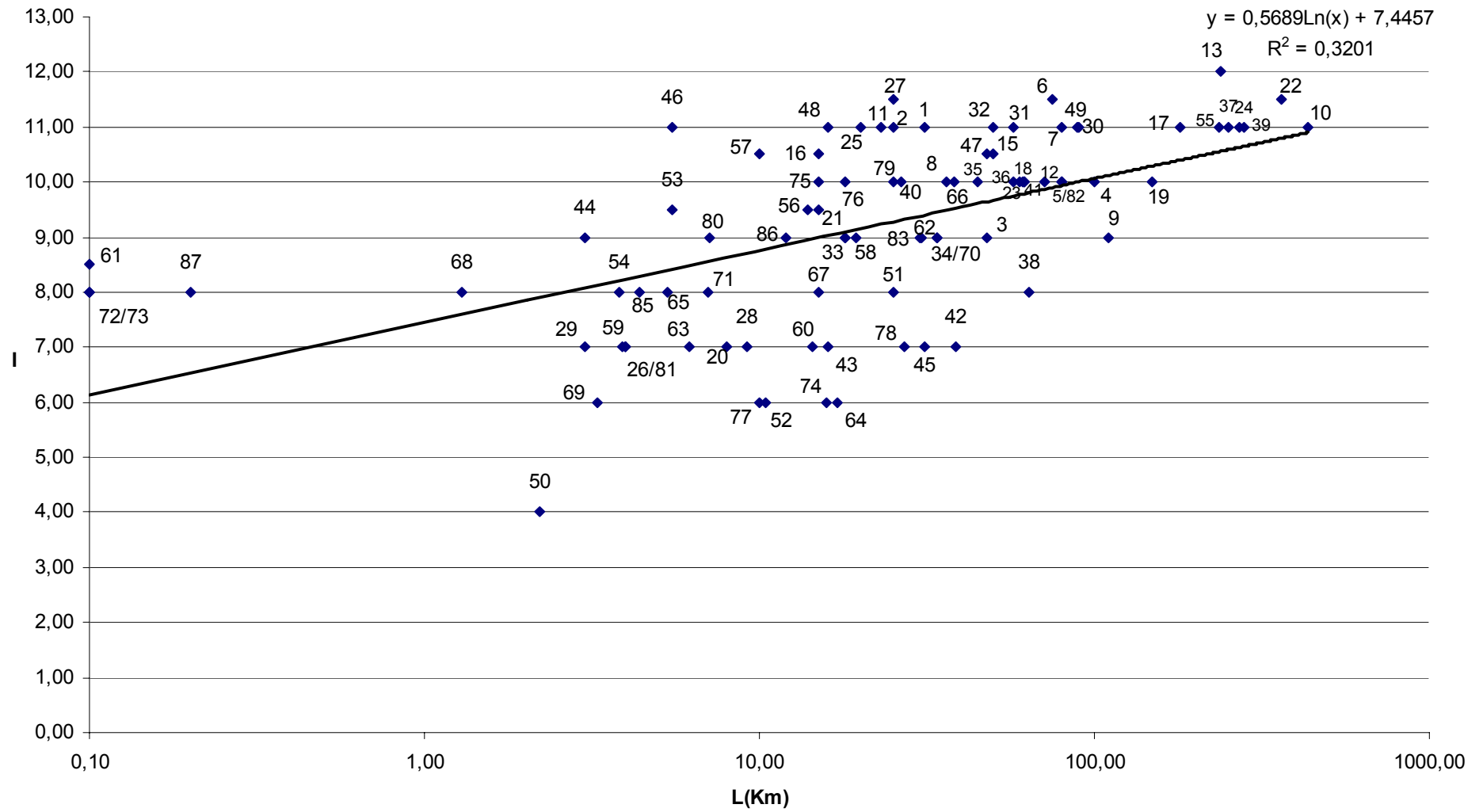
"Intensity (MM-MCS-MSK) - Rupture Length "

"Intensity (MM) - Rupture Length "

