

Contributi per uno studio sulla sismicità dell'Italia

L. MARCELLI - P. MONTECCHI

Ricevuto il 28 Marzo 1962

INTRODUZIONE E GENERALITÀ.

È noto che quando si parla di « sismicità » della terra in generale, o in particolare di una regione, non si intende definire in maniera precisa un concetto fisico o geofisico, ma piuttosto si vuole esprimere una maggiore o minore « attitudine » di una determinata regione ad essere sede di fenomeni sismici.

Per lo più la sismicità, così com'è intesa generalmente comprende un panorama vasto e piuttosto disordinato di un insieme di coefficienti che nella loro totalità danno l'idea del fenomeno senza per altro dare al fenomeno stesso un preciso significato fisico, esprimibile in termini matematici. Essa è una funzione della distribuzione geografica dei terremoti, della loro frequenza, della loro intensità, della loro energia, della loro natura, della loro correlazione con elementi geologici, e così via. Di qui la grande difficoltà di dare una definizione sintetica di tutto ciò.

La cosa più semplice e più lineare per affrontare lo studio della sismicità di una regione, è ovviamente quella di documentarsi il più possibile su tutti i terremoti avvenuti in tale regione; localizzarne gli epicentri in modo da averne una distribuzione geografica; poi, con l'ausilio delle nozioni fornite dalla sismologia, ricercare tutti quegli elementi che servono a valutare l'intensità e l'energia di ogni singola scossa: sfruttare infine i risultati ottenuti per dare un aspetto organico a tutto il fenomeno nel suo insieme.

Un lavoro di questo genere, esteso a tutta la terra, servirebbe a dare una visione esatta della sismicità globale.

La sismologia però è una scienza tanto giovane che non ha a sua disposizione un numero così esteso (nello spazio e nel tempo) di dati di osservazione tali da consentire una trattazione esauriente dell'argomento. Per quanto la installazione di numerose stazioni sismiche, disseminate in vari punti del globo, consenta di « captare » la maggior parte

dei movimenti della terra, pure avviene che tutti quei piccoli terremoti che sviluppano una scarsa energia e che hanno il loro epicentro in zone disabitate, o sfornite di osservatori, sfuggono al controllo generale; sicchè può accadere, come difatti avviene, che le carte sismiche di certe regioni presentino una concentrazione di epicentri superiore a quella di altre, ma ciò unicamente a causa di una diversa distribuzione delle stazioni sismiche, o di attrezzature strumentali diverse, e non già perchè questo corrisponda ad una effettiva situazione locale.

Per quanto riguarda poi il periodo che precede l'avvento della sismologia, intesa come scienza applicata allo studio dei fenomeni geofisici, le notizie riguardanti i terremoti hanno il sapore della cronaca e occorre andare a documentarsi su carteggi locali, che sovente sono incompleti o alterati, o mancano addirittura.

Da tutto ciò risultano chiare le difficoltà inerenti ad un tale problema inteso nella sua estensione.

È noto come vari tentativi per raggiungere un accordo su un metodo comune per la stima della sismicità siano stati via via scartati per la loro insufficienza (così il metodo basato semplicemente sul numero delle scosse, oppure quello basato sulla intensità massima valutata macrosismicamente, e così pure quello che tiene conto della frequenza, . . . ecc.).

Al momento attuale si tende a calcolare la sismicità di una regione in base all'energia totale liberata per unità di superficie durante una determinata unità di tempo. Questa quantità, corredata con i dati che esprimono il numero, la frequenza e la intensità dei sismi, sembra finora essere uno dei modi più esatti per esprimere quantitativamente, con pieno significato fisico, utilizzabile per ulteriori sviluppi, le caratteristiche sismiche di una determinata area.

Tuttavia per quanto vari siano i tentativi e le proposte per definire in termini matematici una grandezza così complessa come quella della sismicità, non si è ancora giunti ad un accordo internazionale che consenta una definizione adottata da tutti.

Nei vari congressi dell'U.G.G.I. (Stoccarda 1952; Roma 1954; Vienna 1956; Utrecht 1958; Alicante 1959; Helsinki 1960) fu maturato dalla Commissione Sismologica Europea un programma di ricerca inteso a tale scopo e furono invitate le nazioni Europee facenti parte di tale commissione a compilare delle mappe sismiche (riferentesi al periodo 1901-1955) complete degli elementi essenziali (data del sisma, ora, coord. geografiche epicentrali, profondità ipocentrale, intensità macrosismica all'epicentro, raggio della isosista di V^0) in modo da renderle il più omogenee possibili.

Quando sarà completata una mappa sismica europea, omogenea secondo lo spirito dei congressi su citati, si sarà compiuto indubbiamente un passo avanti per uno studio sistematico della sismica dell'Europa. In questi studi però verranno a mancare i contributi apportati dalle scosse meno intense, (venendo prese in considerazione solamente le $I_0 \geq VI^0$) e se ciò può essere inessenziale in un quadro d'insieme non si deve tuttavia, a nostro avviso, sottovalutarne l'importanza ai fini di una panoramica regionale.

LA SISMICITÀ IN BASE ALL'ENERGIA.

Poichè è nostra intenzione portare un contributo allo studio della sismicità dell'Italia con metodi il più rigorosi possibile, riteniamo che il modo migliore sia, secondo le più recenti tendenze, appunto quello di legare i fenomeni sismici alle valutazioni della magnitudo, per risalire poi da questa al calcolo dell'energia erogata in un dato periodo.

Da quando nel 1935 Richter introdusse il concetto di Magnitudo, un gran passo avanti fu compiuto nella serie delle scale macrosismiche, togliendo alle valutazioni delle intensità ogni carattere arbitrario (dovuto a tanti coefficienti diversi), dando così una interpretazione esclusivamente strumentale.

È noto come anche il Gutenberg si sia appassionato all'argomento e ne abbia fatto, insieme col Richter, oggetto di studi sempre più estesi e sempre più approfonditi tanto da imporlo all'attenzione di tutto il mondo della sismologia, talchè si può dire che oggi quasi tutti gli osservatori riportino nei loro rilievi sismici anche i dati delle magnitudo calcolate nelle singole stazioni.

È proprio alla magnitudo che si può ricorrere per poter dare al problema che ci interessa un carattere obbiettivo di dati strumentali.

Sono note le relazioni che intercorrono tra questa grandezza e l'energia sismica.

Riportiamo qui le ultime due date da Richter e Gutenberg nel 1956 per la California, e quella calcolata per l'Italia. Esse sono:

$$\log E = 9,4 + 2,14 M - 0,054 M^2 \text{ (Gutenberg-Richter) (1956a)}$$

$$\log E = 11,8 + 1,5 M \text{ (Gutenberg-Richter) (1956b)}$$

$$\log E = 9,154 + 2,147 M \text{ (Di Filippo-Marcelli) (1950).}$$

N. B. - M. Bâth nel 1956 dà la seguente relazione

$$\log E = 12,24 + 1,44 M$$

che ben si accorda con la seconda delle tre.

Se quindi, come si è detto, adottiamo per la valutazione della sismicità il concetto dell'energia totale liberata per unità di superficie, durante una determinata unità di tempo, è ovvio che il problema si impenna tutto sul calcolo delle magnitudo delle singole scosse.

È necessario a questo punto osservare che il valore di M è essenzialmente strumentale e che le considerazioni su esposte verrebbero a mancare in tutti quei casi in cui i numerosissimi terremoti di piccola intensità che avvengono in tutte le regioni della terra, non avessero un'energia sufficiente a propagare le onde sismiche fino alle più prossime stazioni di registrazione.

Si presenta quindi la necessità di trovare un metodo che consenta di calcolare la magnitudo anche a prescindere dalle registrazioni strumentali e ciò si può ottenere imponendo un legame tra la intensità macrosismica della scossa all'epicentro e la sua magnitudo.

Occorre cercare cioè una relazione che possa essere espressa come funzione di I_0 ed M .

Osserviamo ulteriormente che anche questa considerazione può fallire per quei terremoti che avessero il loro epicentro in zone disabitate o nelle aree marine, per le quali mancherebbero i dati necessari alla valutazione secondo la Scala Mercalli-Sieberg; però dato che noi ci accingiamo ad impostare il problema nei riguardi dell'Italia, che è una regione densamente popolata, risulterà in definitiva che molto pochi saranno i terremoti che sfuggiranno al controllo e comunque saranno certamente tali da non influenzare, con la loro assenza, il quadro generale della sismicità.

RICERCA DELLA FUNZIONE: $f(I_0, M)$.

La risoluzione di questo problema la imposteremo su un metodo matematico a carattere statistico; ci serviremo di dati sicuri, accuratamente rilevati dalle registrazioni ottenute nella stazione sismica di Roma, per un elevato numero di terremoti vicini e domestici, di cui si conoscono le intensità epicentrali.

Supporremo inizialmente che la funzione $f(I_0, M)$ da noi cercata sia del tipo

$$X = m Y + c \quad [1]$$

e conoscendo i valori di X e Y , che sono rispettivamente la magnitudo M

e l'intensità I_0 all'epicentro, le nostre due incognite diventano i due coefficienti numerici m e c . La nostra equazione sarà quindi

$$M = I_0 y + x \quad [1']$$

Allo scopo di poterci servire di dati di partenza (M ed I_0) il più precisi possibile, abbiamo ritenuto opportuno valerci prevalentemente di uno studio effettuato dal De Paufflis, il quale con analisi minuziosa ed accurata ricopre i rilievi macrosismici di tutto il territorio italiano nel periodo 1953-57. Questo studio ci ha consentito di servirci di numerosi valori di I_0 accuratamente valutati.

Poichè della maggior parte di questi terremoti avevamo, come si è detto, disponibili le registrazioni della stazione sismica di Roma, abbiamo potuto calcolare con sufficiente esattezza la magnitudo di 59 terremoti, dei quali, nella tabella I^a, riportiamo i dati rilevati.

Oltre che di questi elementi ci siamo serviti anche dei dati di altri terremoti che per motivi vari furono precedentemente fatti oggetto di particolare attenzione e di studi accurati. In questo secondo gruppo (le cui date esulano dal periodo 1953-57) abbiamo incluso anche 8 terremoti con epicentro nella zona di Terni (Umbria), appartenenti al periodo sismico che per vari mesi, a partire dal Luglio 1960, ha interessato la zona stessa.

