

LA PROTEZIONE DEL PATRIMONIO MONUMENTALE
DAL RISCHIO SISMICO Termini del Problema

MATERIALI PER L'APPROFONDIMENTO DI ALCUNI TEMI DELLA MOSTRA

1

Note sulle Caratteristiche Sismiche del Territorio Nazionale

- 1.1 Principali contributi del CNR - Progetto Finalizzato "Geodinamica" nel campo del rischio sismico e dell'ingegneria sismica
- 1.2 Sulla raccolta, catalogazione e analisi delle notizie di sismica storica
- 1.3 Catalogo dei terremoti avvenuti in Italia dal 1000 al 1975
- 1.4 Nota sulla rete accelerometrica nazionale
- 1.5 Le scale macrosismiche

LA PROTEZIONE DEL PATRIMONIO MONUMENTALE
DAL RISCHIO SISMICO Termini del Problema

MATERIALI PER L'APPROFONDIMENTO DI ALCUNI TEMI DELLA MOSTRA

1.1 Giuseppe Grandori

Principali Contributi del CNR - Progetto Finalizzato
"Geodinamica" nel Campo del Rischio Sismico e dell'In-
gegneria Sismica

1 Definizione del Campo Macrosismico per il
Territorio Italiano sulla Base dei Dati e
delle Metodologie già Disponibili

L'elenco ufficiale dei Comuni italiani, nei quali le costruzioni devono essere progettate ed eseguite secondo le norme che assicurano una elevata resistenza ai terremoti, era all'inizio del Progetto (ed è ancora in buona parte) del tutto insoddisfacente dal punto di vista scientifico. La sua inadeguatezza è stata del resto sottolineata drammaticamente dagli eventi sismici degli ultimi anni, i quali hanno in molti casi colpito Comuni non inclusi nell'elenco stesso.

Uno studio completo del problema, tale da condurre ad una revisione dell'elenco dei Comuni sismici che sia soddisfacente da tutti i punti di vista, richiede ricerche lunghe e complesse, comprendenti la messa a punto di nuove metodologie nonché la raccolta e l'elaborazione di una grande massa di dati.

I ricercatori del Progetto hanno tuttavia ritenuto che,

nel frattempo, utilizzando i dati e le metodologie già disponibili, fosse possibile procedere ad una revisione dell'elenco dei Comuni sismici tale da eliminarne le più gravi carenze. Questa revisione è stata condotta a termine da un apposito gruppo di lavoro e gli elaborati conclusivi (carte di rischio sismico) sono stati consegnati al Ministero dei Lavori Pubblici come base per le deliberazioni di competenza.

Il Ministero dei Lavori Pubblici ha poi richiesto agli operatori del Progetto di procedere ad ulteriori elaborazioni e di formulare una proposta precisa circa i Comuni da includere nell'elenco di quelli sismici, con priorità per le Regioni Lazio, Marche ed Umbria per le quali una recente legge prescriveva una rapida revisione. Il Progetto ha allora costituito un nuovo apposito gruppo di lavoro che ha formulato la proposta di revisione richiesta per le tre Regioni: tale proposta è stata fatta propria dalla apposita Commissione ministeriale e segue ora l'iter legislativo.

E' stata successivamente approntata dallo stesso gruppo di lavoro la proposta di revisione per l'intero territorio italiano.

2 Rielaborazione dei Dati e delle Metodologie per una Revisione e un Completamento dei Risultati della Fase Precedente

Come detto più sopra, uno studio completo del problema richiede la messa a punto di nuove metodologie e la raccolta ed elaborazione di una grande massa di dati. Questo lavoro è stato avviato. Le tappe concrete principali che sono state compiute

te sono le seguenti.

2.1 Catalogo dei terremoti

In collaborazione con l'ENEL, che aveva avviato autonomamente studi nello stesso settore, è stata eseguita una accurata raccolta dei dati storici disponibili circa gli eventi sismici verificatisi nel territorio italiano. L'esame critico di tali dati ha consentito di pervenire ad un catalogo storico dei terremoti italiani che costituirà una base completa ed attendibile per gli studi statistici sul rischio sismico.

2.2 Atlante delle isosisme

Dai dati storici è possibile ricavare, oltre alle informazioni che vengono raccolte nel catalogo dei terremoti, altre preziose indicazioni. In particolare è possibile ricostruire, almeno per i terremoti ben documentati e di notevole intensità, le "isosisme": la mappa delle isosisme di un terremoto consente di studiare le leggi di propagazione del fenomeno sismico, essenziali nella analisi del rischio.

E' stato realizzato un atlante contenente le mappe delle isosisme di circa 200 terremoti violenti verificatisi in Italia.

2.3 Carta sismotettonica italiana

Gli studi statistici basati sui dati storici devono esse

re integrati con le informazioni che possono essere ricavate dalle conoscenze fisiche riguardanti il fenomeno sismico.

Un primo passo nella raccolta ed elaborazione organica di tali informazioni consiste nella costruzione della carta si smotettonica, che consente di porre in relazione l'attività si smica con le principali caratteristiche tettoniche del territo rio.

3 Definizione delle Tecniche di Intervento sulle Vecchie Costruzioni e Studio delle Strategie di Intervento Possibili

E' ben noto che la maggior parte delle vittime e dei dan ni causati dai terremoti in Italia deriva dal pessimo comporta mento delle vecchie costruzioni (per lo più in muratura di pie trame o mattoni, con solai in legno) eseguite prima dell'entra ta in vigore delle norme antisismiche. Questa situazione di fatto pone un gravissimo problema sociale, di dimensioni econo miche non facilmente definibili, ma certamente molto grandi.

I ricercatori del Progetto hanno affrontato il problema essenzialmente da due punti di vista. Dal punto di vista tec nologico, per definire con quali modalità e quali costi sia pos sibile intervenire sulle vecchie costruzioni al fine di dotar le di adeguata resistenza ai terremoti. Dal punto di vista del la programmazione, per individuare possibili strategie di in tervento a livello nazionale.

Risultati concreti sono stati raggiunti soprattutto nel campo tecnologico. Essi sono riassunti in un manuale per la ri

parazione ed il rafforzamento delle vecchie costruzioni in zona sismica.

4 Studi Riguardanti le Nuove Costruzioni

I numerosi studi condotti dai ricercatori del Geodinamica sulla progettazione delle costruzioni in zona sismica, oltre ad arricchire ovviamente le conoscenze di base, hanno condotto alla formulazione di proposte per una profonda revisione della normativa tecnica. Tale revisione è stata effettuata con la de terminante partecipazione dei ricercatori del Progetto, presso il Consiglio Superiore del Ministero dei Lavori Pubblici.

5 Alcuni Commenti sull'Organizzazione della Ricerca all'Interno del Progetto

Complessivamente, lo sforzo compiuto dai ricercatori afferenti al settore rischio sismico e ingegneria sismica per co ordinare le proprie ricerche, finalizzandole al conseguimento degli obiettivi del progetto, è stato notevole ed ha prodotto buoni risultati sia sul piano della evoluzione del comportamen to della comunità scientifica sia per quanto riguarda il rag giungimento o l'avvicinamento a soluzioni operative di proble mi concreti.

Il settore rischio sismico ha richiesto particolare impe gno per la quantità di dati da trattare, per la necessità di coinvolgere un elevato numero di ricercatori spesso provenien

ti da tradizioni culturali molto diversificate anche all'inter-
no della sismologia e, soprattutto, perché gli obiettivi ri-
chiedevano una stretta interazione fra sismologi ed ingegneri.
Questa interazione è sempre stata assai scarsa sia in Italia
sia in campo internazionale: il livello di cooperazione raggiun-
to nel Geodinamica, pur con tutte le perduranti difficoltà e ca-
renze, è da considerare un grosso passo avanti ed è auspicabi-
le che sia i ricercatori sia i responsabili della politica del-
la ricerca si adoperino affinché il processo non si arresti ma
anzi si arricchisca e si completi.

Anche gli interventi di emergenza a valle di terremoti
violenti hanno registrato i benefici del coordinamento. Molta
strada è tuttavia ancora da percorrere e l'istituzione della
"struttura di pronto intervento" prevista nel progetto 1980 è
un passo importante su questa strada.

Allegato 1

PUBBLICAZIONI DEL PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICA :
Sottoprogetto "Rischio Sismico e Ingegneria Sismica"

- 3 E.GRANDORI, G.GRANDORI: "An application of decision theory in seismic zoning", 6th World Conference on Earthquake Engineering, New Delhi, 1977.
- 6 F.MAINARDI, G.SERVIZI, G.TURCHETTI: "On the propagation of seismic pulses in a porous elastic solid", Journ. of Geophys. 43, 83-94 (1977).
- 7 A.PIVA: "Finite elastic analysis of a shear crack problem", Acta Mechanica, 28, 321-328 (1977).
- 8 M.BONAFEDE, E.BOSCHI, E.DI CURZIO: "Seismic dislocation theory for pre-stressed thermoelastic media".
- 9 P.BALDI, D.POSTPISCHL, M.UNGUENDOLI, E.BOSCHI: "Strain measurements in the Ancona area".
- 10 M.BONAFEDE, E.BOSCHI: "Description of seismic sources in a pre-stressed, self-gravitating, thermo-visco-elastic earth model".
- 27 D.BENEDETTI, E.VITIELLO: "Ductility of R.C. buildings during Friuli earthquake", Atti del Seminario Internazionale sul Terremoto del Friuli - CISM, Udine, dic. 1976; Bollettino Geofisico, 19.
- 28 D.BENEDETTI, E.VITIELLO: "Implicit design loads of Friuli R.C. damaged buildings", ib.
- 29 V.PETRINI, P.SETTI, G.COLOMBO, C.RAFFA: "On the behaviour of a R.C. buildings with suspended floors during the Friuli earthquake on may, 1976", ib.
- 30 V.PETRINI, E.VITIELLO: "Dynamic analysis of Friuli R.C. damaged buildings", ib.
- 31 U.CRESCENTI, T.NANNI, R.RAMPOLDI, M.STUCCHI: "Ancona: considerazioni sismo-tettoniche", Bollettino di Geofisica Teorica ed

N.B.: Il n° indicato a fianco di ogni titolo è quello delle pubblicazioni CNR - PFG relative al sottoprogetto.