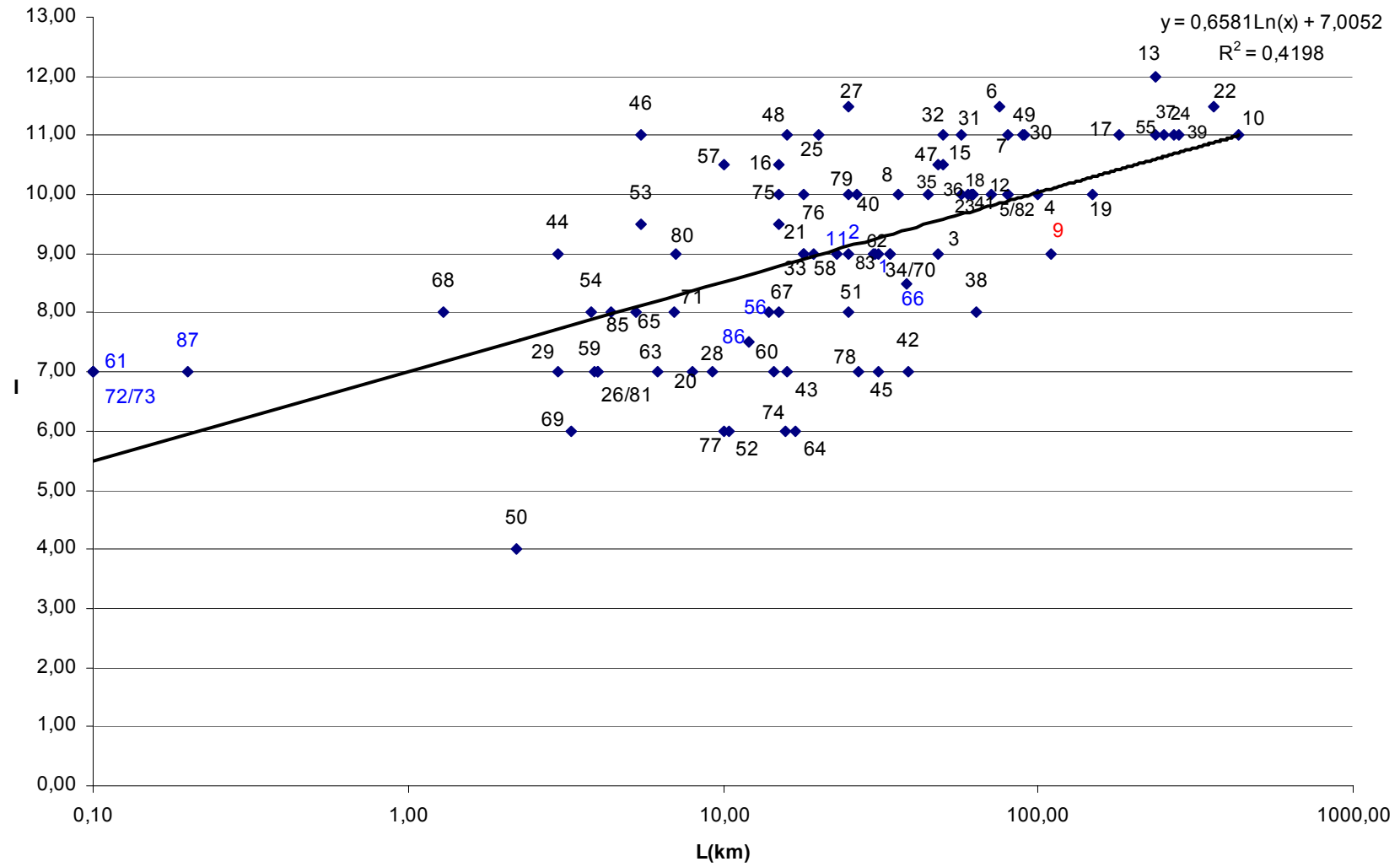
"Intensity (MM-MCS-MSK) - Max Displacement"

"Intensity (MM) - Max Displacement"