Il numero dei dati così utilizzati è risultato complessivamente di 83 terremoti, come risulta dalla tabella I^a. Notiamo a questo punto che tutti gli elementi di cui abbiamo potuto così usufruire si riferiscono a terremoti di intensità piuttosto moderata (raramente l'intensità all'epicentro ha raggiunto l'VIII°).

Fortunatamente in Italia quei cataclismi, che sconvolgono altre regioni della terra, sono piuttosto rari. Parossismi di notevole rilievo si sono avuti in tempi storici, ma la preponderanza assoluta attuale — per lo meno nel secolo corrente — è data dai gradi non superiori al VI-VII Mercalli. Tuttavia, allo scopo di usufruire anche di qualche elemento che, pur raro, può pur sempre verificarsi, abbiamo ritenuto opportuno inserire nel calcolo anche i due terremoti disastrosi del 1908 (Messina) e del 1915 (Avezzano), le cui magnitudo sono state calcolate da Gutenberg.

Il metodo dei minimi quadrati, che qui applichiamo, porta a risolvere com'è noto, per una serie di equazioni del tipo

$$a_i x + b_i y = c_i$$

un sistema della forma seguente:

$$\begin{cases} [aa]x + [ab]y = [ac] \\ [ba]x + [bb]y = [bc] \end{cases}$$

Tenendo conto che nel nostro caso dalle [1'] si ha che

$$a_i = 1; b_i = I_o; c_i = M,$$

i valori dei coefficienti risultano, a conti fatti, i seguenti:

$$\begin{array}{llll} [aa] = \Sigma a_i & = 85 & [ba] = \Sigma (I_o)_i & = 492 \\ [ab] = \Sigma (I_o)_i & = 492 & [bb] = \Sigma (I_o^2)_i & = 2981 \\ [ac] = \Sigma (M)_i & = 356,077 & [bc] = \Sigma (MI_o)_i & = 2125,07 \end{array}$$

sicchè tutto si riduce a risolvere il sistema:

$$\begin{cases} 85x + 492y = 356,077 \\ 492x + 2981y = 2125,07 \end{cases}$$

Di qui si traggono, per le nostre incognite, i valori:

$$\begin{cases} x = 1,4070 \\ y = 0,4806 \end{cases}$$

sicchè la relazione cercata assume la forma:

$$M^* = 0,481 I_o + 1,407 \quad (1) \quad [2]$$

Questa funzione risponde soddisfacentemente allo scopo. Infatti, sostituendo in essa i valori delle intensità e delle magnitudo di numerosi terremoti accuratamente documentati, per le intensità comprese dal III° al VII°-VIII° Mercalli-Sieberg si sono trovati risultati pienamente attendibili. Tale approssimazione non è però altrettanto soddisfacente per i gradi superiori, per i quali invece la funzione presenta una certa tendenza a perdere il suo carattere di linearità.

Tuttavia questo inconveniente non toglie valore al significato dell'espressione da noi trovata, giacchè la massima frequenza dei sismi italiani si verifica proprio per quelli di $I_o \leq VIII$.

Per gli eventuali terremoti di grado superiore all'VIII non sarebbe necessario ricorrere a tale espressione, poichè la nostra rete di stazioni sismiche, abbastanza fitta, darebbe ottime registrazioni capaci di fornire dati strumentali ben precisi.

Nonostante queste lecite considerazioni, abbiamo voluto spingere oltre l'indagine anche in vista dell'utilità che potrà avere una siffatta relazione per la conoscenza in termini di M di tutti quei terremoti storici di cui sono state tramandate soltanto notizie macrosismiche.

(1) N.B. Indichiamo con M la magnitudo calcolata dalle registrazioni e con M^* » » » attraverso la conoscenza di I_o .

Dalla posizione sul grafico dei punti (I_o , M) per i gradi più elevati, abbiamo pertanto ritenuto opportuno supporre, per la $f(I_o, M)$ un andamento parabolico. In tal senso abbiamo scritto la funzione nella forma:

$$y = \alpha x^2 + \beta x + \gamma.$$

Abbiamo così dovuto risolvere un sistema di 8 equazioni (nelle 3 incognite α , β , γ), del tipo:

$$M = \alpha I_o^2 + \beta I_o + \gamma.$$

Anche qui abbiamo applicato il metodo dei minimi quadrati che, nel caso in esame, conduce a risolvere un sistema della forma seguente:

$$\begin{aligned} [aa]\alpha + [ab]\beta + [ac]\gamma &= [al] \\ [bb \cdot 1]\beta + [bc \cdot 1]\gamma &= [bl \cdot 1] \\ [cc \cdot 2]\gamma &= [cl \cdot 2] \end{aligned}$$

essendo,

$$a_i = I_o^2, b_i = I_o, c_i = 1, l_i = M.$$

La seguente tabella II^a riporta i risultati dei calcoli per la determinazione dei coefficienti.

Tabella II

$[aa] = \Sigma (I_o^2)^2 = 128332,250$	$[bb] = \Sigma (I_o)^2 = 2981,000$
$[ab] = \Sigma (I_o^2) \cdot (I_o) = 19005,000$	$[bc] = \Sigma I_o = 492,000$
$[ac] = \Sigma (I_o^2) \cdot (1) = 2981,000$	$[bl] = \Sigma I_o M = 2130,950$
$[al] = \Sigma (I_o^2) \cdot M = 13423,745$	
	$[cc] = \Sigma 1^2 = 85,000$
	$[cl] = \Sigma (1 \cdot M) = 356,060$
$[bb \cdot 1] = [bb] - \frac{[ab]^2}{[aa]} [ab] = 168,260$	
$[bc \cdot 1] = [bc] - \frac{[ab]}{[aa]} [ac] = 50,812$	
$[bl \cdot 1] = [bl] - \frac{[ab]}{[aa]} [al] = 144,236$	
$[cc \cdot 1] = [cc] - \frac{[ac]^2}{[aa]} [ac] = 15,841$	
$[cl \cdot 1] = [cl] - \frac{[ac]}{[aa]} [al] = 44,629$	
	$[cc \cdot 2] = [cc \cdot 1] - \frac{[bc \cdot 1]}{[bb \cdot 1]} [bc \cdot 1] = 0,496$
	$[cl \cdot 2] = [cl \cdot 1] - \frac{[bc \cdot 1]}{[bb \cdot 1]} [bl \cdot 1] = 1,070$

L'equazione alla quale siamo infine pervenuti, è la seguente

$$M^* = 0,024 I_0^2 + 0,206 I_0 + 2,157 \quad [3]$$

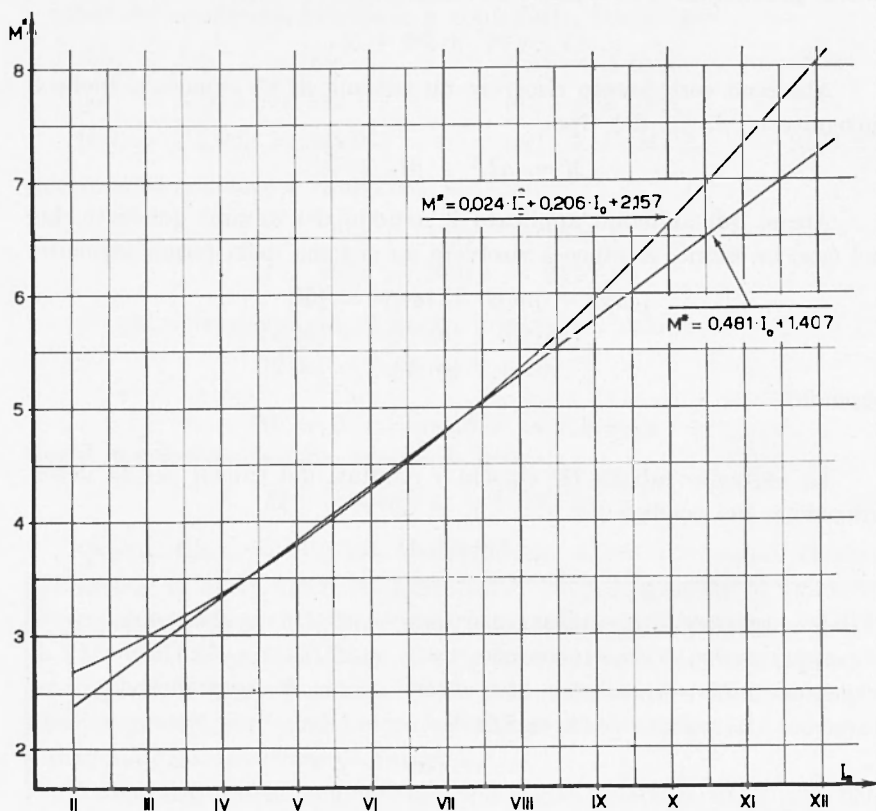


Fig. 1

Nella Fig. 1 sono riportate in grafico le due equazioni [2] e [3]. È notevole osservare come la retta e la parabola abbiano un lungo tratto in cui praticamente coincidono. Ciò avviene fin verso il VII°-VIII° della scala Mercalli-Sieberg. Riteniamo quindi senz'altro lecito servirci indifferentemente dell'una o dell'altra fino a tale valore, mentre per i gradi superiori si rende necessario il solo uso della curva del II° ordine.

FATTORI CORRETTIVI REGIONALI.

È evidente che una relazione, che legghi la magnitudo con l'intensità macrosismica all'epicentro, può variare da regione a regione.

Questo viene già messo in evidenza da tutte le relazioni trovate finora dai vari autori:

Per la California Gutenberg e Richter danno (1956):

$$M = \frac{2}{3} I_o + 1 \quad (\text{per } h = 16-18 \text{ km}).$$

Per la regione del Jura Souabe, Peterschmitt nel 1950 aveva dato:

$$M = 0,8 I_o - 0,9 \quad (\text{per } h = 10-15 \text{ km}).$$

Per la regione del Caucaso, Savarensky e Dzibladze trovano (nel 1956)

$$M = 0,69 I_o + 0,9 .$$

Per le montagne dei Carpazi (nel 1958) Shebalin dà:

$$\begin{cases} M = 0,7 I_o + 2,3 \log h - 2,0 & [\text{per } 0 < h < 60-100 \text{ km}] \\ M = 0,7 I_o + 2,3 \log h - 3,6 & [\text{per } h > 60-100 \text{ km}]. \end{cases}$$

Per la Cina, nel 1958, Lee trova:

$$M = 0,58 I_o + 1,5.$$

Per la Cecoslovacchia, Karnik (1960) dà:

$$M = 0,67 I_o + 1,7 \log h + 1,4 .$$

Per la Grecia, Galanopoulos (1962) dà:

$$M = \vartheta + 0,38 \quad (\vartheta-6,0)$$

essendo $\vartheta = \log A + \log I_o$ (dove A = area macrosismica in km^2). (Ed altri ancora).