- Applicata, 73-74, Trieste (1977).
- 34 G.M.LECHI, T.NANNI, R.RAMPOLDI: "Ancona: tettonica classica e da satellite a confronto correlazione con gli eventi sismici", Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 73-74, Trieste (1977).
- 41 P.COSENTINO: "Frequency-magnitude statistical parameters with reference to some zoning problems", paper read at the International School of Applied Geophysics - Erice (Trapani - Italy), 13-23 aprile 1977; Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata (1978).
- 55 A.CECCHI: "Comportamento elastico e rigido-plastico di telai spaziali", Giornale del Genio Civile, ott.-dic. (1978).
- 64 F.MAINARDI, G.SERVIZI, G.TURCHETTI: "Application of Pade approximants to elastic wave propagation problems", in "Modern Problems in Elastic Wave Propagation", J.Miklowitz & J.D.Achenbach Ed., Wiley, New York, pp. 103-119, 1978.
- 66 A.CASTELLANI, V.PETRINI, R.RAMPOLDI, R.RICCIONI, A.MARCELLINI: "Seismic waves modification at Hilly sites", 6th European Conference on Earthquake Engineering, Dubrovnik, sept. 1978.
- 67 E.GRANDORI, G.GRANDORI, V.PETRINI: "Engineering decisions and seismic risk prevention", IABSE-ISMES Seminar on Constructions in Seismic Zones, Bergamo-Udine, maggio 1978.
- 68 T.CREPELLANI, A.LOI: "Procedimento numerico-statistico per l'analisi dei risultati di prove penetrometriche su vasta scala".
- 70 D.BENEDETTI, E.VITIELLO: "Statistical modeling of seismic damages", 6th WCEE, New Delhi, 1977.
- 71 D.BENEDETTI, E.VITIELLO: "Strengthening of masonry buildings", IABSE-ISMES Seminar on Constructions in Seismic Zones, Bergamo-Udine, maggio 1978.
- 72 D.BENEDETTI, E.VITIELLO: "Optimal aseismic structural standards for the replacement of existing buildings", Engineering Optimization, III, 4 (1978).
- 73 V.PETRINI: "Comparative seismic risk analysis of different buildings in the same site", 6th ECEE, Dubrovnik, sept. 1978.

- 75 P.COSENTINO: "Seismicity and Earthquake risk in western Sicily", 26th Meeting-Assembly of the Associazione Geofisica Italiana, Roma, apr. 1977.
- 84 A.CASTELLANI, R.RICCIONI, G.ROBUTTI: "Surface effects on seismic waves at mountain sites", IABSE-ISMES Seminar on Constructions in Seismic Zones, Bergamo-Udine, maggio 1978.
- 103 G.GRANDORI: "Analisi costi-benefici in ingegneria sismica", Convegno Italo-Sovietico, Reggio Calabria-Cosenza, sett. 1978.
- 114 P.BALDI, D.POSTPISCHL, M.UNGUENDOLI, S.SERBINI: "Movimenti recenti del suolo nell'area italiana", Annali di Geofisica, XXX, 4 (1977).
- 120 C.CHIARUTTINI, F.CROSILLA, L.SIRO: "Leggi di attenuazione e carta delle accelerazioni composte massime per il terremoto del Friuli del 1976", Industria delle Costruzioni, 11 (1978).
- 122 L.SIRO: "Risposte sismiche locali: stato delle conoscenze, l'analisi della sismicità di un'area", Geologia Tecnica, 1 (1978).
- 123 L.SIRO: "Esame critico di metodi disponibili per la microzonazione sismica. Alcune proposte di ricerca".
- 129 D.BENEDETTI, E.VITIELLO: "Engineering Aspects of Friuli earthquake - Structural damage analysis", 6th ECEE, Dubrovnik, sept. 1978.
- 151 C.CHIARUTTINI, F.CROSILLA, L.SIRO: "Some maximized acceleration analysis of the 1976 Friuli earthquakes".
- 166 B.DE VIVO, D.DIETRICH, I.GUERRA, G.IANNACCONE, G.LUONGO, P.SCANDONE, R.SCARPA, E.TURCO: "Carta sismotettonica preliminare dell'Appennino meridionale".
- 167 F.MAINARDI, G.SERVIZI, G.TURCHETTI: "A variational approach to elastic wave propagation in anomalous layers", Geophys.J. R. Astr. Soc., 59, 79-90 (1979).
- 182 P.BALDI, G.MONACCHI, D.POSTPISCHL: "Un programma FORTRAN per la correzione topografica nel calcolo delle domande di BOUGUER".
- 183 P.BALDI, D.POSTPISCHL: "Gravity variation during preseismic

- crustal deformation".
- 185 D.BENEDETTI, M.L.CASELLA: "Sul rafforzamento antisismico di una parete di controvento in muratura".
- 194 T.CRESPELLANI, A.LOI: "Application of cluster analysis to seismic microzonation", Istituto di Scienza delle Costruzioni, Cagliari, 1979.
- 195 T.CRESPELLANI, A.LOI: "Sull'impiego dell'analisi fattoriale nella esplorazione geotecnica del sottosuolo", Istituto di Scienza delle Costruzioni, Cagliari, 1978.
- 196 T.CRESPELLANI: "Note sul problema della classificazione dei suoli nell'ambito della microzonazione".
- 197 M.MAISTRELLO, A.MARCELLINI, R.RAMPOLDI, V.PETRINI: "An attempt to reconstruct some features of the may 6 1976 Friuli earthquake by means of aftershocks", Tectonophysics, 67 (1980).
- 198 P.ZANON: "Resistenza e duttilità di angolari tesi bullonati", Costruzioni Metalliche, 3 (1979).
- 199 G.BALLIO, A.GOBETTI, P.ZANON: "Simulation of dynamic behaviour of pin jointed structures with a non symmetrical constitutive law", Congresso Numerical Method for Engineering, Sorrento, 1979.
- 200 C.ALONGI, E.VITIELLO: "Analisi parametrica dell'influenza delle murature in edifici multipiano soggetti ad azione sismica".
- 201 C.EVA, F.GRAZIANO, F.MERLANTI: "Some investigations on microseismic noise in the Magra Valley (Italy)", Rivista Italiana di Geofisica e Scienze Affini, V (1978-1979).
- 205 R.BURRIDGE, F.MAINARDI, G.SERVIZI: "Soil amplification of plane seismic waves", Sympson Mathematical Geophysics, Caracas, 1978; Phys. Earth Planet. Int., 22 (1980).
- 206 G.BALLIO, A.GOBETTI, P.ZANON: "Analytical computations of dynamic behaviour of pin jointed structures", Congresso Environmental Forces on Engineering Structures, London, July 3-7, 1979.
- 213 D.BENEDETTI, A.CASTELLANI: "Comparative tests on strengthened stone-masonry buildings", 2nd U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Stanford, Cal. USA, August 22-24 1979.
- 214 D.BENEDETTI, A.CASTELLANI, L.FORMIS: "Strutture in muratura:

- verifica sperimentale di un metodo di calcolo della resistenza alle azioni sismiche".
- 215 E.FACCIOLI, D.AGALBATO: "Attenuation of strong-motion parameters in the 1976 Friuli, Italy, earthquakes", 2nd U.S. NCEE, Stanford, Cal. U.S.A., August 22-24 1979.
- 216 E.GRANDORI, G.GRANDORI, V.PETRINI: "A discussion of 'Non-linear' magnitude-frequency laws", 2nd U.S. NCEE, Stanford, Cal. U.S.A., August 22-24 1979.
- 226 F.FOCARDI, E.MANZINI: "Sul comportamento elastoplastico di telai spaziali sollecitati da forze orizzontali", pubblicato anche nel 280.
- 227 V.PETRINI et Al.: "Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale".
- 246 G.BALLIO: "Considerazioni sul progetto di strutture in acciaio in zona sismica", Convegno C.T.A., ott. 1979; Costruzioni Metalliche, 2 (1980).
- 262 E.FACCIOLI: "Engineering seismic risk analysis of the Friuli region", Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, XXI, 83 (1979).
- 263 G.CROCI, M.CERONE: "Lo sviluppo dell'effetto arco nelle pareti in muratura", Istituto di Scienza delle Costruzioni, Roma, 255.
- 280 "Atti del Convegno 1978 (gennaio 1979) - Temi 2.6, 7, 9, 10, 11".
- 281 F.MAINARDI, G.SERVIZI, G.TURCHETTI: "On the scalar wave propagation in a random elastic layer", Nuovo Cimento 3C (1980).
- 282 F.MAINARDI, G.TURCHETTI: "On the inverse amplification problem for an elastic layer", Proceed. Rencontre Problèmes Inverses, Montpellier, ott. 1979.
- 301 B.BACCHELLI, B.BETRO', M.DEMARTIN, R.RAMPOLDI: "Alcune considerazioni sulla sismicità dell'Appennino centrale", Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, 86, Trieste (1980).
- 304 P.GARDELLINI, M.C.SPADEA: "Bibliografia sismologica delle regioni italiane".

- 306 F.FOCARDI, E.MANZINI: "Modello di carico per la simulazione di azioni sismiche", l'Industria Italiana del Cemento, 4 (1981).
- 307 G.BARROCU, T.CREPELLANI, A.LOI: "Caratteristiche geologico p.I - tecniche dei terreni dell'area urbana di Cagliari", Rivista Italiana di Geotecnica, 3 (1980).
- 307 G.BARROCU, T.CREPELLANI: "Carta geologico-tecnica dei terreni dell'area urbana di Cagliari", Rivista Italiana di Geotecnica, 3 (1980).
- 322 P.GASPERINI, D.POSTPISCHL: "Criteri per la rappresentazione automatica dei dati ipocentrali".
- 323 P.BALDI, S.ZERBINI: "An automatic procedure for the definition of the observation programs in geodetic astronomy".
- 327 D.POSTPISCHL, P.RUFFO: "Una tecnica di pattern recognition applicata alla sismologia".
- 337 E.FACCIOLI: "On the use of the RMS acceleration as a measure of soil amplification in strong earthquakes", 7th WCEE, Istanbul, sept. 8 - 13 1980.
- 361 V.PETRINI et Al.: "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale".
- 367 "Consolidamento degli edifici in muratura lesionati dai terremoti".
- 379 P.BALDI, I.MARSON: "Gravity and geodetic networks for the study of crustal deformations in seismic area".
- 382 A.PARUCCI, M.MEZZI: "Effetti dei moti sismici bidirezionali nelle costruzioni di cemento armato", Convegno Gruppo CNR Azioni Sismiche e del Vento sulle Costruzioni, Genova, 1-2 dic. 1979.
- 383 A.PARUCCI, M.MEZZI: "Non symmetric response of symmetric R-C structures to biaxial seismic input", 7th WCEE, Istanbul, sept. 8 - 13 1980.
- 384 A.PARUCCI, M.MEZZI: "Repeated horizontal displacement of infilled frames having different stiffness and connecting system-experimental analysis", 7th WCEE, Istanbul, sept. 8 - 13 1980.