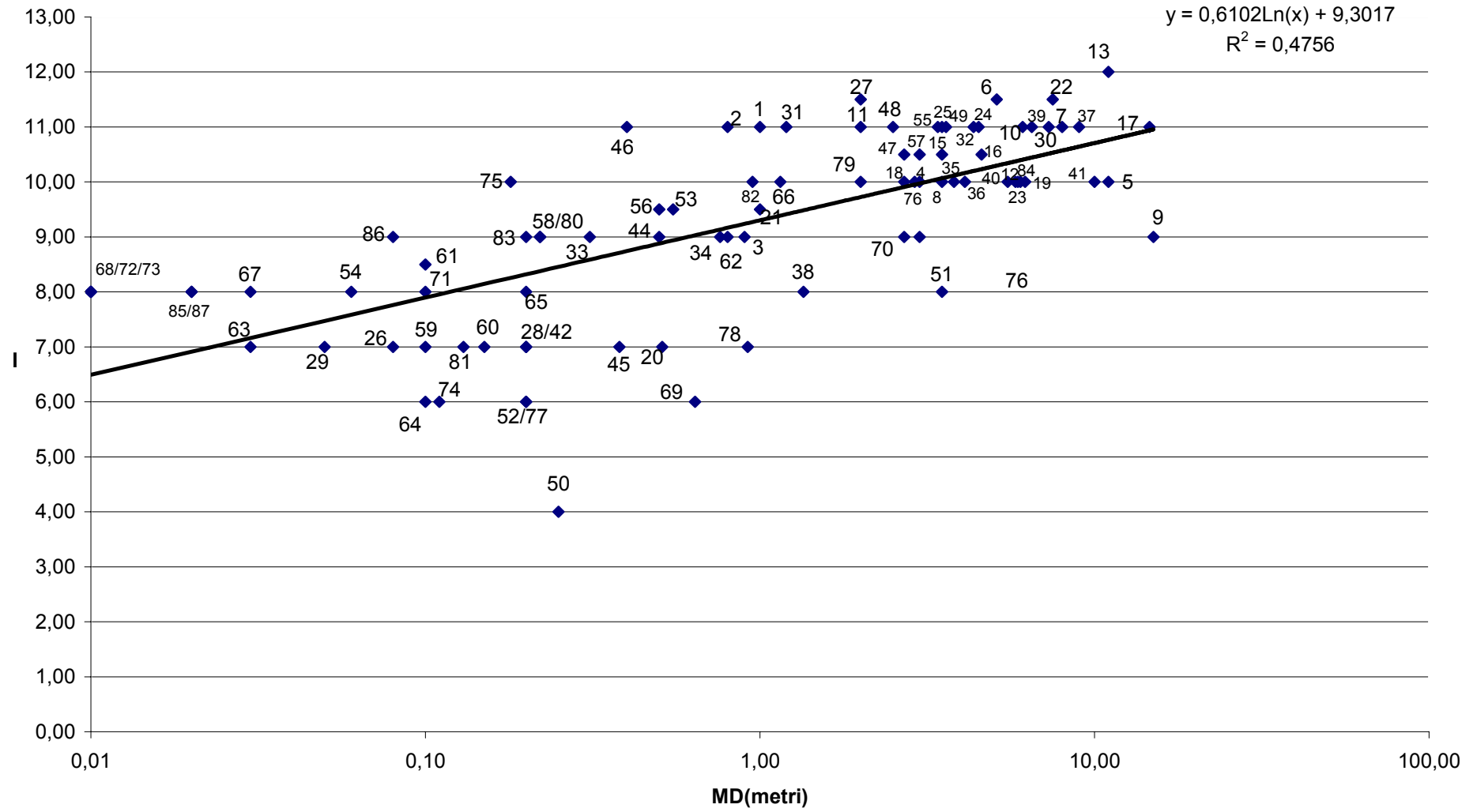
INTENSITY(MM-MCS-MSK)-RUPTURE LENGTH



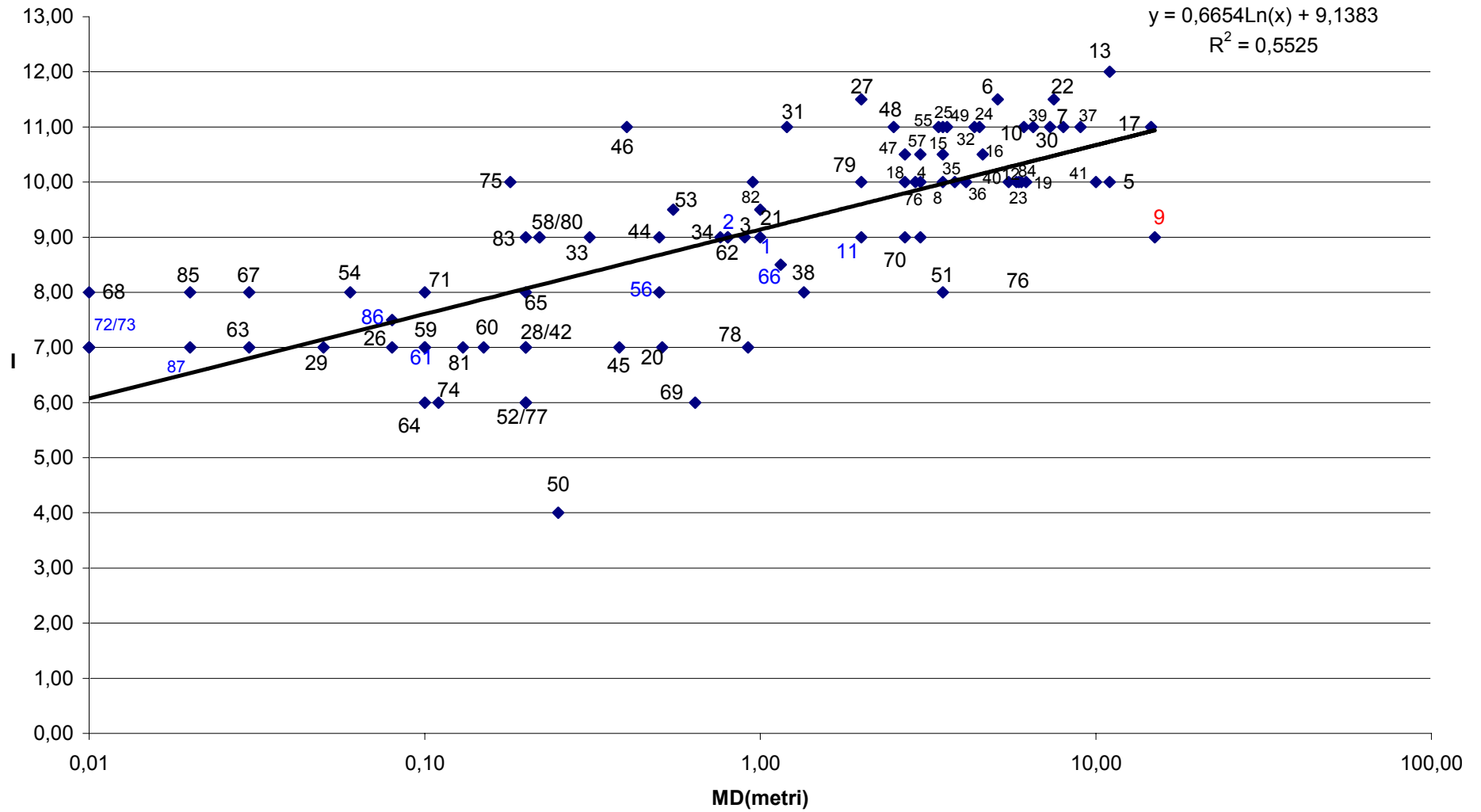
INTENSITY(MM)- RUPTURE LENGTH



INTENSITY(MM-MCS-MSK)-MAX DISPL.