Per quello che riguarda l'Italia in particolare possiamo ritenere che le formule da noi trovate vadano bene per tutti i terremoti di profondità normale ($h < 20$ km), come sono generalmente quelli che avvengono nella area italiana, ad eccezione di alcuni sismi profondi, localizzati tuttavia nelle zone vulcaniche, prevalentemente del basso Tirreno e per i quali si potrà eventualmente fare una considerazione a parte.

La nostra stessa formula [2], che è stata ricavata, come si è detto, da un insieme di dati riguardanti un certo numero di epicentri disseminati sull'intero territorio nazionale, va fatta oggetto di una considerazione particolare. La magnitudo, rilevata tramite la conoscenza di I_o , trattandosi di terremoti vicini, è strettamente legata alle fenomenologie geologiche dei luoghi investiti dalle onde sismiche, specialmente per i gradi più bassi. Abbiamo quindi ritenuto opportuno provvedere alla ricerca di eventuali fattori correttivi da inserire nella formula trovata, propri delle varie regioni geologiche italiane.

Per questo scopo ci siamo calcolate, con la [2] le varie magnitudo in base alle intensità epicentrali secondo la scala Mercalli, quindi, riuniti i parossismi per regioni, abbiamo computato lo scarto di ogni terremoto tra la magnitudo M ottenuta dalla registrazione strumentale e quella (M^*) attribuibile in base alla funzione $f(I_o, M)$. Gli scarti ε (riportati nell'ultima colonna della tab. I) sono stati mediati, secondo un criterio regionale, ottenendo in tal modo i cercati fattori correttivi, che riportiamo qui di seguito:

- 1) Regione Alpina (con particolare riguardo alla parte orientale)
= + 0,37
- 2) Regione dell'Emilia e Romagna = + 0,31
- 3) Regione Toscana = — 0,17
- 4) Regione Appenninica e Adriatica dell'Italia Centrale = — 0,20
- 5) Regione Abruzzese e Campana dell'Appennino = + 0,01
- 6) Regione Pugliese, Lucana e della Calabria Settentrionale = — 0,02
- 7) Regione Calabrese o dei massicci cristallini (compresa la parte NE della Sicilia) = + 0,04
- 8) Per la regione Siciliana e per quella Tirrenica del Lazio e della Campania, non disponendo di dati sufficienti, non è stato possibile stabilire il corrispondente fattore correttivo.

L'allegata carta d'Italia mette in evidenza i risultati conseguiti. I fattori correttivi regionali, circoscritti da linee continue rendono agevole l'uso della carta, della quale ci si potrà servire ogni qualvolta si voglia calcolare la magnitudo di un terremoto di cui si conosca l'intensità epicentrale e l'epicentro macrosismico.

La [2] assumerà quindi l'aspetto definitivo:

$$M^* = 0,481 I_o + 1,407 + \varepsilon . \quad [2']$$

APPLICAZIONE DEI RISULTATI.

Come applicazione dei risultati ottenuti ci serviremo di essi per fare un esame il più completo possibile della sismicità dell'Italia per il periodo 1953-57. In esso, conformemente allo spirito dei congressi dell'U.G.G.I. furono dal De Panfilis prese in particolare esame le scosse di $I_o \geq V^o$; però nella sua pubblicazione l'autore non trascura alcuni elementi essenziali che consentono una visione generale del fenomeno sismico nel



Fig. 2

quinquennio; abbiamo potuto così in un primo tempo computare in percentuale il numero delle scosse dei vari gradi verificatesi durante il periodo predetto: risulta così che il

9,50%	delle scosse furono di	II° (n° 40)
26,13%	» » » »	III° (n° 110)
24,94%	» » » »	IV° (n° 105)
11,64%	» » » »	IV°-V° (n° 49)
15,44%	» » » »	V° (n° 65)
2,38%	» » » »	V°-VI° (n° 10)
5,46%	» » » »	VI° (n° 23)
1,43%	» » » »	VI°-VII° (n° 6)
2,14%	» » » »	VII° (n° 9)
0,71%	» » » »	VII°-VIII° (n° 3)
0,24%	» » » »	VIII° (n° 1)

Il grafico della Fig. 2 riassume in forma più evidente le caratteristiche salienti.

Si nota una preponderanza assoluta di piccole scosse comprese tra il III° e il IV°, mentre i gradi superiori al V° — per il quale c'è ancora una percentuale piuttosto elevata — vanno diminuendo sensibilmente di frequenza. Già questo quadro, nella sua visione sommaria mette in evidenza il carattere di moderata sismicità che compete all'Italia, per lo meno per quanto si riferisce al periodo in esame. Alle scosse più sopra schematicamente elencate, e che sono quelle ben determinate rispetto all'epicentro, al tempo ed all'intensità, se ne debbono aggiungere numerose altre le cui notizie vaghe ed imprecise non consentono una ulteriore precisazione: tutte però di lieve entità e principalmente repliche dei terremoti più importanti.

Agli effetti di un calcolo dell'energia sismica *totale* liberata, i terremoti di grado inferiore al V° contribuiscono con un apporto di energia molto minore rispetto a quella fornita anche da un solo terremoto di grado V. Allo scopo di chiarire tale concetto in termini più evidenti, tenendo presente la [2] e la relazione di Gutenberg-Richter

$$\log E = 11,8 + 1,5 M$$

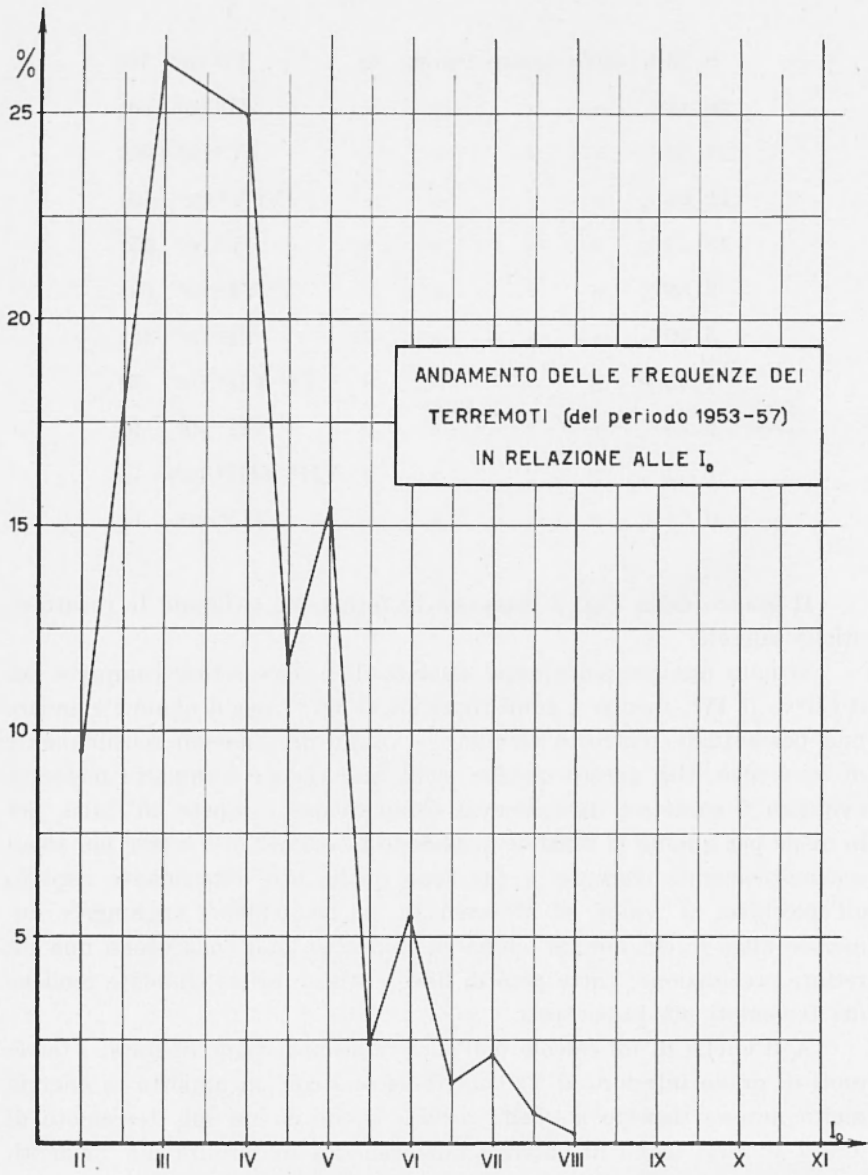


Fig. 2

abbiamo calcolato la seguente tabella III (e relativo grafico della Fig. 3) nei quali vengono poste in corrispondenza le grandezze I_0 , M^* , ed E .