- 385 A.PARUCCI: "Considerazioni sul comportamento delle costruzioni di cemento armato durante il terremoto del 23 novembre 1980", Industria Italiana del Cemento, gennaio (1981).
- 386 A.PARUCCI et Al.: "Terremoto del 23 novembre 1980. Analisi del comportamento degli edifici antisismici di cemento armato nel Comune di Sant'Angelo dei Lombardi", Convegno Straordinario CNR-PFG, Roma, 27-28 genn. 1981.
- 387 G.FERRARI, D.POSTPISCHL: "Le scale macrosismiche".
- 388 D.POSTPISCHL: "The recurrence of large earthquake in Italy".
- 398 C.CHESE, E.MITSOPOULOU: "Effetto di un manto impermeabilizzante sul comportamento sismico di un edificio", l'Industria Italiana del Cemento, 5 (1981).
- 417 C.BIANCHI, C.BORRI, A.CECCHI, A.CECOTTI, E.PATARA: "Indagini sulle condizioni statiche degli edifici di un centro industriale campano colpito dal sisma del 23.11.1980", Convegno Straordinario CNR-PFG, Roma, 27-28 genn. 1981; Industria delle Costruzioni, ottobre (1981).
- 418 L.DECANINI, A.PARUCCI: "Coefficienti sismici relativi di oscillatori elasto-plastici sulla base delle registrazioni dei terremoti friulani del 1976".
- 419 A.PARUCCI: "Una scheda per il rilevamento sintetico dei danni agli edifici dopo un evento disastroso".
- 428 F.FOCARDI, E.MANZINI: "Parametri cinematici elastoplastici di telai spaziali asimmetrici rilevati su prototipi in acciaio", Università di Firenze, Istituto di Ingegneria Civile, UFIST-07-1981.
- 437 C.BIANCHI, F.FOCARDI, E.MANZINI: "Resistenza di ancoraggi realizzati con malte espansive: risultati sperimentali preliminari", Università di Firenze, Istituto di Ingegneria Civile, UFIST-07-1980.
- 438 C.BIANCHI: "Sull'influenza della rigidità torsionale nel comportamento dei telai spaziali ad impalcato rigido in campo elasto-plastico", Università di Firenze, Istituto di Ingegneria Civile, UFIST-06-1980.
- 442 "Pericolosità sismica e politica di difesa dai terremoti in Italia".

- 466 C.ALONGI, A.CASTELLANI, M.A.PARISI: "Modelling of brick masonry", 7th ECEE, Atene, sept. 20 - 25 1982.
- 472 A.CASTELLANI, A.PEARO, L.SARDELLA: "On analytical and numerical techniques for seismic analysis of topographic irregularities", 7th ECEE, Atene, sept. 20 - 25 1982.
- 476 D.BENEDETTI, M.L.CASELLA: "Il comportamento di murature a sacco soggette a forze taglienti - Confronto tra diversi metodi di consolidamento", Industria delle Costruzioni, gennaio (1982).
- 483 D.BENEDETTI, L.FORMIS: "Considerazioni sull'efficacia e sui costi dei sistemi di consolidamento antisismico degli edifici in muratura di pietrame", Industria delle Costruzioni, 3 (1982).
- 484 D.BENEDETTI, A.CASTOLDI: "Dynamic and static experimental analysis of stone masonry buildings", 7th ECEE, Atene, sept. 20 - 25 1982.
- 485 M.A.PARISI: "A computer based methodology for the study of dependent random variables and applications to earthquake engineering", Techn. Rep. D.I.S., 5 (1982).
- 489 F.MAINARDI, G.SERVIZI, G.TURCHETTI: "Modelli matematici per l'amplificazione sismica", Giornate di Studio "Modelli Matematici in Sismologia", Università della Calabria, 2 - 4 luglio 1981.
- 495 M.FERRARIS, V.MIDORO, M.OTT, M.STUCCHI: "Che cosa sono i terremoti e come possiamo difenderci", Un Prototipo di Corso per una Nuova Didattica, Scuola Democratica 1982.
- 500 V.ACHILLI, P.BALDI, D.POSTPISCHL, M.UNGUENDOLI: "La rete geodetica di Ancona", Gruppo di Ricerca in Geofisica, 1982.
- 501 G.GRANDORI, E.GRANDORI: "Some probabilistic aspects of earthquake prediction".
- 502 G.GRANDORI: "Cost-benefit analysis in earthquake engineering", 7th ECEE, Atene, sept. 20 - 25 1982.
- 503 AA.VV.: "Southern Italy november 23, 1980, earthquake", 7th ECEE, Atene, sept. 20 - 25 1982.

LA PROTEZIONE DEL PATRIMONIO MONUMENTALE
DAL RISCHIO SISMICO Termini del Problema

MATERIALI PER L'APPROFONDIMENTO DI ALCUNI TEMI DELLA MOSTRA

1.2 ENEA - PAS/ISP - Laboratorio Ingegneria dei Siti

Sulla Raccolta, Catalogazione e Analisi delle Notizie di
Sismica Storica

L'esperienza acquisita nella raccolta e catalogazione delle notizie di sismica storica in Italia ha messo in evidenza:

- 1) le problematiche che insorgono nelle fasi di raccolta e catalogazione;
- 2) l'importanza dell'analisi critica delle fonti bibliografiche;
- 3) la non uniforme distribuzione temporale ed areale delle notizie, che si riflette pesantemente sulla omogeneità e completezza dei cataloghi ed atlanti.

In Italia la quantità di notizie di sismica storica ancora da catalogare è certamente molto grande, tanto che non è esagerato ritenere che accurate ricerche possano condurre a triplicare il numero delle scosse sismiche contenute nei più recenti cataloghi nazionali ed a migliorarne considerevolmente la qualità.

Le fonti bibliografiche dalle quali si possono attingere notizie sui terremoti storici, in special modo quelle sismologi

che, presentano uno sviluppo molto lento fin verso la metà del secolo scorso; a partire dal quale si ha invece un'esplosione di studi, cataloghi, relazioni, bollettini, ecc.

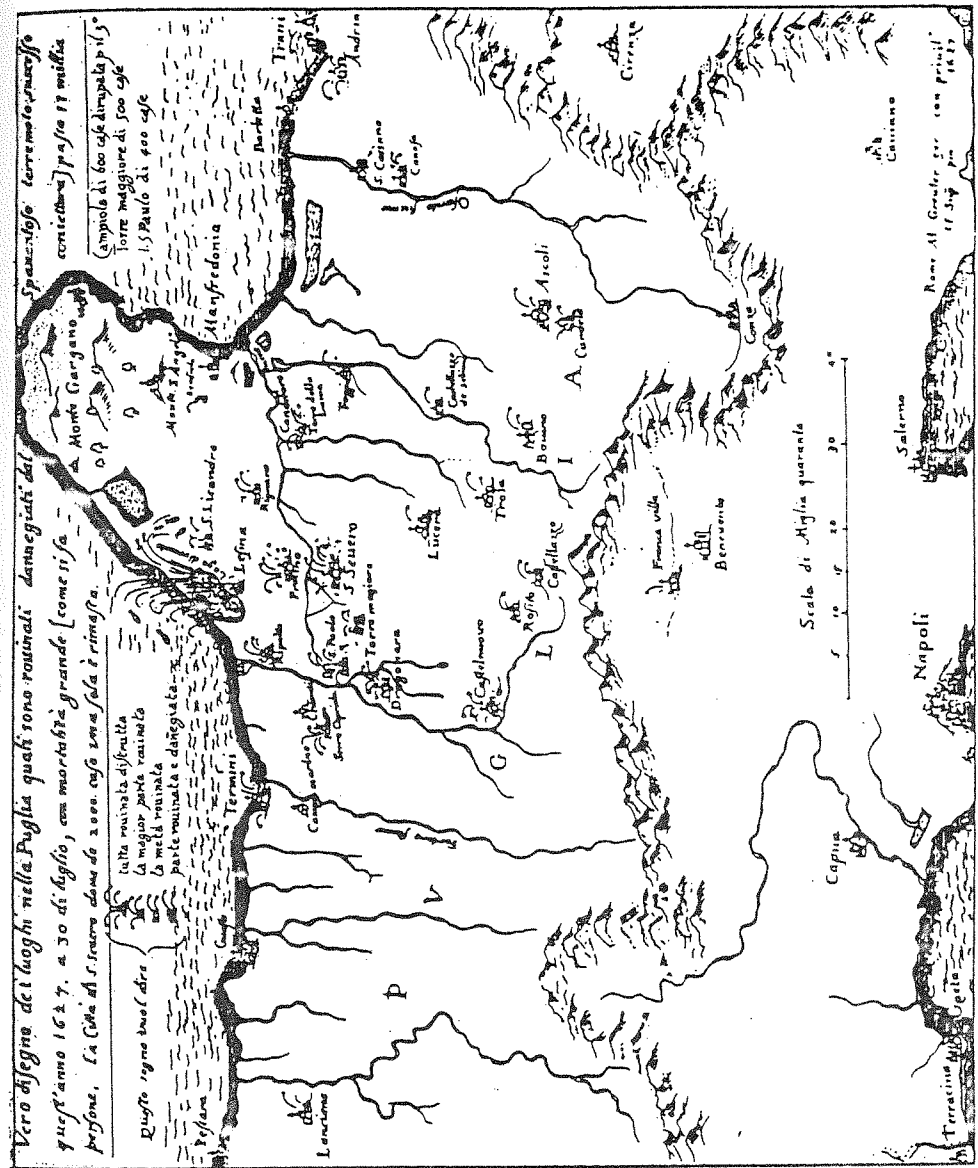
Il primo catalogo sismico rinvenuto di recente è rappresentato da un manoscritto in latino del 1457 dell'umanista G. Manetti. Esso contiene l'elencazione di 210 terremoti verificatisi per la massima parte in Italia e nell'area mediterranea e tratti dalla letteratura classica. Occorre attendere sino alla seconda metà del '600 per avere altri cataloghi.

Le prime relazioni su un singolo evento riguardano la descrizione dei danni prodotti dal grande terremoto che nel dicembre del 1456 colpì duramente una vasta area dell'Italia centro-meridionale.

Le prime carte sismiche e le prime scale di intensità macrosismica si riferiscono al terremoto verificatosi al margine settentrionale della Puglia nel 1627 (fig. 1).

In Italia la quantità e qualità delle notizie facenti riferimento ad eventi sismici, in linea generale, aumentano progressivamente col trascorrere del tempo. Quindi la disuniformità della distribuzione delle fonti bibliografiche nel tempo si riflette pesantemente sulla omogeneità e completezza di cataloghi e atlanti.

La quantità e qualità delle notizie sismiche relative alle varie regioni italiane è inoltre condizionata dall'evoluzione storica, dalle condizioni sociali, economiche e culturali delle medesime. Così Roma, Venezia, Firenze, Napoli ed altre città sono state importanti centri politici, economici e cultu-



rali in periodi diversi ed è in questi periodi che sono state prodotte maggiori informazioni sismiche.