INTENSITY(MM)-MAX DISPL.



APPENDICE C

Database References

NUMBER	LOCATION	EARTHQUAKE	INTENSITY REFERENCE	OTHER REFERENCE
1	Italy	Sila	Galli and Bosi, Catastrophic 1638 earthquakes in Calabria (southern Italy): New insights from paleoseismological investigation. J. Geophys. Res. Vol. 108 No. B1.10.1029/2001JB001713 - 03 January 2003	
2	Italy	Serre Civitanova	Galli and Bosi, Catastrophic 1638 earthquakes in Calabria (southern Italy): New insights from paleoseismological investigation. J. Geophys. Res. Vol. 108 No. B1.10.1029/2001JB001713 - 03 January 2003	
3	USA, Calif	Hayward		. Wells D.L., and Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement, Seismological Society of America Bulletin, 1994, 84, 974 - 1002
4	USA, Hawaii	Keiawa	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	.Wiss M., Gillard D. The role of normal faulting in large earthquakes along Hawaii's south-east coast. Abstr. AGU Fall Meeting, San Francisco, California. Dec. 7 - 11, 1992. EOS, 1992, 73, N 43, Suppl. Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993
5	USA, Calif	Owens Valley	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	. Hill M.R. The great Owens Valley earthquake of 1872. California Geology, 1972, 25, 51 - 54. . Oakeshott G.B., et al. The Owens Valley earthquake of 1872: one hundred years later. Calif. Geology, 1972, 25, 55 - 62. . Richter C.F. Elementary Seismology. W.H.Freeman, San Francisco, California, 1958, 763 p. . Ryall A.S. Earthquake hazard in the Nevada region. Seismological Society of America Bulletin, 1977, 67, 517 - 532. . Ryall A.S., Slemmons D.B., Gedney L.D. Seismicity, tectonism and surface faulting in the western United States during historic time. Seismological Society of America Bulletin, 1966, 56, 1105 - 1135. . Wells D.L., and Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement Seismological Society of America Bulletin, 1994, 84, 974 - 1002
6	Mexico	Pitaycachi	Terry Wallace and Philip Pearthree originally published in Arizona Geology, vol. 19, no.3, Fall 1989 pp. 6-7. http://www.geo.arizona.edu/K-12/azpepp/education/history/pitay.html	. Aguilera J. The Sonoran earthquake of 1887. Seismological Society of America Bulletin, 1920, 10, 31 - 44. . Bonilla M.G. Surface faulting and related effects. In: Earthquake Engineering (ch. 3), Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1974, 47 - 74. . Gianella V.P. Faulting in northeastern Sonora, Mexico, in 1887. Geological Society of America Bulletin, 1960, 71, 2061. . Natali S.G., Sbar M.L. Seismicity in the epicentral region of the 1887 northeastern Sonoran earthquake, Mexico. Seismological Society of America Bulletin, 1982, 72, 181 - 196. . Richter C.F. Elementary Seismology. W.H.Freeman, San Francisco, California, 1958, 763 p. . Sumner J.R. The Sonora earthquake of 1887. Seismological Society of America Bulletin, 1977, 67, 1219 - 1223.

7	Japan	Nobi	http://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchreng/6-2-2.htm Matsuda T., 1974, Surface faults associated with Nobi (Mino-Owari) earthquake of 1981, Japan. Earthquake Research Inst., Univ. Tokyo, Spe. Bull. 13, 85 - 126	. Bonilla M.G. Historic surface faulting - map patterns, relation to subsurface faulting, and relation to preexisting faults. In: Proceedings of Conference 8: Analysis of Actual Fault Zones in . Heck N.H. Japanese earthquakes. Seismological Society of America Bulletin, 1944, 34, 117 - 136. . Matsuda, T. Magnitude and recurrence interval of earthquakes from a fault. J. Seismol. Soc. of Japan, 28, 269 - 283, 1975. . Richter C.F. Elementary Seismology. W.H.Freeman, San Francisco, California, 1958, 763 p.
8	Japan	Rikuu	http://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchreng/4-2-5.htm . Matsuda T., Yamazaki H., Nakata T. and Imaizumi T., 1980; The surface faults associated with the Rikuu earthquake of 1896, Earthquake Research Inst., Univ. Tokyo, Bull., 55, 795 - 855. et al 80	Abe K. Instrumental magnitudes of historical earthquakes, 1892 to 1898. Seismological Society of America Bulletin, 1994, 84, 415 - 425. . Matsuda, T. Magnitude and recurrence interval of earthquakes from a fault. J. Seismol. Soc. of Japan, 28, 269 - 283, 1975. . Matsuda T., Yamazaki H., Nakata T., Imaizumi T. The surface faults associated with the Rikuu earthquake of 1896. Bulletin of the Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, 1980, 55, 795 - 856.
9	INDIA	Assam	Ambraseys N.N., Bhilam R., MSK Isoseismal intensities evaluated for the 1897 Great Earthquake, Bull. Seim Soc. Am. 93 (2) 655-673, 2003	Abe K. Instrumental magnitudes of historical earthquakes, 1892 to 1898. Seismological Society of America Bulletin, 1994, 84, 415 - 425. . Medvedev S.V., Karapetian B.K., Byhovsky V.A. Seismic influences on buildings and structures. Moscow, 1968, 190 pp. (in Russian) . Richter C.F. Elementary Seismology. W.H.Freeman, San Francisco, California, 1958, 763 p. . Ambraseys N.N., Bhilam R., MSK Isoseismal intensities evaluated for the 1897 Great Earthquake, Bull. Seim Soc. Am. 93 (2) 655-673, 2003
10	USA, Calif	San Francisco	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/USA/1906_04_18.html http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	. Blume J.A. The 1906 earthquake. Earthquake Notes, 1981, 52, 4. . Lawson A.C., et al. The California Earthquake of April 18, 1906. Report of the State Earthquake Investigation Commission, Carnegie Institution of Washington. 1908, Vol. 1. . Richter C.F. Elementary Seismology. W.H.Freeman, San Francisco, California, 1958, 763 p. . Ryall A.S., Slemmons D.B., Gedney L.D. Seismicity, tectonism and surface faulting in the western United States during historic time. Seismological Society of America Bulletin, 1966, 56, 1105 - 1135. . Sieh K. Slip along the San Andreas fault associated with the great 1857 earthquake. Seismological Society of America Bulletin, 1978, 68, 1421 - 1448. . Slemmons D.B., Jones A.E., Gimlett J.I. Catalog of Nevada earthquakes, 1852 - 1960. Seismological Society of America Bulletin, 1965, 55, 537 - 583. . Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993