Tabella III

I_0	M^*	E (in ergs)
II	2,369	$10^{15,353}$
III	2,850	$10^{16,075}$
III-IV	3,090	$10^{16,435}$
IV	3,331	$10^{16,796}$
IV-V	3,572	$10^{17,158}$
V	3,812	$10^{17,518}$
V-VI	4,053	$10^{17,879}$
VI	4,293	$10^{18,240}$
VI-VII	4,534	$10^{18,601}$
VII	4,775	$10^{18,963}$
VII-VIII	5,052	$10^{19,378}$
VIII	5,341	$10^{19,812}$
VIII-IX	5,642	$10^{20,263}$
IX	5,955	$10^{20,733}$
IX-X	6,280	$10^{21,220}$
X	6,617	$10^{21,726}$
X-XI	6,966	$10^{22,249}$
XI	7,327	$10^{22,791}$
XI-XII	7,700	$10^{23,350}$
XII	8,085	$10^{23,928}$

Dalla tabella risulta abbastanza chiaramente che il passaggio da ciascun grado Mercalli al successivo equivale ad una erogazione di energia multipla della precedente secondo un fattore quasi costantemente uguale a $10^{0,7}$ fino al grado VII, ed un po' maggiore dal grado VII in poi; sicchè, a titolo di esempio si può dire che un solo terremoto di grado V equivale a quasi 30 terremoti di grado III; o anche che per sviluppare l'energia di un terremoto di VI° occorrerebbero circa 150 scosse di

grado III°. Tale considerazione giustificerebbe parzialmente la decisione adottata dalla commissione sismologica Europea di tener conto solo delle scosse di grado \geq VI. Il trascurare le inferiori non costituisce,

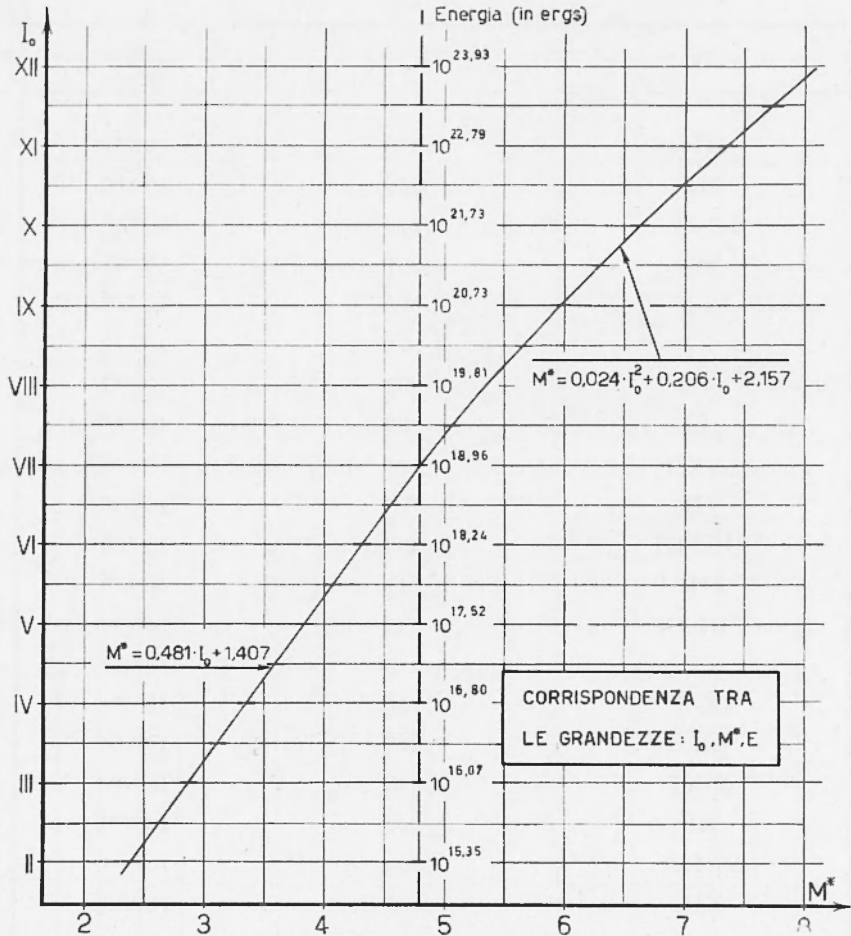


Fig. 3

in effetti, una deficienza sostanziale nel panorama sismico *generale* specialmente dal punto di vista energetico. Però, a nostro avviso, e come abbiamo precedentemente affermato, ai fini di una panoramica *regionale*, riteniamo che non sia troppo giusto sottovalutare l'importanza di queste scosse, che sovente sono l'espressione di una graduale liberazione di energie accumulate negli strati più superficiali della terra.

Nella tabella IV sono riportati i risultati dei calcoli delle energie che competono ad ogni terremoto del quinquennio in esame. Per le scosse la cui magnitudo non si era potuta prelevare dalle registrazioni ci siamo serviti della [2'] conoscendo la I_0 : e per le ragioni sopra esposte, nel computo dell'energia abbiamo incluso anche quei terremoti di grado inferiore al V, di cui il De Panfilis non dà indicazioni particolareggiate, limitandosi a dirne il numero e la distribuzione nelle varie classi ed intensità. Il numero di questi ultimi compare entro parentesi nella tabella V, la quale riassume i risultati ottenuti.

Nell'ultima colonna di questa tabella è riportato il contributo dei singoli anni all'energia sismica⁽¹⁾, precisando però che esso si riferisce a tutti quei terremoti le cui magnitudo sono state calcolate singolarmente (v. tabella IV), e nell'ultima riga compaiono le energie complessive relative ai singoli gradi. (Questi ultimi dati sono stati calcolati per via esclusivamente teorica applicando la [2] e la [3]. L'energia dovuta ai 141 terremoti studiati è dunque $= 10^{15} \cdot 1177561,5943 \text{ ergs} = 10^{11} \cdot 1,1776$.

Per avere l'energia complessiva del quinquennio occorre però, come si è detto, tener conto anche dei contributi dei gradi inferiori; e precisa mente:

40	scosse di II	contribuiscono per	$10^{15} \cdot 6,9512$	ergs	
108	» » III	» »	$10^{15} \cdot 201,1068$	»	} = $10^{15} \cdot 4640,4170 =$
93	» » IV	» »	$10^{15} \cdot 1855,6290$	»	
39	» » IV-V	» »	$10^{15} \cdot 2576,7300$	»	} = $10^{21} \cdot 0,00464 \text{ ergs.}$

Sicchè in definitiva possiamo dire che l'energia sismica erogata sul territorio nazionale durante gli anni 1953-57 è di

$$E = 10^{15} \cdot 1.182.202,0113 = 1,1822 \cdot 10^{21} \text{ ergs}$$

pari ad una media annuale di circa

$$E_{\text{annuale}} = 0,24 \cdot 10^{21} \text{ ergs.}$$

Il grafico della Fig. 4 riassume efficacemente la situazione sismica del quinquennio in esame. È ivi messo in chiara evidenza lo scarso con-

(1) Per questa applicazione, nel computo delle energie, abbiamo usato la relazione $\log E = 9,154 + 2,147 M$ (Di Filippo-Marcelli) che per i gradi $\leq VII$ concorda abbastanza con quella di Gutenberg. I risultati conseguiti, tuttavia, risultano sopravvalutati rispetto a quelli che si otterrebbero applicando la formula di Gutenberg (1956b).

tributo di energia apportato dalle scosse di grado inferiore al VI: non è però altrettanto trascurabile la loro frequenza che si presenta invece piuttosto elevata.

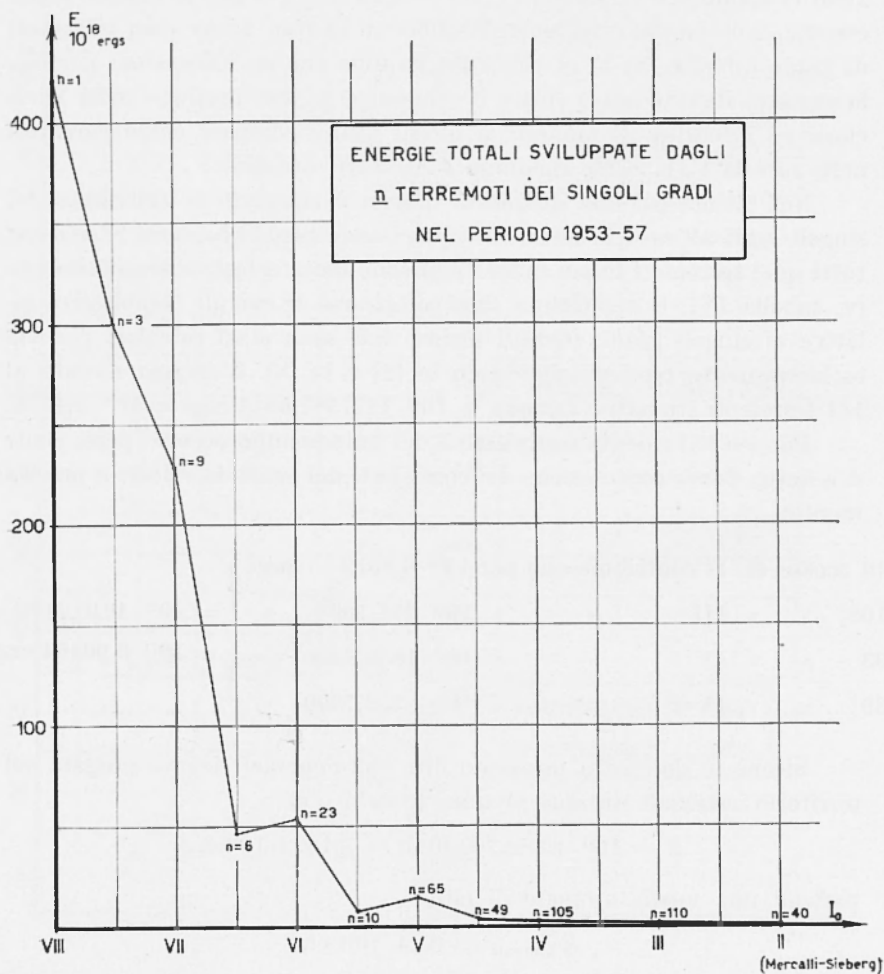


Fig. 4

Non è tuttavia lecito, da questi risultati parziali, trarre conclusioni di carattere generale, anzitutto perchè 5 anni, nella storia sismica di una regione, costituiscono una parte infinitesima, e poi perchè l'intervallo di tempo studiato si è presentato particolarmente tranquillo rispetto ad altri periodi. Se soltanto volessimo tener presenti i terremoti di Messina

(del 1908) e quello di Avezzano (del 1915) — per non parlare che dei più tristemente noti — vedremmo come questa media potrebbe aumentare considerevolmente.