Le notizie tratte dalle fonti bibliografiche, quando complete, forniscono elementi sulla data, ubicazione e durata di una scossa, sul numero delle scosse di una crisi sismica, nonché descrizioni degli effetti del terremoto sull'uomo, sui manu fatti e sull'ambiente. Questi ultimi dati sono importantissimi poiché da essi si ricava l'intensità e la sua distribuzione areale. Da questa è generalmente possibile risalire alla localizzazione dell'epicentro della scossa e, talora, tracciare direzioni di propagazione delle onde sismiche nonché valutare, se pur grossolanamente, la profondità ipocentrale.

E' sovente un compito piuttosto arduo interpretare e valutare correttamente le notizie di sismica storica, poiché richiede un attento ed approfondito esame critico delle fonti.

In primo luogo, è norma ovvia e fondamentale attribuire un peso maggiore alle notizie riferite da autori contemporanei agli eventi sismici ed uno minore a quelle riferite da autori posteriori.

E' evidente l'utilità di operare su notizie originali anziché su notizie riportate. Queste ultime infatti talora risultano travisate o addirittura inventate, mentre le prime sono in genere raccolte in loco, subito dopo l'evento e spesso descritte da testimoni oculari. Tuttavia è da tener presente che la qualità delle notizie riportate dagli autori contemporanei dipende dalla capacità di osservazione e descrizione, nonché dal-

le ragioni e dagli interessi (politici, amministrativi, religiosi, scientifici) di chi scrive. Un attento esame ed un confronto tra notizie riportate da più autori contemporanei permette in genere di operare delle scelte.

Per quanto riguarda le notizie riportate solo da scrittori posteriori agli eventi e prive di riferimenti bibliografici alle fonti originali, l'esperienza insegna che l'esame critico sulla loro attendibilità deve essere particolarmente attento. Infatti non è raro il caso, come prima accennato, di trascrizioni che riprendono o riassumono notizie originali falsandole e travisandole, in genere ingigantendo l'entità dei danni e il numero delle vittime. Talora, per i periodi più antichi, può risultare addirittura incerta l'esistenza stessa dei terremoti descritti.

Gli autori posteriori risultano invece utilissimi quando forniscono notizie ricavate da piccoli archivi, biblioteche private, ecc. che difficilmente verrebbero acquisite con una normale anche se ampia ricerca bibliografica.

In Italia, l'uso delle scale d'intensità, come già accennato, risale alla prima metà del '600 mentre la loro utilizzazione sistematica è iniziata solamente nella seconda metà dell' '800.

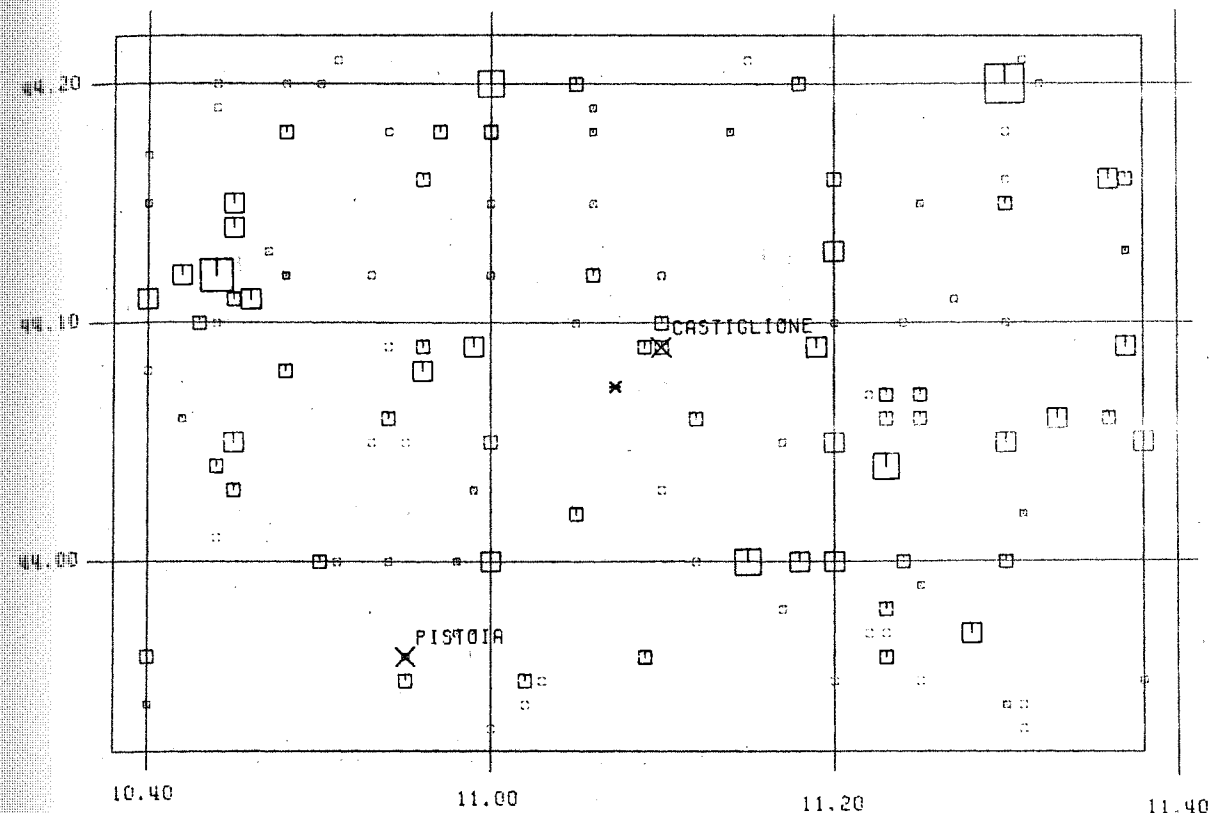
Le scale macrosismiche più usate sono state quelle di De Rossi (dal 1872), De Rossi-Forel (dal 1883), Mercalli I (dal 1883), Mercalli II (dal 1902) e quindi Mercalli-Campani-Sieberg (dal 1917) in uso anche attualmente assieme alla Medvedev-Sponheuer-Karnik (dal 1964) e infine la Mercalli Modificata (dal 1956).

Necessario complemento di ogni catalogo è l'atlante macrosismico contenente la raccolta delle carte delle isosisme che è possibile compilare. Nella stragrande maggioranza dei casi si riferiscono a terremoti piuttosto recenti (ultimi 100-150 anni), molto più raramente ad eventi antichi e relativi soltanto ad eventi disastrosi ed interessanti vaste aree.

Queste premesse hanno lo scopo di informare gli utilizzatori dei cataloghi e degli atlanti macrosismici che i dati in essi contenuti, anche se rappresentati da numeri, non hanno sempre un valore univoco ed assoluto.

E' comunque da mettere in risalto che cataloghi ed atlanti macrosismici, quanto più possibile corretti e completi, forniscono un gran numero di elementi di indagine sul comportamento delle strutture tettoniche sismogenetiche e, più in generale, sugli aspetti riguardanti il rischio sismico.

Da quanto sopra esposto appare evidente che un catalogo sismico, per completo ed accurato che sia, non solo è sempre affetto da incertezze sui parametri delle scosse, ma non riporta mai completamente tutte le scosse "realmente avvenute" in una data area sia relativamente ad un dato intervallo temporale che per una data soglia di intensità. E' allora chiaro che qualsiasi utilizzo del suo contenuto informativo deve essere preceduto da una caratterizzazione preliminare dei dati in esso contenuti in termini di completezza ed accuratezza. A scopo illustrativo è riportata un'analisi tipica di un catalogo macrosismico effettuata su di un'area rettangolare (fig. 2).



BRASIMONE

× SITO DEL BRASIMONE

N. DI RICORRENZE	1	○
	2-4	□
	5-16	◻
	17-32	◻
	33-64	◻
	>64	◻

INTERVALLO DI INTENSITA=0. - 12.

INTERVALLO DI ANNI=1725 - 1975

Fig. 2 - Mappa dell'area in esame con ricorrenze epicentrali.

Il metodo statistico di U. Stepp, secondo le modifiche proposte da Iacurto et al., permette di individuare, per ciascun intervallo di intensità, la corrispondente soglia di totale incompletezza, ovvero l'anno a partire dal quale, andando indietro nel tempo, il catalogo è così pesantemente incompleto da non essere utilizzabile ai fini di qualsiasi analisi statistica (fig. 3).

I risultati di questo studio sono presentati nella seguente tabella in cui è anche riportato, relativamente a ciascuna classe di intensità l'intervallo in anni a cui è consigliabile restringere l'analisi.

INTENSITA'	SOGLIA DI TOTALE INCOMPLETEZZA	INTERVALLO DI UTILIZZABILITA'
$I \geq 8.$	1375	600
$6. \leq I < 8.$	1575	400
$4. \leq I < 6.$	1725	250

I risultati di cui sopra, mostrano come l'intervallo di utilizzabilità tende ad allargarsi procedendo da intensità macrosismi che più basse ad intensità più elevate. Ciò è da collegare con il fatto che gli eventi di bassa intensità possono più facilmente non essere stati segnalati dai contemporanei.

Un ulteriore metodo per lo studio della completezza di dati sismici è rappresentato dall'esame della loro distribuzione