11	Italy	Avezzano	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html ING, 1995, Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980 Michetti A.M., Brunamonte F., Serva L. and Vittori E. (1996) - Trench investigations along the 1915 Fucino earthquake fault scarps (Abruzzo, Central Italy): geological evidence of large historical events. Journal of Geophysical Research, 101, 5921-5936.	
12	USA, Nevada	Pleasant Valley	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
13	China	Kansu	Editorial Board for the Lithospheric Dynamics Atlas of China, State Seismological Bureau, 1989, Lithospheric Dynamics Atlas of China. Tav 24. Deng Q., Chen S., Song F. M., Zhu S., Whang Y., Zhang W., Burchfiel B. C., Molnar P., Royden L., and Zhang P., 1986, Variations in the geometry and amount of slip on the Haiyuan Fault Zone, China, and the surface rupture of the 1929 Haivuan earthquake. Earthquake source Mechanics, Geophysical Monograph 37, 169 - 182.	
14	Japan	Tango	http://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchreng/7-2-3.htm	
15	Bulgaria	Papazili	Special Catalogue of Earthquakes of the Northern Eurasia (SECNE) Editors N.V.Kondorskaya and V.I.Ulomov	
16	New Zealand	Hawkes Bay	http://www.pnbhs.school.nz/Intranet/Art%20History/Art%20Deco%20Napier/earthquake.htm	
17	China	Kehetuohai-E	http://iisee.kenken.go.jp/net/hara/china.htm	
18	USA, Nevada	Cedar Mountain	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html .Richter C.F., 1958, Elementary seismology, San Francisco, California, W.H. Freeman, p. 768. .Slemmons D.B., Jones, Austin E., and Gimlet, James I., 1965, Catalog of Nevada earthquakes, 1852 - 1960: Bulletin of Seismological Society of America, v. 55, no. 2, p. 537 - 583.	. De Polo C.M., et al. Geometry of strike-slip faulting related to the 1932 Cedar Mountains earthquake, central Nevada (abstract). Geol. Society of America Abstr. Progr., 1987, 19, 371.
19	China	Changma	Peltzer, G., P. Tapponnier, Y. Gaudemer, et al., Offsets of late Quaternary morphology, rate of slip, and recurrence of large earthquakes on the Chang Ma fault, Gansu, China, J. Geophys. Res., 93, 7793-7812, 1988. Shih, Chen-liang, Wen-lin Huan, Kuo-Kan Yao, and Yuan-ding Hsieh (1978). On the fracture zones of the Changmaearthquake of 1932 and their causes, Chinese Geophysics, 1(1), 17-46. Fu, Z., and Liu, G. (2001). Dynamic analysis on interaction between the Haiyuan-Gulang-Changma great earthquake in the north boundary of the Tibetan plateau, Seismology and Geology, 23, 35-42 (in Chinese). http://iisee.kenken.go.jp/net/hara/china.htm	
20	USA,Utah	Hansel Valley		. Doser D.I. Extensional tectonics in Northern Utah - Southern Idaho, USA, and the 1934 Hansel Valley sequence. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 1989, 54, 120 - 134.