Abbiamo infine compilato una ulteriore tabella (la VI) nella quale compaiono 45 terremoti scelti tra quelli più dettagliatamente studiati e per i quali sono state calcolate le aree macrosismiche e i raggi medi delle varie isosiste così come possono essere state desunte dal lavoro citato. I tentativi fatti per trovare una qualche relazione matematica tra questi elementi e le altre grandezze specifiche di ogni terremoto (I_0 , M , E ,) — così come è stato fatto da vari autori in altre parti della terra — sono tutti falliti; ma ciò non deve stupire se si pensa che la configurazione geologica del suolo italiano varia continuamente da un punto all'altro e che pertanto gli effetti macrosismici di ogni scuotimento, essendo intimamente legati alla natura degli strati terrestri più superficiali (oltre che alla profondità ipocentrale) non possono avere alcun carattere di omogeneità. Tutt'al più si può riscontrare un ripetersi di caratteristiche per le scosse che provengono, in tempi diversi, dagli stessi epicentri.

Tabella I

N	Data	h m s	Zona epicentrale	Coordin. epic.	Δ da Roma in km	I_0	M	$\varepsilon = M - M^*$
1	25 febbraio 1953	00 07 06	Filogaso (Catanzaro)	38°7' N 16°1' E	460	VI	4,30	+ 0,01
2	26 " "	08 34 56	Monteleone di Spoleto (Perugia)	42°38' N 12°55' E	90	V	3,36	- 0,44
3	19 luglio "	19 46 46	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	41°43' N 15°30' E ca	280	V	4,43	+ 0,62
4	25 " "	02 34 50	Arta (Udine)	46°5' N 13°1' E	540	V	4,73	+ 0,92
5	5 ottobre "	01 08 19	Cancellara (Potenza)	40°41' N 15°57' E	314	V	4,15	+ 0,34
6	19 " "	16 20 57	Asciano (Siena)	43°17' N 11°36' E	170	V	3,47	- 0,34
7	24 novembre "	04 13 ca	Avezzano (L'Aquila)	42° N 13°5' E ca	80	V	3,41	- 0,40
8	3 dicembre "	06 56 08	Colletorto (Campobasso)	41°7' N ca 14°8' E ca	220	V	3,95	+ 0,14
9	7 " "	10 59 17	Radicondoli-Chiusdino (Siena)	43°2' N ca 11°1' E ca	191	V	4,03	+ 0,22
10	14 " "	08 11 06	Cesena (Forlì)	44°04' N 12°11' E	250	VI	4,15	- 0,14
11	30 marzo 1954	06 06 10	Galeata (Forlì)	44° N ca 11°09' E ca	237	V	4,63	+ 0,82

Sequito Tab. I (a)

N	Data	h m s	Zona epicentrale	Coordin. epic.	Δ da Roma in km	I_0	M	$\epsilon = M - M^*$
12	25 aprile 1954	23 17 19	Raveo (Udine)	46°27' N 12°50' E	500	VI	4,51	+ 0,22
13	6 agosto »	20 21 12	Potenza	40°40' N 15°53' E	315	VI	4,55	+ 0,26
14	11 ottobre »	17 45 25	Venzone (Udine)	46°20' N 13°06' E	510	VI	4,77	+ 0,48
15	25 novembre »	11 07 ca	Grisi (Palermo)	37°9 N ca 13°1 E ca	447	V	4,37	+ 0,08
16	27 dicembre »	08 58 55	Salina (Isole Eolie)	38°35' N 14°48' E	402	VII	4,04	— 0,73
17	4 marzo 1955	18 36 30	Monte S. Angelo (Foggia)	41°8 N ca 15°8 E ca	285	VI	4,07	— 0,22
18	18 » »	07 49 37	» » »	41°8 N ca 15°8 E ca	275	VI-VII	5,16	+ 0,63
19	5 maggio »	06 49 ca	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	41°8 N ca 13°7 E ca	274	V	4,19	+ 0,38
20	12 luglio »	05 02 ca	Monte S. Angelo (Foggia)	41°8 N 15°8 E ca	285	VI	3,63	— 0,66
21	23 » »	04 54 31	Maniago (Udine)	46°12' N 12°43' E	475	VI	4,44	+ 0,15
22	23 » »	22 02 ca	S. Cosmo Albanese (Cosenza)	39°35' N 16°25' E	420	VI	4,03	— 0,26

Seguito Tab. I (b)

N	Data	h m s	Zona epicentrale	Coordin. epic.	A da Roma in km	I _o	M	$\epsilon = M - M^*$
23	13 dicembre 1955	18 04 07	Carrara	44°07' N 10°09' E	307	V	3,89	+ 0,08
24	9 gennaio 1956	01 44 ca	Grassano (Matera)	40°37' N 16°18' E	360	VII	4,41	- 0,36
25	15 »	20 19 ca	Grisi (Palermo)	37°9' N ca 13°1' E ca	447	V	3,79	- 0,02
26	27 »	06 20 ca	S. Martino di Finita (Cosenza)	39°5' N ca 16°0' E ca	405	V	4,18	+ 0,37
27	20 febbraio »	02 29 ca	Argenta (Ferrara)	44°6' N ca 11°8' E ca	304	V-VI	4,65	+ 0,60
28	26 aprile »	04 00 03	Pietramala (Firenze)	44°09' N 11°19' E	270	VI	3,88	- 0,41
29	26 maggio »	19 40 ca	Santa Sofia (Forlì)	43°57' N 11°47' E	290	VII	5,13	+ 0,36
30	16 agosto »	09 35 ca	Cittareale (Rieti)	42°6' N ca 13°1' E ca	100	V	3,89	+ 0,08
31	17 »	10 39 ca	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	41°43' N 15°40' E	274	VI-VII	3,68	- 0,85
32	22 settembre »	04 19 39	» » »	41°40' N 15°40' E ca	330	VI	4,63	+ 0,34
33	3 ottobre »	01 34 ca	Caramanico-Tocco Casauria (Pescara)	42°12' N 13°59' E	129	V	3,20	- 0,61

Sequitto Tab. I (c)

N	Data	h m s	Zona epicentrale	Coordin. epic.	A da Roma in km	I _o	M	$\epsilon = M - M^*$
34	5 novembre	20 45 20	Paluzza-Treppo Carnico (Udine)	46°32' N 13°00' E	515	VI	4,36	+ 0,07
35	»	03 06 40	Macchiagodena (Campobasso)	41°35' N 14°24' E	180	VI	4,20	- 0,09
36	»	04 53 ca	Amandola (Ascoli Piceno) Caldarola (Macerata)	43° N ca 13°2' E ca	120	V	3,51	- 0,30
37	25 gennaio	05 40 ca	Pizzoli (L'Aquila)	42°4' N ca 13°2' E ca	100	V-VI	4,03	- 0,02
38	12 marzo	»	Norcia (Perugia)	42°8' N ca 13° E ca	130	VI	4,33	+ 0,04
39	13 »	04 13 ca	Amatrice (Rieti) Cascia (Perugia)	42°7' N ca 13°2' E ca	130	V	3,59	- 0,22
40	11 aprile	»	Petrella Salto (Rieti) Varco Sabino	42°17' N 13°02' E	65	VI	3,95	- 0,34
41	17 »	03 22 36	Santa Sofia (Forlì)	43°54' N 11°50' E	225	VII	4,44	- 0,33
42	30 »	07 05 08	Pieve S. Stef. (Arezzo)	43°43' N 12°02' E	240	VI	4,12	- 0,17
43	6 maggio	»	Naso (Messina)	38°1' N ca 14°8' E ca	459	V	3,86	+ 0,05
44	16 »	22 52 ca	Force (Ascoli Piceno)	42°9' N ca 13°4' E ca	160	V	3,77	- 0,04

Segue Tab. I (d)

N	Data	h m s	Zona epicentrale	Coordin. epic.	A da Roma in km	I _o	M	$\epsilon = M - M^*$
45	22 maggio	12 05 ca	Santa Sofia (Forlì)	43°54' N 11°02' E	232	V	3,87	+ 0,06
46	27 agosto	12 54 40	Zocca (Modena)	44°3' N 10°9' E	300	VI	4,76	+ 0,47
47	18 ottobre	07 14 ca	Satriano di Lucania (Potenza)	40°5' N ca 15°6' E ca	307	V	4,11	+ 0,30
48	11 novembre	22 40 ca	Numana (Ancona) Porto Recanati (Macerata)	43°5' N ca 13°7' E ca	220	VI	4,51	+ 0,22
49	6 dicembre	05 54 30	Castel Giorgio (Terni)	42°44' N 12°00' E	100	VII-VIII	4,63	- 0,38
50	»	»	»	»	»	V	3,75	- 0,06
51	»	»	»	»	»	IV	3,15	- 0,18
52	»	»	»	»	»	VI-VII	4,66	+ 0,13
53	»	»	»	»	»	IV-V	3,43	- 0,14
54	»	»	»	»	»	V	3,54	- 0,27
55	»	»	»	»	»	IV	2,94	- 0,39

Seguito Tab. I (c)

N	Data	h m s	Zona epicentrale	Coordin. epic.	Δ da Roma in km	I_0	M	$\epsilon = M - M^*$
56	6 dicembre 1957	15 04 47	Castel Giorgio (Terni)	42°44' N 12°00' E	100	IV-V	3,49	- 0,08
57	" " "	21 05 12	" " "	" " "	"	IV	3,01	- 0,32
58	" " "	23 56 39	" " "	" " "	"	VI-VII	3,74	- 0,79
59	8 " "	17 35 53	" " "	" " "	"	VI-VII	3,85	- 0,68
60	18 luglio 1960	02 01 ca	Narni (Terni)		92	V	3,80	- 0,01
61	" " "	04 07 ca	Montecastrilli (Terni)		80	VI	4,00	- 0,29
62	20 " "	23 09 ca	Narni (Terni)		85	VI-VII	4,40	- 0,13
63	31 " "	17 38 ca	Terni		100	III-IV	2,83	- 0,26
64	31 " "	18 00 ca	Terni		100	III-IV	2,98	- 0,35
65	10 agosto " "	13 03 ca	Attigliano (Terni)		70	IV	3,70	+ 0,37
66	19 " "	08 53 ca	Leonessa (Rieti)		60	IV	3,04	- 0,29

Seguito Tab. I (f)