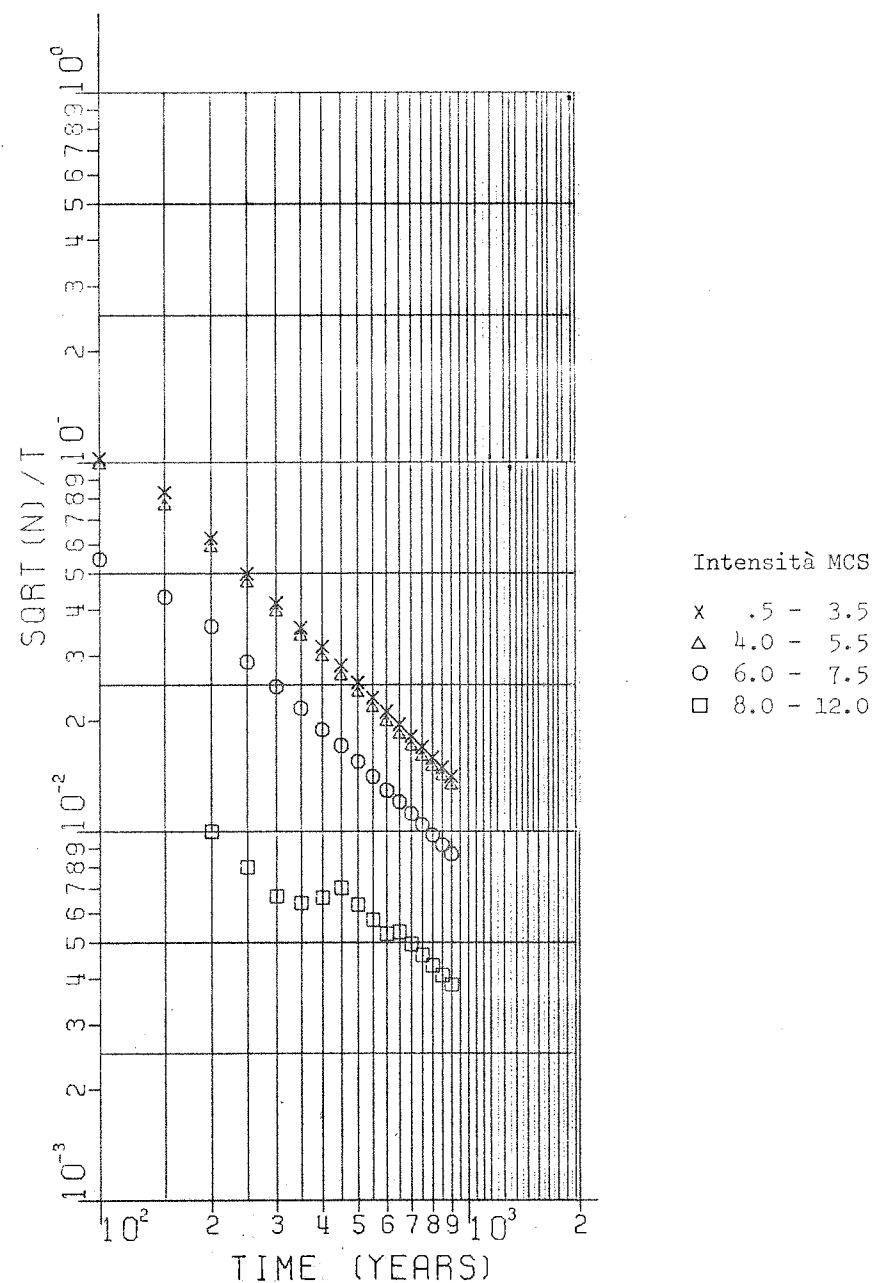


Fig. 3 - Grafico di Stepp.

temporale.

In fig. 4 è presentato un istogramma di tutti gli eventi del catalogo raggruppati in intervalli di 50 anni. Contrariamente ad ogni ottimistica aspettativa, i dati non sono distribuiti con una certa regolarità sull'asse dei tempi, ma al contrario si nota una loro pesante carenza fino all'intervallo 1725 - 1775 ed una forte anomalia nell'intervallo 1825 - 1875.

La distribuzione temporale degli stessi eventi (fig. 5) conferma quanto osservato fino al 1775 ed inoltre mette in evidenza che l'apparente completezza dell'intervallo 1775 - 1825 è da attribuire ad un rilevante numero di scosse verificatesi nella stessa località e comprese tra il 1779 e il 1780, mentre in realtà fino al 1850 il catalogo appare ancora molto incompleto.

Come già accennato in precedenza un catalogo, oltre ad essere caratterizzato in termini di completezza, deve anche essere valutato in termini di accuratezza.

L'accuratezza di un catalogo macrosismico si riferisce agli errori relativi al valore delle coordinate epicentrali e dell'intensità. Essa dipende dall'anno di comparsa e dal livello di intensità del dato: generalmente ci si aspetta che ad eventi più antichi o di minore intensità sia associato un errore più elevato, ma tale errore è sempre difficile da individuare e quantificare.

Un tentativo di analisi è stato eseguito sulle coordinate del catalogo in esame: la distribuzione degli epicentri, riportata in fig. 2, mette in evidenza che molti di essi si trovano

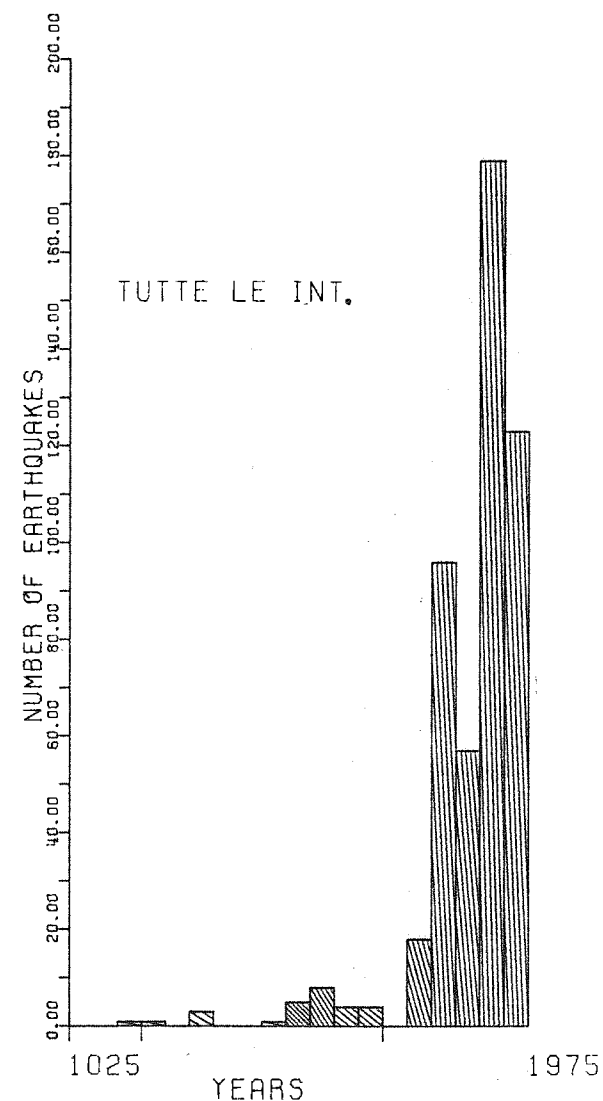


Fig. 4 - Istogramma di tutti gli eventi del catalogo, per intervalli di 50 anni.

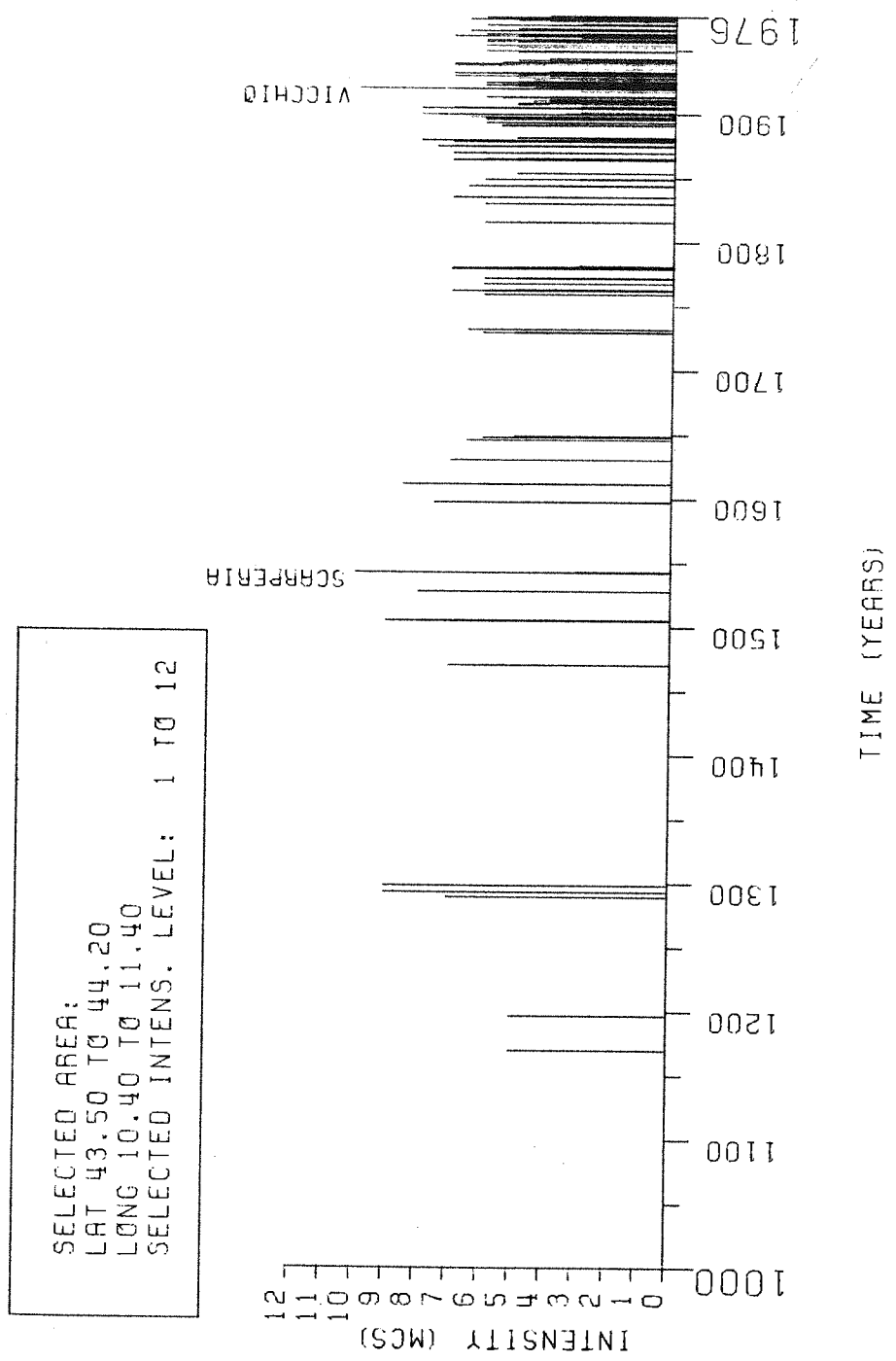


Fig. 5 - Distribuzione temporale degli eventi del catalogo.

su paralleli o meridiani di grado intero o semintero. Ciò è da mettere in relazione con l'incertezza nell'assegnazione delle coordinate epicentrali da parte del compilatore del catalogo. Una simile incertezza può aver influenzato anche l'attribuzione di frazioni di grado (15', 20', 30') sulle coordinate. Si potrebbe quindi assumere come "poco affidabili" i dati che presentano questo tipo di coordinate sia per la latitudine che per la longitudine.

Non è da escludere che alcuni degli eventi definiti "poco affidabili" si siano effettivamente verificati in corrispondenza di un incrocio o lungo i meridiani e paralleli principali. Tuttavia in base a quanto osservato, si ritiene consigliabile e seguire le analisi successive soltanto sugli eventi sismici rimanenti.

La valutazione della sismicità dell'area considerata sulla base dei dati del catalogo, comunemente viene effettuata utilizzando la relazione di Gutenberg-Richter di cui esistono molte formulazioni, la più semplice ed utilizzata è espressa come:

$$\log N (M) = a' - b' M$$

che esprime il legame tra il logaritmo del numero delle scosse di una data area ed i corrispondenti valori della magnitudo.