21	Turkey	Kirsehir	.Special Catalogue of earthquakes of the northern Eurasia (SECNE) Editors N.V. Kondorskaya and V.I. Ulomov http://seismo.ethz.ch/gshap/neurasia/nordasiacat.txt .Ergin K., Guclu U., and Uz Z., 1967, A Catalog of Earthquakes for Turkey and Surrounding Area (11 A.D. to 1964 A.D.), ITU publications, No: 24, Istanbul. .Ambraseys N.N., 1970, Some characteristics features of the Anatolian fault zone, Tectonophysics, 9, 143 - 165.	
22	Turkey	Erzincan	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	http://neic.usgs.gov/neis/world/turkey/eq_list.html
23	USA, Calif	Imperial Valley		Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
24	Turkey	Ladik (Tosya)	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html .Ergin K., Guclu U., and Uz Z., 1967, A Catalog of Earthquakes for Turkey and Surrounding Area (11 A.D. to 1964 A.D.), ITU publications, No: 24, Istanbul. Ambraseys N.N., 1970, Some characteristics features of the Anatolian fault zone, Tectonophysics, 9, 143 - 165.	
25	PERU	Ancash	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html .Sébrier M., Mercier J. L., Machare J., Bonnet D., Cabrera J., and Blanc J. L., 1988, State of stress in an overriding plate situated above a flat slab: the Andes of central Peru, tectonics, 7 895 - 928.	
26	CALIFORNIA	S. Bernardino Country		. Buwalda J.P., Richter C.F. Movements on the Manix (California) fault on April 10, 1947. (Abstract). Geological Society of America Bulletin, 1948, 59, 1367. . Doser D.I. A re-examination of the Manix, California earthquake sequence and comparison to other sequences within the Mojave block. Seismological Society of America Bulletin, 1990, 80, 267 - 277. . Richter C.F. Elementary Seismology. W.H.Freeman, San Francisco, California, 1958, 763 p. . Ryall A.S., Slemmons D.B., Gedney L.D. Seismicity, tectonism and surface faulting in the western United States during historic time. Seismological Society of America Bulletin, 1966, 56, 1105 - 1135.
27	Japan	Fukui	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html .Tsuya H., 1950, The Fukui earthquake of June 28 1948, Tokyo, Special Committee for the study of the Fukui earthquake, 197 p., 2pl. .Kanamori H., 1973, Mode of strain release associated with major earthquakes in Japan, Earth Planet. Sci. Ann. Rev. 1, 213 - 239.	
28	USA, Calif	Fort Sage Mtns		Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
29	USA, Calif	Superstition Hills		Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
30	China	Danxiong	http://iisee.kenken.go.jp/net/hara/china.htm .Tapponnier P., Mercier J. L., Armijo R., and Zhou J., 1981, Fiel evidence for normal faulting in Tibet, Nature 294, 410 - , .Armijo r., Tapponier P., and Han T. L., 1989, Late Cenozoic right-lateral strike-slip faulting in southern Tibet. Journ. Geophys. Res., 94, 2787 - 2838.	

31	USA, Calif	Kern County	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html . Buwalda J.P., Armand P.St. Geological aspects of the Arvin-Tehachapi earthquake. In: Earthquakes in Kern County, California, during 1952. Calif. Div. Mines Geol. Bulletin, 1955, 171, 41 - 56. .Stein R. S., Thatcher W., 1981, Seismic and aseismic deformation associated with the 1952 Kern County, California, earthquake and relationship to the Quaternary history of the White wolf Fault, Journ. Geophys.Res. 86, 4913 - 4928.	. Ryall A.S., Slemmons D.B., Gedney L.D. Seismicity, tectonism and surface faulting in the western United States during historic time. Seismological Society of America Bulletin, 1966, 56, 1105 - 1135. . Wesson R.L., Ellsworth W.L. Seismicity preceding moderate earthquakes in California. Journal Geophys. Research, 1973, 78, 8527 - 8546. Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993
32	Turkey	Canakkale	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html Ketin I., Roesli F., 1954, Makroseismische Untersuchungen über das nordwestanatolesche Beben vom 18 März 1953, Eclogae Geol. Helvetiae, 46, 187 - 208.	.Ambraseys N.N. Some characteristic features of the Anatolian fault zone. Tectonophysics, 1970, 9, 143 - 165. .Ambraseys N.N. Studies in historical seismicity and tectonics. Royal Society, London, Geodynamics Today, 1975, Ch. 2, 7 - 16. .Ambraseys N.N., Zatopek A. The Mudurnu valley, West Anatolia, Turkey earthquake of July 22, 1967. Seismological Society of America Bulletin, 59, 521 - 589, 1969. .Ambraseys N.N., Zatopek A. Earthquake reconnaissance mission. The Varto-Ustucran (E. Anatolia) earthquake of 19 August 1966. A field report. UNESCO, Paris, 1 - 57, 1967. .Crampin S., Uar S.B. The seismicity of the Marmara Sea region of Turkey. Geophys. Journal, 1975, 40, 269 - 288. .Dewey J.W. Seismicity of northern Anatolia. Seismological Society of America Bulletin, 1976, 66, 843 - 868. .Ezen U. Earthquake-source parameters related to magnitude along the N
33	USA, Nevada	Rainbow Mountain		Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
34	USA, Nevada	Stillwater	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
35	USA, Nevada	Dixie Valley	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
36	USA, Nevada	Fairview Peak	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	
37	Mongolia	Gobi-Altai	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html Florensov n. A., Solonenko V. P., 1965, The Gobi-Altai earthquake, Moscow Nauka, 1963	
38	USA, Alaska	Huslia	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	. Davis T.N. A field report on the Alaska earthquake of April 7, 1958. Seismological Society of America Bulletin, 1960, 50, 489 - 510.