N	Data	h m s	Zona epicentrale	Coordin. epic.	A da Roma in km	I _o	M	$\varepsilon = M - M^*$
67	3 settembre 1960	16 42 ca	Cittaducale (Rieti)		75	III-IV	2,70	- 0,39
68	11 febbraio 1939	11 17 ca	Appennino Tosco-Romagnolo	44°40' N 11°38' E	251	VI-VII	5,17	+ 0,64
69	19 giugno 1940	15 10 ca	Monte Amiata (Grosseto)	42°8' N 11°7' E	126	VI-VII	4,01	- 0,52
70	16 ottobre »	14 17 ca	» »	42°50' N 11°40' E	125	VIII	4,39	- 0,86
71	8 settembre 1941	17 30 ca	Cervara di Roma	42°02' N 13°04' E	48	V-VI	4,69	+ 0,64
72	3 novembre »	21 44 ca	Deruta (Perugia)	43° N 12°4' E	122	VII	4,29	- 0,48
73	25 gennaio 1946	17 31 50	Alpi Svizzere	46°4' N 7°5' E	640	VIII-IX	6,00	+ 0,51
74	13 giugno 1948	06 33 36	San Sepolero	43°33' N 12°10' E	200	VII-VIII	4,48	- 0,53
75	13 novembre »	10 52 06	Sardegna Settentrionale	40°56' N 8°53' E	300	VI	4,36	+ 0,07
76	31 dicembre »	03 32 40	Rieti	42°5' N 12°9' E	70	VII	5,13	+ 0,36
77	11 gennaio 1949	18 16 57	Vetralla (Viterbo)	42°3' N 12° E	50	V-VI	3,19	- 0,86

Sequilo Tab. I (g)

N	Data		h m s	Zona epicentrale	Coordin. epic.	Δ da Roma in km	I_o	M	$\epsilon = M - M^*$
78	8 ottobre	1949	03 08 ca	Caltagirone (Catania)	36°3' N 14°5' E	630	VI	5,50	+ 1,21 ?
79	24 »	»	17 48 00	San Severo (Foggia)	41°7' N 15°4' E	260	V	3,70	— 0,11
80	27 »	»	20 08 34	Terni-Rieti	42°6' N 12°8' E	88	VI-VII	4,35	— 0,18
81	7 marzo	1950	04 05 50	Alanno (Pescara)	42°3' N 14° E	160	V	4,68	+ 0,87
82	5 settembre	»	04 08 57	Gran Sasso (L'Aquila)	42°31' N 13°19' E	95	VIII	5,45	+ 0,20
83	15 ottobre	1939	15 05 ca	Garfagnana	44°14' N 10°12' E	319	VII	5,41	+ 0,64
84	28 dicembre	1908	05 20 27	Messina	38°10' N 15°35' E	—	XI	7,50	—
85	13 gennaio	1915	07 52 43	Avezzano	41°59' N 13°36' E	—	X	7,00	—

L E G E N D A :

Δ = distanza in km tra l'epicentro e la stazione di registrazione (Roma).

I_o = Intensità all'epicentro secondo la scala Mercalli-Sieberg.

M = magnitudo calcolata tramite i dati ricavati dalle registrazioni della stazione sismica di Roma.

ϵ = scarti ($M - M^*$)

M^* = magnitudo fornita tramite la $f(I_o, M)$.

Tabella IV

N	Data	Zona epicentrale	I_0	M	M^*	E (energia in ergs)
1	25 febbraio	Filogaso (Catanzaro)	VI	4,30	—	10^{15} , 2.432,7800
2	26 " "	Montel. di Spoleto (Perugia)	V	3,36	—	" 23,3296
3	21 maggio	Vizzini (Catania)	V	—	3,98	" 500,1500
4	19 luglio	S. Giovanni R. (Foggia)	V	4,43	—	" 4.625,9000
5	25 " "	Arta (Udine)	V	4,73	—	" 20.384,5500
6	23 agosto	Correggio-Novellara (R. Emilia)	V	—	4,12	" 999,0750
7	20 settembre	Spilinga (Catanzaro)	V	—	3,98	" 500,1500
8	5 ottobre	Cancellara (Potenza)	V	4,15	—	" 1.159,0530
9	19 " "	Asciano (Siena)	V	3,47	—	" 40,1880
10	24 novembre	Avezzano (L'Aquila)	V	3,41	—	" 29,8743
11	25 " "	Stromboli (Messina)	V	—	3,98	" 500,1500
12	3 dicembre	Colletorto (Campobasso)	V	3,95	—	" 431,2200
13	7 " "	Radicondoli-Chiusdino (Siena)	V	4,03	—	" 640,3300
14	14 " "	Cesena (Forlì)	VI	4,15	—	" 1.159,0530
15	6 febbraio	Valle Caudina (Benevento)	V	—	3,82	10^{15} , 226,7260
16	8 " "	Teora (Avellino)	V	—	3,82	" 226,7260
17	23 marzo	Collestatte (Terni)	VI	—	4,09	" 861,4000
18	" "	Acireale (Catania)	V	—	3,98	" 500,1500
19	30 " "	Galeata (Forlì)	V	4,63	—	" 12.433,7000
20	13 aprile	Zona Garganica (epic. in mare)	(IV-V)	—	(3,57)	" (65,8870)
21	25 " "	Raveo (Udine)	VI	4,51	—	" 6.870,6700
22	9 maggio	Arcidosso (Grosseto)	V	—	3,64	" 93,1320
23	16 luglio	Montereggio (Piacenza)	V	—	3,81	" 215,8250
24	6 agosto	Potenza	VI	4,55	—	" 8.373,4000
25	14 settembre	Cagli Cantiano (Pesaro)	V	4,77	—	" 80,2967
26	11 ottobre	Venezzone (Udine)	VI	—	—	" 24.842,8000
27	26 " "	Zona Garganica (ep. in mare)	(V)	—	(3,81)	" 215,8250
28	20 novembre	Grisi (Palermo)	VI	—	4,29	" 2.315,2600
29	25 " "	Grisi (Palermo)	V	4,37	—	" 3.438,7500
30	21 dicembre	Campoli (Teramo)-Ascoli-Piceno	V	—	3,80	" 205,4000
31	27 " "	Sahna (Isole Eolie)	VII	4,04	—	" 672,8200

N	Data	Zona epicentrale	I_0	M	M^*	E' (energia in ergs)
32	1 febbraio (05 ^h 25 ^m)	Pelara (Catania)	V	—	3,98	10 ¹⁵ 500, 1500
33	2 febbraio (05 ^h 45 ^m)	Pelara (Catania)	V	—	3,98	500, 1500
34	2 febbraio (06 ^h 00 ^m)	Pedara (Catania)	V-VI	—	4,22	1.637, 9800
35	2 febbraio (06 ^h 30 ^m)	Pedara (Catania)	V	—	3,98	500, 1500
36	9 febbraio	Monte S. Angelo (Foggia)	VII-VIII	—	5,03	89,826, 0300
37	24 »	Monte S. Angelo (Foggia)	IV-V	—	3,55	59, 6300
38	4 marzo	Monte S. Angelo (Foggia)	VI	4,07	—	780, 3660
39	12 »	Medesano (Parma)	V	—	4,12	999, 0750
40	18 »	Monte S. Angelo (Foggia)	VI-VII	5,16	—	170, 804, 0300
41	11 aprile	Sarzana (La Spezia)	V-VI	—	3,88	305, 0700
42	21 »	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	IV-V	—	3,55	59, 6300
43	5 maggio	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	V	4,19	—	1.412, 5500
44	12 »	Stropio Brossasco (Cuneo)	VII	—	4,77	24, 842, 8300
45	20 giugno	Prazzo (Cuneo)	VII	—	4,77	24, 842, 8000
46	4 luglio	Lagonero (Cosenza)	VI	—	4,27	2, 097, 4800
47	12 »	Monte S. Angelo (Foggia)	VI	3,63	—	88, 6340
48	22 »	S. Demetrio Crone (Cosenza)	V	—	3,98	500, 1500
49	23 »	Maniago (Udine)	VI	4,44	—	4, 860, 6700
50	23 luglio (10 ^h 25 ^m)	»	V-	—	4,18	1.344, 3100
51	23 luglio (20 ^h 29 ^m)	»	V-	—	4,18	1.344, 3100
52	23 luglio	S. Cosmo Albanese (Cosenza)	VI	4,03	—	610, 3300
53	23 luglio	Colonna (Ferma)	V	—	(3,8)	213, 8000
54	27 settembre	Prato (Firenze)	V	—	3,64	93, 1320
55	29 »	Marzano Appio (Caserta)	V	—	3,81	215, 8250
56	9 ottobre	Stroppio (Cuneo)	V	—	3,81	215, 8250
57	13 dicembre	Carrara	V	3,89	—	320, 4800

N	Data		Zona epicentrale	I_o	M	M^*	E (energia in ergs)	
58	9	gennaio 1956	Grassano (Matera)	VII	4,41	—	10 ¹⁵	4.190,8200
59	15	»	Grisi (Palermo)	V	3,79	—	»	195,4800
60	27	»	S. Martino di Finita (Cosenza)	V	4,18	—	»	1.344,3100
61*	31	»	Istria - Monte Nevoso	VII-VIII	—	5,05	»	99.175,0000
62	1	febbraio	Cosenza (epic. in mare - profondità 215 km)	(V)	—	(3,98)	»	500,1500
63	6	»	Zafferana Etnea (Catania)	V	—	3,98	»	500,1500
64	19	»	Monte S. Angelo (Foggia)	V	—	3,79	»	195,4800
65	20	»	Argenta-Battaglia Terme (Ferrara-Padova)	V-VI	4,65	—	»	13.727,8000
66	21	»	Rovereto (Trento)	V	—	4,18	»	1.344,3100
67	22	»	Siena	VI-VII	—	4,36	»	3.272,6400
68	23	»	Siena	V-VI	—	3,88	»	305,0700
69	20	marzo	Civezza (Imperia) (probabile epic. in mare)	V	—	3,81	»	215,8250
70	26	aprile	Pietramala (Firenze) (ore 04 ^h 00 ^m)	VI	3,88	—	»	305,0700
71	26	»	Pietramala (Firenze) (ore 07 ^h 13 ^m)	V-	—	3,64	»	93,1320
72	26	maggio	Santa Sofia (Forli)	VII	5,13	—	»	147.266,0000
73	1	giugno	Envie (Cuneo)	VI	—	4,29	»	2.315,2600
74	1	»	Saluzzo (Cuneo)	(IV-V)	—	(3,57)	»	65,8870
75	3	»	Rocca S. Casciano (Forli)	VII	3,66	—	»	102,8030
76	23	luglio	Monte S. Angelo (Foggia)	V-VI	—	4,03	»	640,3300
77	16	agosto	Cittareale (Rieti)	V	3,89	—	»	320,4800
78	17	»	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	VI-VII	3,68	—	»	113,5000
79	1	settembre	Monte S. Angelo (Foggia)	V-VI	—	4,03	»	640,3300
80	22	»	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	VI	4,63	—	»	12.433,9000
81	3	ottobre	Caramanico-Tocco Casauria (Pescara)	V	3,20	—	»	10,5780
82	5	novembre	Paluzza. Treppo Carnico (Udine)	VI	4,36	—	»	3.272,6400
83	25	»	Macchiagodena (Campobasso)	VI	4,20	—	»	1.483,9000
84	26	»	Amandola-Caldarola (Ascoli-Pic. - Macerata)	V	3,51	—	»	48,9780
85	29	»	S. Angelo in Grotte-Macchiagodena (Campobasso)	V	—	3,82	»	226,7260

(*) L'epicentro di questo sisma è fuori del confine italiano ma date le notevoli ripercussioni macrosismiche estese a molti centri italiani, lo abbiamo incluso nel computo dell'energia.