Poiché tra la magnitudo e l'intensità esiste un legame di tipo lineare è allora possibile porre in relazione il logaritmo del numero delle scosse con l'intensità macrosismica, ossia:

$$\log N (I) = a - b I$$

dove $N(I)$ è il numero di terremoti avvenuti in una regione, in un dato intervallo di tempo e con intensità uguale a I , mentre "a" e "b" sono parametri legati alla sismicità della regione.

La retta di Gutenberg-Richter ottenuta e le relative fasce di confidenza al 95% sono mostrate in figura 6. La distanza della retta così ottenuta dalle due fasce è in relazione con le deviazioni standard calcolate sui parametri "a" e "b". In particolare le fasce rappresentano il 95% di probabilità che la analoga retta calcolata sull'insieme teorico sia compresa in es se.

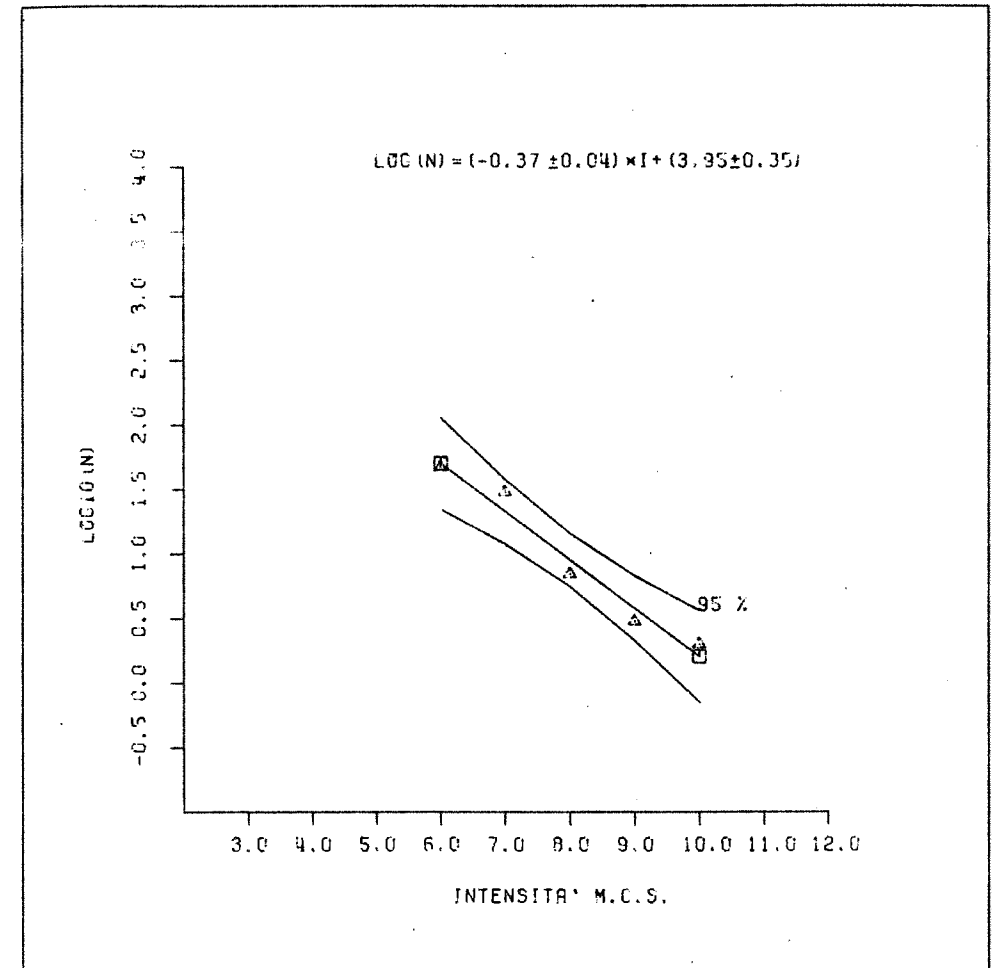


Fig. 6 - Gutenberg-Richter (anni 1000 - 1975).

LA PROTEZIONE DEL PATRIMONIO MONUMENTALE
DAL RISCHIO SISMICO Termini del Problema

MATERIALI PER L'APPROFONDIMENTO DI ALCUNI TEMI DELLA MOSTRA

1.3 ENEL

Catalogo dei Terremoti Avvenuti in Italia dal 1000 al
1975

(rapporto AQUATER S.p.A. - 1979)

1 Introduzione

Le valutazioni del rischio sismico, per siti da adibirsi alle costruzioni di impianti nucleari, fatte precedentemente alla compilazione di questo catalogo, avevano permesso di acquisire un notevole numero di dati sismologici da cui era possibile ricavare un'informazione accettabile solo per eventi con $I_0 \geq VI$ MS (Mercalli - Sieberg).

I metodi di indagine precedentemente seguiti avevano reso possibile una raccolta di dati sismologici documentata da alcuni elenchi parziali che non sempre concordavano tra loro, sia per la diversità degli autori sia per la qualità dell'informazione, e la cui disomogeneità aumentava notevolmente per la sismicità a basso grado di intensità ($I_0 < V$ MS).

Inoltre, a seguito di alcune prove iniziali, si era potuto constatare che per migliorare e oggettivare i risultati di una delle fasi più importanti delle indagini, quale quella delle sintesi sismo-tettoniche, diveniva necessario volgere particolare attenzione anche agli eventi di bassa energia o intensità

epicentrale inferiore al V MS.

Da quanto esposto deriva che la finalità di questo lavoro è stata quella di pervenire ad una catalogazione unica ed omogenea, capace di fornire il massimo possibile dell'informazione necessaria alla valutazione del rischio sismico per siti nucleari, in qualsiasi punto del territorio nazionale, uniformando i metodi di analisi e di controllo dei dati acquisiti.

I dati sono stati raccolti e controllati con la collaborazione degli esperti dei centri di ricerca sismologica sottoindicati:

- Osservatorio Geofisico Sperimentale, Trieste (Prof. Giorgetti, Dr. Slejko);
- Istituto di Geodesia e Geofisica, Università di Genova (Prof. Eva, Dr. Graziano, Dr. Merlanti);
- Istituto di Topografia, Geodesia e Geofisica Mineraria, Università di Bologna (Prof. Pieri);
- Istituto di Fisica Terrestre e Osservatorio Vesuviano, Napoli (Prof. Gasparini, Dr. Lobascio, Dr. Del Pezzo);
- Osservatorio Sismologico, Università di Messina (Prof. Federico, Prof. Bottari).

Un notevole contributo per gli eventi con intensità I_0 V MS è stato ottenuto dal confronto con una raccolta personale del Dr. Calvino Gasperini dell'Istituto Nazionale di Geofisica, messi a disposizione a puro titolo di scambio informativo.

La completezza dell'informazione che si è cercato di realizzare, può essere sintetizzata nel modo sottoindicato:

$I_0 > V$ (MS) nel periodo di tempo 1000 - 1975

$I_0 \leq V$ (MS) nel periodo di tempo 1895 - 1975

La raccolta di eventi con $I_0 \leq V$ MS è stata curata, anche per periodi precedenti al 1895, fino all'epoca in cui la bibliografia ha permesso il reperimento d'informazioni valutabili.

Vengono ora sinteticamente indicati i concetti generali che hanno guidato l'esecuzione del lavoro.

Sono stati raccolti ed analizzati tutti i dati disponibili, dalla bibliografia edita e non edita, presso gli Enti nazionali ed internazionali di ricerca sismologica.

Sulla base delle informazioni ricavate inizialmente, e sulla loro analisi critica, è stato impostato un modello di catalogazione contenente tutti quei parametri che potessero caratterizzare gli eventi nella maniera più idonea ed attinente gli scopi del lavoro. Prima di passare alla stesura definitiva, quale quella attuale, tale modello è stato più volte discusso con gli esperti prima indicati.

Gli elaborati che man mano venivano realizzati sono stati più volte rimessi agli esperti per l'area di loro competenza, a scopo di revisioni risultate necessarie anche a seguito di reciproche consultazioni.

L'elaborato finale può essere quindi considerato nella sua interezza come derivato dalle esperienze e possibilità di tutti i collaboratori, ognuno maggiormente esperto nell'area di propria competenza.

Tale elaborato costituisce una catalogazione di dati, la cui gestione, realizzata con una serie di programmi computerizzati, ne permette l'uso a seconda delle necessità, tramite diversi tipi di tabulazione e rappresentazione grafica automatica.

2 Metodologia d'Indagine

In questo capitolo vengono indicate le fasi e descritti i metodi usati per la compilazione del catalogo.

La descrizione è stata impostata in modo da esprimere i passaggi logici fra le varie fasi, cercando di puntualizzare i principi di esecuzione e le difficoltà incontrate.

Le fasi descritte in questo capitolo riguardano la raccolta, l'analisi e la tabulazione dei dati. Nel capitolo successivo saranno indicati i risultati derivati inerenti i contenuti del nastro, della testata tabulata e della cartografia.

2.1 Raccolta dati

In questa fase sono stati raccolti tutti i dati bibliografici disponibili presso:

- a) l'ENEL e l'AQUATER, riunendo insieme i dati relativi a studi sismologici precedentemente svolti su aree determinate;
- b) gli Enti nazionali di ricerca sismologica, prendendo in esame sia quelli ufficiali sia quelli in corso di elaborazione;
- c) gli Enti di ricerca internazionali: BCIS, ISC, USCGS, ecc.

Il materiale raccolto è risultato molto eterogeneo sia perché attinente a vari livelli di informazione (cronaca sismologica e bollettini), sia perché derivante da vari enti, fra i quali alcuni hanno spesso fornito dati di "spoglio" e non di "interpretazione" come la rete ENEL (Carnia) e gli Osservatori di Messina e Catania.

La bibliografia consultata riguarda 346 titoli il 45% dei quali è riportato come indice nel tabulato finale. Questa percentuale deriva dal fatto che sono stati tabulati soltanto gli indici numerici di quelle fonti bibliografiche che trattano l'evento con una certa completezza.

2.2 Analisi dati

Il materiale raccolto è stato suddiviso in brevi intervalli di tempo e consegnato (ogni volta lo stesso intervallo) a tre coppie di tecnici operativi. Questi, preso in esame il materiale, hanno compilato separatamente, per lo stesso periodo di tempo, un blocco di "cartellini informativi" contenenti per ogni evento: i dati cronologici; i parametri caratterizzanti (coordinate, I, M macrosismiche e/o strumentali); la località epicentrale; le organizzazioni e le fonti bibliografiche consultate.

Esaurita globalmente questa operazione, si è passati alla compilazione dei "formati scheda" per il calcolatore, attraverso il "filtro" dei dati operato da un gruppo di controllo secondo

do la procedura qui di seguito illustrata:

- la coincidenza delle informazioni derivanti dalle tre coppie ha permesso il passaggio diretto al "formato scheda";
- la coincidenza dell'informazione di due coppie su tre ha promosso prima l'analisi con il testo originario, poi una scelta informativa e quindi il passaggio al "formato scheda";
- la discordanza dell'informazione per tutte e tre le coppie ha permesso il passaggio al "formato scheda" delle informazioni così come provengono dalle coppie operative.