39	USA, Alaska	Lituya Bay	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html Plafker G., Hudson T., Bruns T., Rubin M., 1978, Late Quaternary offsets along the Fairweather Fault and crustal plate interaction in southern Alaska, Canadian Journ. Earth Sciences 15, 805 - 816.	. Davis T.N., Sanders N.K. Alaska earthquake of July 10, 1958: intensity distribution and field investigation of northern epicentral region. Seismological Society of America Bulletin, 1960, 50, 221 - 252. . Page R. The Fairweather fault ten years after the Southern Alaska earthquake of 1958. Seismological Society of America Bulletin, 1969, 59, 1927 - 1936. . Tocher D. The Alaska earthquake of July 10, 1958: movements on the Fairweather fault and field investigation of southern epicentral region. Seismological Society of America Bulletin, 1960, 50, 267 - 292. Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993
40	USA, Montana	Hebgen Lake	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html . Myers W. B., Hamilton W., 1964, Deformation accompanying the Hebgen Lake earthquake of August 17, 1959, U.S.G.S. Prof. Paper 435 - I, 55 - 98. . Coffman L. J., Von Hake, Carl. A., 1970, Earthquake History of the United States, U.S. Department of Commerce, Publication 41 - 1, 208 p.	. Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993 . Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
41	USA	ALASKA (Prince William Sound)	http://pasadena.wr.usgs.gov/shake/ak/ST-ORE/XGood_Friday/ciim_display.html	. Hastie L.M., Savage J.C. A dislocation model for the 1964 Alaska Earthquake. Seismological Society of America Bulletin, 1970, 60, 1389 - 1392. . Plafker G. Tectonic deformation associated with the 1964 Alaska earthquake. Science, 1965, 148, 1675 - 1687. . Plafker G. Surface faults on Montaque island associated with the 1964 Alaska earthquake. U.S. Geological Survey Professional Paper, 1967, No 543-G, 1 - 42. . Plafker G. Tectonics of the March 27, 1964 Alaska earthquake. U.S. Geological Survey Professional Paper, 1967, No 543-I, 1 - 74. Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993
42	USA, Calif	Parkfield		Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993
43	USA	California	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	Ryall A.S., VanWormer J.D. Estimations of maximum magnitude and recommended seismic zone changes in the Western Great Basin. Seismological Society of America Bulletin, 1980, 70, 1573 - 1581.
44	Greece	Agios-Efstratios	. Van Gils J. M., Leydecker G., 1991, Catalogue of European earthquakes with intensities higher than 4, Commission of the European Communities - nuclear science and technology. 353 pp - ISBN 92 - 826 - 2506 - 0, Catal. -no.: CD - NA - 13406 - EN - C, Brussels - Luxembourg. . Pavlides S. B. & Tranos m. D. , 1991, Structural characteristics of two strong earthquakes in the North Aegean: Ierissos, Structural Geology 13, 205 - 214.	
45	USA, Calif	Borrego Mountain	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface

				Displace; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
46	Peru	Pariahuanca	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	
47	China	Tonghai	http://iisee.kenken.go.jp/net/hara/china.htm	
48	USA, Calif	San Fernando	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993
49	China	Luhuo	http://iisee.kenken.go.jp/net/hara/china.htm	
50	USA	Hawaii	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	Jackson M.D., Endo E.T., Delaney P.T., Arnadottir T., Rubin A.M. Ground ruptures of the 1974 and 1983 Koaiki earthquakes, Mauna Loa Volcano, Hawaii. Journal of Geophysical Research, 1992, 97, N B6, 8775 - 8796.
51	USA	Hawaii	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	Wiss M., Gillard D. The role of normal faulting in large earthquakes along Hawaii's south-east coast. Abstr. AGU Fall Meeting, San Francisco, California. Dec. 7 - 11, 1992. EOS, 1992, 73, N 43, Suppl.
52	USA, Calif	Brawley	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	
53	China	Haicheng	http://iisee.kenken.go.jp/net/hara/china.htm http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	
54	USA, Calif	Oroville	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	
55	Guatemala	Motagua	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	
56	Italy	Friuli	http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/ http://emidius.mi.ingv.it/DOM/consult_loc.html	
57	China	Tangshan	http://iisee.kenken.go.jp/net/hara/china.htm http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	
58	Greece	Thessaloniki	. Van Gils J. M., Leydecker G., 1991, Catalogue of European earthquakes with intensities higher than 4, Commission of the European Communities, nuclear science and technology, 353 pp., ISBN 92 - 826 -2506 - 0, Catal. No.: CD -NA - 13406 - EN - C, Brussels - Luxembourg.	
59	USA, Calif	Homestead Valley		Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displace; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
60	USA, Calif	Coyote Lake		Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displace; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
61	Italy	Umbria (Norcia)	Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P., (eds), 1997, Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C al 1990, 2. ING-SGA, Bologna, 644 p. Blumetti A.M., Dramis F., Gentili B. & Pambianchi G. (1991) La struttura di Monte Alvagnano-Castel Santa Maria nell'area nurcina: aspetti geomorfologici e sismicità storica. Rend. Soc. Geol. It., 13, 71-76, 5 fig.	
62	USA, Calif	El Centro	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	
63	USA, Calif	Greenville	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1980.html	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993