N	Data	Zona epicentrale	I_o	M	M^*	E (energia in ergs)	
86	25 gennaio 1957	Pizzoli (L'Aquila)	V-VI	4,03	---	10 ¹⁵ .	640,3300
87	10 febbraio	Tolmezzo (Udine)	V	---	4,18	»	1.344,3100
88	18 »	Paluzza (Udine)	V	---	4,18	»	1.344,3100
89	23 »	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	V	---	3,79	»	195,4800
90	3 marzo	Zafferana Etnea (Catania)	V-VI	---	4,22	»	1.637,9700
91	8 »	Ragusa	V	---	3,81	»	215,8250
92	8 »	San Remo-Taggia (Imperia)	V	---	3,81	»	215,8250
93	12 »	Norcia (Perugia)	VI	4,33	---	»	2.821,6250
94	13 »	Amatrice (Rieti) - Cascia (Perugia)	V	3,59	---	»	72,7283
95	11 aprile	Petrella Salto-Varco Sab. (Rieti)	VI	3,95	---	»	431,2200
96	17 »	S. Sofia (Forli) [ore 03 ^b 22 ^m]	VII	4,44	---	»	4.860,6700
97	17 »	» » » [09 ^b 40 ^m]	VII	---	4,44	»	4.860,6700
98	17 »	» » » [10 ^b 30 ^m]	IV-V	---	3,88	»	305,0700
99	17 »	» » » [17 ^b 50 ^m]	IV	---	3,64	»	93,1320
100	17 »	» » » [18 ^b 10 ^m]	IV	---	3,64	»	93,1320
101	18 »	» » » [07 ^b 30 ^m]	III	---	3,16	»	8,6796
102	18 »	» » » [12 ^b 30 ^m]	IV	---	3,64	»	93,1320
103	19 »	» » » [04 ^b 20 ^m]	IV	---	3,64	»	93,1320
104	19 »	» » » [22 ^b 15 ^m]	IV	---	3,64	»	93,1320
105	20 »	» » » [04 ^b ea]	IV	---	3,64	»	93,1320
106	21 »	» » » [00 ^b 50 ^m]	IV	---	3,64	»	93,1320
107	27 »	» » » [22 ^b 17 ^m]	IV	---	3,64	»	93,1320
108	30 »	Pieve S. Stefano (Arezzo)	VI	4,12	---	»	999,0750
109	3 maggio	Sant'Ilario (Potenza)	V-VI	---	4,03	»	640,3300
110	3 »	Lauria (Potenza)	IV-V	---	3,55	»	59,6900
111	6 »	Naso (Messina)	V	3,86	---	»	276,3120
112	11 »	Sambuca di Sicilia (Agrigento) - S. Margherita Belice	V	---	3,81	»	215,8250
113	11 »	Sciacca (Agrigento)	IV-V	---	3,57	»	65,8872
114	16 »	Force (Ascoli Piceno)	V	3,77	---	»	177,0920
115	21 »	Palermo [epic. in mare]	VIII*	5,31	---	»	358.592,0000

(*) L'epic. di questo terremoto è in mare. La sua magnitudo calcolata dalle registrazioni ci ha consentito di attribuirgli un grado VIII all'epicentro.

N	Data		Zona epicentrale	I_0	M	M^*	E (energia in ergs)	
116	22	maggio 1957	S. Sofia (Forlì)	V	3,87	—	10 ¹⁵	290,3340
117	22	»	Mammola (Reggio Calabria)	VI	—	4,46	»	5,365,3800
118	29	»	Mammola (Reggio Calabria)	V	—	3,98	»	500,1500
119	26	giugno	Force (Ascoli Piceno)	V	—	3,51	»	48,9778
120	17	luglio	Spoletto (Perugia)	V	—	3,61	»	80,2970
121	19	»	Spoletto (Perugia)	VII	4,57	—	»	9,242,7500
122	(22	») Monte S. Angelo (Foggia)	IV	—	(3,31)	»	18,2221
123	27	»	S. Giovanni Rotondo (Foggia)	V	—	3,79	»	195,4350
124	23	agosto	Sillano (Lucca)	V	—	3,64	»	93,1320
125	27	»	Zocca (Modena)	VI	4,76	—	»	23,642,8000
126	18	ottobre	Satriano di Lucania (Potenza)	V	4,11	—	»	951,0400
127	26	»	Ramiseto (Reggio Emilia)	V-VI	—	4,36	»	3,272,6400
128	6	novembre	Montese-Zocca (Modena)	IV-V	—	3,88	»	305,0720
129	11	»	Numana (Ancona) - Porto Recanati (Macerata)	VI	4,51	—	»	6,870,6700
130	6	dicembre	Castel Giorgio (Terni) [05 ^b 55 ^m]	VII-VIII	4,63	—	»	12,433,7000
131	6	»	Acquapendente, S. Lorenzo Nuovo Castel Giorgio (Terni) [repliche del n. 130]					
			» [09 ^b 30 ^m]	V	3,75	—	»	160,4360
132	6	»	» [10 ^b 04 ^m]	IV	3,15	—	»	8,2622
133	6	»	» [10 ^b 16 ^m]	VI-VII	4,66	—	»	14,421,0000
134	6	»	» [10 ^b 55 ^m]	IV-V	3,43	—	»	32,9761
135	6	»	» [12 ^b 06 ^m]	V	3,54	—	»	56,8072
136	6	»	» [13 ^b 16 ^m]	III	—	2,85	»	1,8625
137	6	»	» [14 ^b 18 ^m]	IV	2,94	—	»	2,9255
138	6	»	» [15 ^b 04 ^m]	IV-V	3,49	—	»	44,3610
139	6	»	» [21 ^b 05 ^m]	IV	3,01	—	»	4,1352
140	6	»	» [23 ^b 56 ^m]	VI-VII	3,74	—	»	152,6870
141	8	»	» [17 ^b 35 ^m]	VI-VII	3,85	—	»	263,0250

Tabella V

Anno	Numero di terremoti di I_0 (gradi della scala Mercalli-Sieberg)											N. annuale di terr. stud.	Energia annuale calcolata in ergs
	II	III	IV	IV-V	V	V-VI	VI	VI-VII	VII	VII-VIII	VIII		
1953				(39)	12	—	2	—	—	—	—	14	$10^{15} \cdot 33425,8029$
1954	(40)	(108)	(93)	1	10	—	5	—	1	—	—	17	» $61638,7677$
1955				2	13	2	5	1	2	1	—	26	» $329005,4170$
1956				1	12	4	5	2	3	1	—	28	» $294306,5490$
1957		2	12	6	18	4	6	3	3	1	1*	56	» $459185,0577$
N. di terremoti	40	110	105	49	65	10	23	6	9	3	1	141 →	$10^{18} \cdot 1177,5615943 = 10^{21} \cdot 1,2 \sim (E \text{ dovuta ai } 141 \text{ terremoti})$
E (teoriche per gradi)	$0,01 \cdot 10^{18}$	$0,2 \cdot 10^{18}$	$2,1 \cdot 10^{18}$	$3,3 \cdot 10^{18}$	$14,2 \cdot 10^{18}$	$7,2 \cdot 10^{18}$	$54,0 \cdot 10^{18}$	$46,4 \cdot 10^{18}$	$229,2 \cdot 10^{18}$	$300,7 \cdot 10^{18}$	$417,8 \cdot 10^{18}$	→	$10^{21} \cdot 1,1 \sim (E \text{ teorica del quinquennio } 1953-57)$

(*) Questo terremoto è quello del 21 maggio 1957 sentito a Palermo di IV-V, ma che in realtà dalle registrazioni ha rivelato un valore della magnitudo di 5.31. A tale valore di M corrisponderebbe un VIII all'epicentro e come tale lo abbiamo considerato. Il suo epicentro infatti si trova in mare, come risulta dai dati forniti dall'U.S.C.G.S., e questo giustifica la mancanza di notizie macrosismiche di grado più elevato.