I dati ottenuti, inseriti nel calcolatore e ordinati cronologicamente, sono stati stampati in una "tabulazione primaria". Gli elaborati derivati sono stati sottoposti a revisione da parte del responsabile del progetto, il quale, insieme al gruppo di controllo, ha esaminato l'intero lavoro eseguito, volgendo particolare attenzione ai casi di discordanza totale, per scegliere, conseguentemente, l'informazione da mantenere in detta tabulazione.

In questa fase sono state assegnate le attendibilità e scelti i dati informativi su ogni evento, facendo spesso ricorso all'uso dei "cartellini informativi" e delle fonti originarie. In alcuni casi (circa il 40% dei dati reperiti fra il 1945 e il 1975) sono state ricalcolate le coordinate epicentrali, in modo da poter scegliere, fra le diverse ubicate, quelle più prossime alla nuova determinazione, senza mai riportare quest'ultima.

In questo momento dell'indagine si è prestata particolare attenzione al confronto dei dati di "spoglio" delle seguenti coppie di organizzazioni: ENEL (Carnia) - Osservatorio di Trieste e Messina - Catania. L'esecuzione di questa fase, risultata uti-

le al controllo dei dati forniti dai vari bollettini o fonti ufficiali, ha permesso fra l'altro di stabilire al valore 2.5 il limite minimo di magnitudo da riportare in catalogo. Infatti nel voler prendere in considerazione valori inferiori si sarebbero ottenute anomale concentrazioni di attività intorno agli Osservatori; attività documentate, da eventi definiti, nella maggior parte dei casi, soltanto dall'azimut e/o dalla distanza focale.

I risultati così conseguiti hanno costituito la "banca dati" necessaria alla "tabulazione secondaria" che è stata inviata agli Osservatori secondo l'area di convenuta pertinenza (circa 300 Km di raggio fatto centro all'Osservatorio) per la valutazione ed eventuale correzione del materiale tabulato.

Successivamente a questa operazione è stata eseguita una nuova tabulazione: "tabulazione provvisoria" e quindi un confronto con cataloghi esistenti ("General Catalogue of Italian Earthquakes", CNEN RT/ Prot.(73).12; "Earthquakes catalogue of Calabria and Sicily", CNR, Quaderni de "La Ricerca Scientifica" 93, 1973; ed altri inediti dell'Osservatorio di Trieste e dell'Università di Bologna).

Da questo confronto è derivato:

- la conferma del dato tabulato quando c'è stata coincidenza con le altre informazioni, o quando il confronto con i dati diversi ha permesso di far ritenere valido il dato già tabulato;
- la cancellazione del dato tabulato e la sostituzione con l'informazione del catalogo più attendibile, quando è stata ritenuta valida l'informazione riportata negli altri cataloghi.

In questo caso nella bibliografia è stato assegnato il numero di indice bibliografico relativo al catalogo consultato; analogamente è stato fatto per quegli eventi non tabulati, ma riportati nei cataloghi di confronto, quando non è stato possibile reperire la fonte bibliografica.

Con questa ultima correzione della "tabulazione provvisoria" si è completata l'analisi dei dati reperibili dalla bibliografia esistente.

2.3 Controlli e tabulazione definitiva

Sfruttando le possibilità offerte dalla gestione automatica dei dati, gli elaborati relativi alla tabulazione provvisoria sono stati, in questa fase, controllati, in vari momenti successivi, seguendo i metodi descritti nei titoli sottoelencati:

a) logicità globale dell'elaborato:

- l'anno non può essere superiore al 1975 ed inferiore al 1000;
- il mese non può essere superiore al 12 ed inferiore all'1;
- il giorno non può essere superiore al limite mensile imposto dal calendario ed inferiore all'1;
- l'ora non può essere superiore alle 24 ed inferiore alle 00;
- il minuto non può essere superiore al 60 ed inferiore allo 00;
- il secondo non può essere superiore al 60 ed inferiore allo 00;
- per le coordinate i gradi non possono superare i limiti imposti in senso meridiano e parallelo, i secondi non possono essere superiori al 60 ed inferiore

ri allo 00;

- l'organizzazione non può essere superiore al 28 ed inferiore all'1;
- l'attendibilità non può essere superiore al 6 ed inferiore all'1;
- l'intensità non può essere superiore al 120 ed inferiore al 10 e l'ultima cifra deve essere "0" o "5";
- l'attendibilità non può essere superiore al 3 ed inferiore all'1;
- l'organizzazione: come alla precedente;
- le magnitudo macrosismiche vengono controllate con programma;
- la profondità viene controllata nelle classi e quindi non può essere superiore al 4 ed inferiore all'1;
- l'organizzazione: come alla precedente;
- l'attendibilità non può essere superiore al 3 ed inferiore all'1;
- l'organizzazione: come alla precedente.

Tutti i dati segnalati come illogici, una volta rivisti e corretti in scheda, sono stati inseriti in una nuova "tabulazione provvisoria", successivamente controllata.

b) logicità casuale:

- sono stati estratti, a caso, numerosi brevi periodi di tempo, ed eseguiti tutti i controlli con le fonti originarie;
- sono state scelte, a caso, numerose aree, definite geograficamente da quadrati o cerchi; per ognuna di queste sono stati tabulati gli eventi contenuti, seguendo un'ordinamento geografico da nord a sud e da est verso ovest. Gli elaborati ottenuti hanno permesso, per tutti gli eventi localizzati ripetutamente in aree molto ristrette, un duplice controllo

lo sia sulla validità delle località epicentrali riportate, sia sull'eventuale appartenenza a periodi di sismici individuati.

c) controllo delle coordinate epicentrali.

Tale controllo è stato effettuato suddividendo prima il territorio nazionale in grossi settori, assegnando poi ad ognuno di questi tre punti fissi di riferimento. Agli eventi suddivisi per settori, e ordinati alfabeticamente per località epicentrale, sono state assegnate, singolarmente, le distanze dai tre punti di riferimento di cui sopra.

Nei casi in cui la ripetizione della località non era coincidente, nel limite d'errore imposto dalla classe di attendibilità assegnata alle coordinate epicentrali, con il ripetersi delle distanze dai tre punti, veniva eseguita un'ulteriore analisi delle informazioni relativa ai parametri dell'evento.

d) controllo delle serie temporali.

Ricavate e tabulate le ripetizioni nel tempo delle coordinate epicentrali, sono state controllate con la bibliografia citata per stabilirne l'appartenenza a periodi sismici accertati.

A queste analisi, effettuate con preminente uso del calcolatore, hanno fatto seguito quelle di tipo "manuale" sottoindicate:

- controllo, per gli eventi $I_0 \geq VI$ MS, di tutti i parametri caratteristici, analizzando la bibliografia citata;

- controllo dell'eventuale esistenza di eventi ripetuti assegnando ai gruppi di lavoro brevi tabulati relativi ad identici periodi di tempo;

- controllo degli indici numerici che fanno riferimento alla bibliografia.

L'esecuzione di tutta la serie di operazioni sopra indicate ha permesso il passaggio alla "tabulazione definitiva", il cui elaborato è stato inviato nuovamente agli esperti per un

definitivo controllo dell'area di loro competenza.

Il periodo di tempo impiegato ad ottenere l'elaborato nella sua veste definitiva, come è quella attuale, è stato di circa 30 mesi.

2.4 Controlli dell'ENEL

Facendo riferimento alla metodologia ora descritta, i tecnici dell'ENEL hanno effettuato vari tipi di controllo e di revisione del materiale elaborato nelle numerose fasi dell'esecuzione e hanno discusso i risultati raggiunti intervenendo direttamente con consigli pratici sull'andamento del lavoro, o favorendo i contatti con i vari gruppi di ricerca consultati.

3 Risultati

In questo capitolo, concernente i risultati raggiunti con le metodologie sopra indicate, sono descritti i contenuti del nastro magnetico, il significato degli indici grafici della testata di tabulazione, i relativi programmi di gestione dei dati tabulati e le possibili rappresentazioni automatiche della cartografia sismologica.

3.1 Contenuto del nastro

I dati catalogati, relativi a 20.831 eventi, vengono forniti utilizzando come supporto un nastro magnetico nel quale

ad ogni "record" corrisponde un evento con tutte le informazioni ad esso relative. La lunghezza di ciascun record è di 132 caratteri ed il formato di scrittura è riportato nella tabella che segue (tab. 1).

Come si vede dalla tabella ogni record contiene 34 informazioni numeriche più un'alfa numerica corrispondente alla località epicentrale.

La gestione di queste informazioni viene fatta tramite appositi programmi qui sotto brevemente elencati:

- programma di stampa normale e di stampa "sbiancata", in cui il dato mancante è rappresentato nel primo caso, per comodità di gestione, dalla costante -9, mentre nel secondo viene riportato come "blank", cioè senza stampa;

- programmi di estrazione delle diverse informazioni contenute nel catalogo;

- programmi di selezione di eventi in regioni i cui contorni possono essere definiti da circonferenze o da poligoni semplici;

- programmi di cartografia.

3.2 Testata di tabulazione

ORD

La colonna contiene il numero di ordinamento cronologico secondo una catalogazione eseguita per tutto il territorio nazionale.

Tabella 1

INDICE	DESCRIZIONE	FORMATO
1	Anno	I4
2	Mese	I2
3	Giorno	I2
4	Ora	I2
5	Minuti	I2
6	Secondi	I2
7	Latitudine (gradi)	I2
8	Latitudine (primi)	I2
9	Longitudine (gradi)	I2
10	Longitudine (primi)	I2
11	Organizzazione coordinate	I2
12	Attendibilità coordinate	I2
13	Intensità	I3
14	Organizzazione intensità	I2
15	Attendibilità intensità	I2
16	Magnitudo Karnik	I2
17	Magnitudo Peronaci	I2
18	Profondità	I3
19	Organizzazione profondità	I2
20	Attendibilità profondità	I2
21	Bibliografia	I3
22	Bibliografia	I3
23	Bibliografia	I3
24	Bibliografia	I3
25	Bibliografia	I3
26	Magnitudo strumentale	I2
27	Organizzazione magnitudo	I2
28	Numero d'ordine dell'evento	I8
29	Coordinate UTM	I7
30	Coordinate UTM } nel fuso 32 (1)	I7
31	Coordinate UTM	I7
32	Coordinate UTM } nel fuso 33 (2)	I7
33	Coordinate Lambert	I7
34	Coordinate Lambert } (3)	I7
35	Località epicentrale	18A1

FORMATO DI LETTURA:
I4, 11I2, I3, 4I2, I3, 2I2, 5I3, 2I2, I8, 6I7, 18A1.