64	USA	California	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	. Archuleta R.J., Cranswick E., Mueller C., Spudich P. Source parameters of the 1980 Mammoth Lake, California earthquake sequence. J. Geophys. Res., 87, 4595 - 4607, 1982. . Clark M.M., Yount J.C. Surface faulting along the Hilton Creek fault associated with the Mammoth Lakes, California, earthquakes of May, 1980. Earthquake Notes, 1981, 52, 45. . Savage J.C., Lisowski M., Prescott W.H., King N.E. Strain accumulation near the epicenters of the 1978 Bishop and 1980 Mammoth Lakes, California, earthquakes. Seismological Society of America Bulletin, 1981, 71, 465 - 476. . Sibson R.H. Fault zone models, heat flow, and the depth distribution of earthquakes in the continental crust of the United States. Seismological Society of America Bulletin, 1982, 72, 151 - 163.
65	Greece	Almyros	. Van Gils J. M., Leydecker G., 1991, Catalogue of European earthquakes with intensities higher than 4, Commission of the European Communities, nuclear science and technology, 353 pp., ISBN 92 - 826 -2506 - 0, Catal. No.: CD -NA - 13406 - EN - C, Brussels - Luxembourg.	
66	Italy	South Apennines	. Van Gils J. M., Leydecker G., 1991, Catalogue of European earthquakes with intensities higher than 4, Commission of the European Communities, nuclear science and technology, 353 pp., ISBN 92 - 826 -2506 - 0, Catal. No.: CD -NA - 13406 - EN - C, Brussels - Luxembourg. . Boschi E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G., Valensise G., (eds), 1998, Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C al 1990, 2. ING-SGA, Bologna, 973 p.	
67	North Yemen	Dhamer	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1982.html	
68	Colombia	Popayan	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1983.html	
69	USA, Calif	Coalinga, Nunez		Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displace; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.
70	USA, Idaho	Borah Peak	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	
71	USA	Hawaii	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993	Jackson M.D., Endo E.T., Delaney P.T., Arnadottir T., Rubin A.M. Ground ruptures of the 1974 and 1983 Koaiki earthquakes, Mauna Loa Volcano, Hawaii. Journal of Geophysical Research, 1992, 97, N B6, 8775 - 8796.
72	Italy	Perugia	Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P., (eds), 1997, Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C al 1990, 2. ING-SGA, Bologna, 644 p.	
73	Italy	Lazio-Abruzzo	Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P., (eds), 1997, Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C al 1990, 2. ING-SGA, Bologna, 644 p.	
74	USA, Calif	Chalfant Valley		Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993
75	Greece	Kalamata	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1986.html	
76	New Zealand	Edgumbe	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1987.html	
77	USA, Calif	Elmore Ranch	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1987.html	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993
78	USA, Calif	Superstition Hills	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1987.html	Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993

79	ARMENIA	Armenia	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1988.html http://www.johnmartin.com/earthquakes/eqshow/647011_00.htm	
80	USA	California	<p>Stower W.C., Coffman L.J. Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington 1993</p>	<p>. Aydin A., Johnson A.M., Flemming R.W. Right-lateral-reverse surface rupture along the San Andreas and Sargent faults associated with the October 17, 1989, Loma Prieta, California, earthquake. Geology, 20, 1063 - 1067, 1992.</p> <p>. Plafker G., Galloway J.P. (Ed.). Lessons learned from the Loma Prieta, California, earthquake of October 17, 1989. U.S. Geological Survey Circular, 1989, No 1045, 48 p.</p>
81	Algeria	Chenoua	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1989.html	
82	Iran	Rudbar-Tarom	http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html	
83	Turkey	Erzincan	http://www.yapiworld.com/editor/erzincan.htm <p>Erdik, Mustafa and Beyen, Kemal, ' Intensity Assessments ' March 13, 1992 (MS:6.8) Erzincan F228Earthquake; A preliminary Reconnaissance Report, Bogazici University, May 1992</p>	
84	USA, Calif	Landers	http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/sig_1992.html http://www.msu.edu/~fujita/earthquake/intensity.html http://www.eqe.com/publications/bigbear/bigbear.htm <p>Assessed in the field by the Authors</p>	<p>Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.</p>
85	USA, Calif	Eureka Valley	http://pubs.usgs.gov/dds/2000/dds-058/Ch_J.pdf 1994, <p>Assessed in the field by the Authors</p>	<p>Wells L.D., Coppersmith J. K., New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 84, pp. 974-1002, August 1994.</p>
86	Italy	Colfiorito Umbria-Marche	<p>Vittori E., G. Deiana, E. Esposito, L. Ferrelli, L. Marchegiani, G. Mastrolorenzo, A.M. Michetti, S. Porfido, L. Serva, A.L. Simonelli & E. Tondi, 2000, Ground effects and surface faulting in the September-October 1997 Umbria-Marche (Central Italy) seismic sequence, Journal of Geodynamics, 29, 535-564.</p>	
87	Italy	Lauria S. Apennines	<p>Michetti A.M., L. Ferrelli, E. Esposito, S. Porfido, A.M. Blumetti, E. Vittori, L. Serva & G.P. Roberts, 2000, Ground effects during the September 9, 1998, Mw = 5.6, Lauria earthquake and the seismic potential of the aseismic Pollino region in Southern Italy, Seismological Research Letters, 71, 31-46.</p>	