Tabella VI

N	Data	Zona epicentrale	I_0	M^*	M	E	R_{VII} km	R_{VI} km	R_V km	R_{IV} km	R_{III} km	R_{II} km	S km ²
1	19 luglio	S. Giov. R. (Foggia)	V	—	4,43	$10^{18,67}$	—	—	6,78	19,89	32,54	39,79	4971,37
2	5 ottobre	Cancellara (Potenza)	V	—	4,15	$10^{18,06}$	—	—	4,14	6,44	19,89	25,76	2083,64
3	19 »	Asciano (Siena)	V	—	3,47	$10^{16,66}$	—	—	4,00	9,77	15,75	22,80	1632,30
4	3 dicembre	Colleforte (Campob.)	V	—	3,95	$10^{17,64}$	—	—	4,14	11,73	25,18	30,36	2894,23
5	7 »	Radicondoli (Siena)	V	—	4,03	$10^{17,80}$	—	—	5,40	11,60	16,21	20,35	1300,34
6	14 »	Cesena (Forlì)	VI	—	4,15	$10^{18,07}$	—	6,44	18,57	26,10	32,31	—	3277,97
7	6 febbraio	Valle Caudina (Ben.)	V	3,82	—	$10^{17,36}$	—	—	2,67	7,46	10,37	13,05	534,71
8	23 marzo	Collestatte (Terni)	VI	4,09	—	$10^{17,94}$	—	3,45	—	4,60	—	7,36	170,09
9	30 »	Galeata (Forlì)	V	—	4,63	$10^{19,10}$	—	—	7,70	21,85	33,58	44,62	6251,55
10	25 aprile	Ravco (Udine)	VI	—	4,51	$10^{18,84}$	—	5,59	25,87	36,92	48,88	—	7502,24
11	9 maggio	Arcidosso (Grosseto)	V	3,64	—	$10^{16,97}$	—	—	4,14	7,13	—	14,14	627,81
12	20 novembre	Grisi (Palermo)	VI	4,29	—	$10^{18,37}$	—	2,25	5,64	13,11	17,04	21,94	1511,47
13	21 dicembre	Campfi (Teramo)	V	3,80	—	$10^{17,31}$	—	—	7,59	13,11	18,51	23,92	1796,61
14	12 marzo	Medesano (Parma)	V	4,12	—	$10^{18,00}$	—	—	4,14	11,16	18,51	27,14	2312,86
15	18 »	Monte S. Angelo (Fg.)	VI-VII	—	5,16	$10^{20,23}$	7,93	14,95	21,96	34,50	—	—	3737,38
16	23 luglio	Maniago (Udine)	VI	—	4,44	$10^{18,69}$	—	4,94	7,13	22,08	28,63	37,14	4389,56
17	23 »	S. Cosmo Albanese (Cosenza)	VI	—	4,03	$10^{17,81}$	—	2,07	4,94	13,34	—	—	558,79
18	26 »	Colonna (Roma)	V?	—	(3,8)	$(10^{1,33})$	—	—	1,40	3,47	6,61	9,69	294,85
19	29 settembre	Marzano Appio (Caserta)	V	3,81	—	$10^{1,33}$	—	—	1,02	2,96	4,78	7,35	169,62
20	9 gennaio	Grassano (Matera)	VII	—	4,41	$10^{1,62}$	5,97	15,43	25,06	44,65	63,91	76,36	18508,37
21	22 febbraio	Rovereto (Trento)	V	4,18	—	$10^{1,52}$	—	—	3,45	8,16	17,02	22,88	1643,76
22	22 »	Siena	VI-VII	4,36	—	$10^{1,52}$	—	—	4,14	11,61	17,82	24,03	1813,16
23	26 aprile	Pietramala (Firenze)	VI	—	3,88	$10^{1,48}$	—	6,86	16,93	28,47	41,61	48,47	7376,93
24	26 maggio	Santa Sofia (Forlì)	VII	—	5,13	$10^{20,17}$	4,38	14,45	23,50	27,74	35,33	—	3919,38
25	1 giugno	Envie (Cuneo)	VI	4,29	—	$10^{1,3}$	—	2,90	7,36	16,10	22,77	29,96	2807,19
26	3 »	Rocca S. Casciano (Forlì)	VII	—	3,66	$10^{1,01}$	3,22	—	13,57	20,35	31,02	38,29	4603,62
27	3 ottobre	Caramanico (Pescara)	V	—	3,20	$10^{1,0}$	—	—	5,63	11,61	15,98	21,85	1499,10

N	Data	Zona epicentrale	I_o	M^*	M	E	R_{VII} km	R_{VI} km	R_V km	R_{IV} km	R_{III} km	R_{II} km	S km ²
28	25 novembre 1956	Macchiagodena (Cam- pobasso)	VI	—	4,20	10 ^{18,17}	—	2,28	6,61	9,17	12,42	16,98	905,32
29	26 »	Amandola (Ascoli P.)	V	—	3,51	10 ^{16,69}	—	—	7,93	23,34	30,36	37,49	4413,27
30	25 gennaio 1957	Pizzoli (L'Aquila)	V-VI	—	4,03	10 ^{17,81}	—	—	2,96	20,80	29,00	—	2640,74
31	10 febbraio »	Tolmezzo (Udine)	V	4,18	—	10 ^{18,13}	—	—	5,06	17,13	30,36	—	2894,23
32	18 »	Paluzza (Udine)	V	4,18	—	10 ^{18,13}	—	—	3,22	17,13	32,43	—	3302,34
33	8 marzo »	Ragusa	V	3,81	—	10 ^{17,33}	—	—	10,81	27,94	42,55	—	5684,97
34	12 »	Norcia (Perugia)	VI	—	4,33	10 ^{18,45}	—	1,08	9,91	—	18,92	25,19	1992,46
35	11 aprile »	Petrella Salto (Rieti)	VI	—	3,95	10 ^{17,64}	—	4,11	14,25	28,81	39,24	54,97	9488,14
36	17 »	Santa Sofia (Forlì)	VII	—	4,44	10 ^{18,69}	5,88	14,84	22,84	31,60	42,33	50,86	8122,36
37	30 »	Pieve S. Stefano (Arezzo)	VI	—	4,12	10 ^{18,90}	—	2,07	7,13	15,18	24,49	40,02	5029,02
38	3 maggio »	Sant'Illario (Potenza)	V-VI	4,03	—	10 ^{17,81}	—	—	4,14	—	17,13	24,49	1883,25
39	11 »	Sambuca di Sicilia (Agrigento)	V	3,81	—	10 ^{17,33}	—	—	4,71	10,81	14,49	17,48	959,43
40	22 »	Mammola (Reggio C.)	VI	4,46	—	10 ^{18,73}	—	2,07	7,93	15,87	23,00	—	1661,06
41	19 luglio »	Spoleto (Perugia)	VII	—	4,57	10 ^{18,97}	1,25	5,07	8,15	13,62	17,10	20,80	1358,49
42	23 agosto »	Sillano (Lucca)	V	3,64	—	10 ^{16,97}	—	—	3,43	7,93	15,18	21,50	1451,46
43	27 »	Zocca (Modena)	VI	—	4,76	10 ^{19,37}	—	6,11	11,57	26,90	43,50	53,50	8987,46
44	26 ottobre »	Ramiseto (Reggio E.)	V-VI	4,36	—	10 ^{18,52}	—	2,28	3,93	8,49	15,61	23,82	1781,60
45	6 dicembre »	Castel Giorgio (Terni)	VII-VIII	—	4,63	10 ^{19,99}	6,21	12,07	18,40	27,85	34,04	42,20	5591,84

L E G E N D A :

N = numero d'ordine

M = magnitudo calcolata dalle registrazioni

M^* = magnitudo calcolata tramite le $f(I_o M)$

E = energia liberata, espressa in ergs

I_o = intensità all'epicentro secondo la scala Mercalli-Sieberg

R_n = raggi (espressi in km) delle ideali circonferenze, alle quali possono essere ricondotte le aree macrosismiche
($n =$ I; III; IV; V; VI; VII)

S = area macrosismica (in km²) delimitata dalla isosista più estesa (di II, o di III, o di IV).

RIASSUNTO

Viene esposta la necessità di esprimere in termini più rigorosi il concetto di sismicità di una regione. Orientandosi sul concetto di Magnitudo ed Energia sismica sono state calcolate due funzioni esprimenti il legame che intercorre tra la massima Intensità macrosismica di un terremoto all'epicentro e la sua Magnitudo: la prima funzione, lineare, si applica fino al grado VII Mercalli-Sieberg

$$M^* = 0,481 I_0 + 1,407 . \quad [2]$$

Per i gradi superiori al VII vale meglio la:

$$M^* = 0,024 I_0^2 + 0,206 I_0 + 2,157 . \quad [3]$$

Questa espressione, per la $I_0 \leq VII$ coincide praticamente con la [2]. Sono stati inoltre calcolati dei fattori correttivi regionali. Come applicazione dei risultati ottenuti, valendosi delle relazioni [2] e [3], attraverso la formula:

$$\log E = 9,154 + 2,147 M$$

valida per l'Italia, è stata calcolata l'energia sismica sviluppata sul suolo italiano nel periodo 1953-57.

SUMMARY

At the beginning, this work concerns the need to express more strictly the meaning of regional seismicity. Successively, starting from Magnitudo M and seismic Energy E , two expressions have been calculated, showing the connection between the maximum macroseismic Intensity I_0 of an earthquake at the epicentrum and its Magnitudo: the first expression, a linear one, may be applied up to the VIIth Mercalli-Sieberg degree:

$$M^* = 0,481 I_0 + 1,407 . \quad [2]$$

For degrees over the VIIth it is better to use the following:

$$M^* = 0,024 I_0^2 + 0,206 I_0 + 2,157 . \quad [3]$$

In the case of $I_0 \leq VII$, the latter expression is practically identical to the first.

Regional corrective factors have also been proposed.

As application of these studies, using expressions [2] and [3], and by means of the formula:

$$\log E = 9,151 + 2,147 M \text{ (Di Filippo-Marcelli)}$$

(valid for Italy)

the total seismic Energy developed in Italy, during the period 1953-57, has been calculated.

BIBLIOGRAFIA

- BÅTH M., *Seismicity of Europe*. A Progress report, I.U.G.G. Monographie n. 1, (Janvier 1960).
- BÅTH M., *The Energy of Seismic Body Waves and Surface Waves* « Contributions in Geophysics in Honor of Beno Gutenberg » 1958.
- DE PANFILIS M., *Attività sismica in Italia dal 1953 al 1957*. « Annali di Geofisica », XII, 1, (1959).
- DI FILIPPO D. - MARCELLI L., *Magnitudo ed energia dei terremoti in Italia* « Annali di Geofisica » III, 3, (1950).
- GALANOPOULOS A. G., *On Magnitudo Determination by using macroseismic Data*. « Annali di Geofisica », XIV, 3, (1961).
- GUTENBERG B. - RICHTER C. F., *Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration* (II Paper). « Bull. Seism. Soc. Amer. », Aprile 1956).
- GUTENBERG B. - RICHTER C. F., « *Magnitude and Energy of Earthquakes* » Annali di Geofisica, IX, 1, (1956).
- KARNIK Vit., *Epicentre Maps for Europe ($I_0 \geq VI$, 1901-1955)*. « Studia geoph. et geod. », 5 (1961).
- RICHTER C. F., *An Instrumental Earthquake Magnitude Scale*. « Bull. Seismol. Soc. Amer. » (Genn. 1935).
-