- 1) Meridiano centrale 9° 0'; falso est 500.000
- 2) Meridiano centrale 15° 0'; falso est 1.500.000
- 3) Meridiano centrale 12° 0'; falso est 1.000.000

Paralleli standard: 38° 0'; 46° 0'

ANNO - MS - GI - OR - MN - SE

Corrispondono ai dati cronologici relativi al sisma; l'ora viene riferita a Greenwich.

Il dato mancante, perché non dato o non reperito, viene indicato con -9. Questa indicazione è valida per tutte le altre colonne nella tabulazione non "sbiancata".

LATIT - LONGI

Le coordinate epicentrali, di tipo "geografico", vengono espresse in gradi sessagimali dall'Equatore e da Greenwich, sono altresì disponibili su nastro le coordinate chilometriche nelle proiezioni U.T.M. e Lambert.

OR

Riporta il numero di indice corrispondente all'Osservatorio, Organizzazione o Ente sismologico che hanno studiato e pubblicato dati sull'evento.

A

In questa colonna vengono riportati i numeri che esprimono il "grado di attendibilità" delle coordinate epicentrali:

1) in questa classe rientrano gli eventi registrati da almeno tre stazioni "moderne" che non distino più di 15 Km dall'epicentro.

L'indeterminazione delle coordinate è compresa fra 0

e 2 Km;

2) in questa classe rientrano gli eventi registrati da almeno tre stazioni che non distino più di 100 Km dall'epicentro, ovvero quelli storici corredati da ottime isosiste disegnate tramite notizie macrosismiche attendibili.

L'indeterminazione delle coordinate è compresa fra 0 e 5 Km;

3) in questa classe rientrano tutti gli eventi riportati da Organismi internazionali di importanza mondiale (USCGS, BCIS, ISC, ecc.), migliorati con i dati di almeno due stazioni vicine, nonché gli eventi storici corredati da isosiste disegnate tramite notizie macrosismiche sufficienti.

L'indeterminazione delle coordinate è compresa tra 0 e 10 Km;

4) in questa classe e nella seguente rientrano sia gli eventi riportati soltanto da bollettini e Organizzazioni internazionali per i quali esiste l'informazione numerica sulla precisione della determinazione epicentrale, che gli eventi storici meno attendibili.

L'indeterminazione delle coordinate è compresa tra 0 e 25 Km;

5) l'indeterminazione delle coordinate è compresa tra 0 e 50 Km;

6) in questa classe sono riportati gli eventi non altrimenti classificabili.

I

In questa colonna viene riportata l'intensità epicentrale valutata secondo l'indice della scala macrosismica Mercalli-Sieberg a dodici gradi.

OR

Come per le coordinate.

A: attendibilità del grado di intensità

Il grado macrosismico viene determinato confrontando gli effetti causati da un terremoto con quelli descritti nella scala Mercalli - Sieberg.

L'attendibilità del grado di intensità deve quindi tener conto della soggettività di valutazione dei fenomeni qualificanti il grado.

Sono stati definiti tre gradi di attendibilità:

- 1) l'intensità macrosismica è inequivocabilmente determinata;
- 2) i fenomeni qualificanti il grado prestano incertezze dell'ordine di mezzo grado.

Esempio:

DANNI AGLI EDIFICI	I _o	ATTENDIBILITA'
Crepe nell'intonaco, caduta di piccoli pezzi d'intonaco	V	2
	VI	
Piccole crepe nei muri caduta di fumaio- li, caduta di grossi pezzi di intonaco, di tegole	VI	2
	VII	

- 3) I fenomeni qualificanti il grado presentano incertezze dell'ordine del grado.

Esempio:

DANNI AGLI EDIFICI	I _o	ATTENDIBILITA'
Grandi crepe nei muri, crollo di tramezzi, muri di sostegno	VII	3
	VIII	
	IX	
Crollo totale di edifici	X	3
	XI	
	XII	

MK - MP

La magnitudo macrosismica viene espressa mediante le formule di Karnik (MK) e quelle di Peronaci (MP) seguendo i criteri sottodescritti:

- a) le formule di Karnick sono le seguenti:

$$M = 0,531 I_o + 0,95 \quad (A_1) \text{ Italia Sett.}$$

$$M = 0,511 I_o + 1,0 \quad (A_2) \text{ Italia Centr.}$$

in mancanza del parametro profondità; in presenza di quest'ultimo si è usata la formula generalizzata:

$$M = 0,51 I_o + \lg h + 0,35$$

A₂ è stata usata per epicentri contenuti sino al 44° parallelo mentre l'A₁ per posizioni epicentrali poste a nord dello stesso;

- b) le formule di Peronaci (vedi Annali di Geofisica - Monografia, vol. XXVI Supp., 1973) si riferiscono ai seguenti di stretti sismici:

1, 2, 3	$M = 0,674 I_0 + 1,352 \lg H - 1,091$
4, 5, 7	$M = 0,437 I_0 + 0,874 \lg H + 0,714$
6	$M = 0,484 I_0 + 1,040 \lg H + 0,324$
8, 10	$M = 0,421 I_0 + 1,138 \lg H + 0,719$
9	$M = 0,467 I_0 + 0,8$ per $H = 10 \text{ Km}$

Nei numerosi casi in cui la profondità non è espressa, il valore di MP riportato è il risultato di una media di valori calcolati su profondità ipocentrali comprese fra la minima e la massima del distretto.

H

La colonna va riferita alla profondità ipocentrale. Quando questa non è espressa numericamente viene riportata la valutazione fatta, per classi di profondità definite come segue:

- 1 $H \leq 5 \text{ Km}$
- 2 $5 \text{ Km} < H \leq 25 \text{ Km}$
- 3 $25 \text{ Km} < H \leq 60 \text{ Km}$
- 4 $H > 60 \text{ Km}$

Questa valutazione in generale deriva da informazioni fornite dalla bibliografia, oppure da stime rese possibili dagli elementi sismotettonici dei distretti cui il sisma geograficamente appartiene.

A: attendibilità della profondità ipocentrale

Dato che i metodi usati per la determinazione del parame-

tro profondità sono molto diversi fra loro, ognuno con diversa attendibilità, si è preferito dare, nella stima di detto parametro, potere discriminante sia alla ubicazione dell'epicentro rispetto agli Osservatori sia alla possibilità di controllo con i dati macrosismici. Di conseguenza le classi di attendibilità sono le seguenti:

1) quando la profondità è stata determinata analiticamente da Osservatori nazionali ed è confrontabile con quella ottenuta con il metodo macrosismico;

2) quando la profondità è stata ottenuta da Organizzazioni straniere come l'USCGS, l'ISC, ecc.;

3) quando la profondità è ottenuta con il solo metodo macrosismico da isosiste classificate. Tale grado di attendibilità è stato assegnato anche a quegli eventi la cui profondità è data secondo le classi precedentemente indicate.

ML

Vengono riportati i valori della magnitudo strumentale reperiti da pubblicazioni delle Organizzazioni segnalate nella colonna accanto.

OR

Come per le coordinate.

BIB

Vengono riportati gli indici numerici di un elenco bibliografico relativo a 346 fonti reperite. Tale numero di riferi-

mento risulta l'unico dato di informazione quando non è stato possibile riportare nelle varie colonne OR, relative all'evento, alcun indice numerico.

LOCALITA' EPICENTRALE

Viene indicata con il nome di un centro abitato compreso nell'area di massima intensità, la scelta deriva sostanzialmente dal fatto che, fra gli altri centri, questo deve essere il più significativo per una facile localizzazione geografica del sisma.

3.3 Cartografia

In funzione del tipo e della qualità dei dati tabulati, sono stati studiati e resi operativi alcuni programmi per l'esecuzione automatica della cartografia sismologica.

Le tavole, impostate sul reticolo di tipo geografico, sono state realizzate nei modelli sottoindicati:

a) carte delle posizioni epicentrali: rappresentano la sola ubicazione dell'evento (contrassegnata con il simbolo +):

- in scala 1 : 1.000.000, per tutte le classi di attendibilità epicentrali;
- in scala 1 : 500.000, per le varie classi di attendibilità dalla più alta alla più bassa.

Il numero riportato accanto alla crocetta vuole indicare le volte con cui è stata ripetuta nel tempo la posizione epicentrale indicata.

b) carte delle intensità: rappresentano, per le posizio

ni epicentrali degli eventi con $I_0 \geq VI$ MS, il simbolo relativo al grado di intensità: $M \geq 4.3$.

Queste carte, usate preferibilmente in scala 1 : 500.000, distinte nei gruppi di attendibilità 1-2, 3-4, e 5-6 riportano, per ogni evento, un numero che permette, tramite un indice stampato a lato (catalogo di carta), la consultazione con il catalogo generale.

Quando la posizione epicentrale è ripetuta viene riportato l'indice numerico relativo all'evento d'intensità maggiore.

Per la rappresentazione grafica sono stati usati due simboli, dimensionati in funzione del valore da esprimere, così distinti:

- □ per posizioni epicentrali di cui si conosce il valore di I_0 ;
- ◇ per posizioni epicentrali di cui si conosce soltanto il valore della magnitudo strumentale M_1 ;

c) carte delle profondità: rappresentano, per ogni epicentro con $h \leq 25$ Km, il simbolo relativo alla attendibilità sulle coordinate delle classi 1-2-3.

Questa cartografia, usata preferibilmente in scala 1 : 500.000, è stata eseguita, per chiarezza di lettura, per la stessa zona da rappresentare, su due tavole separate, una per gli eventi con $I_0 > II$ e l'altra con quelli con $I_0 \geq VI$ MS.

Come le carte precedenti queste riportano a lato il catalogo di carta che permette, fra l'altro, di discriminare i valori numerici delle profondità ipocentrali comprese nei 25 Km.

I simboli grafici, dimensionati in funzione del valore, sono i sottoindicati:

- Δ per posizioni epicentrali con attendibilità 1;
- □ per posizioni epicentrali con attendibilità 2;
- ◇ per posizioni epicentrali con attendibilità 3.

4 Conclusioni

Nell'eseguire il lavoro è stato costantemente cercato il

miglior grado di oggettivazione del dato tabulato nella convin
zione che questo fosse uno fra i requisiti più importanti di u
na catalogazione sismologica. Terminato il lavoro si è ritenu
to necessario eseguire un'analisi prevalentemente statistica
che permettesse di valutare, anche in termini quantitativi, il
contenuto del catalogo (M. Caputo: "Critical Study of the ENEL
Catalogue of Italian Earthquakes", in press, Publisher, 1981).

I risultati conseguiti devono essere comunque considera-
ti come un punto di arrivo, da cui possono derivare evoluzioni
successive rivolte verso un miglioramento ed arricchimento dei
sistemi di catalogazione sismologica.

All'esecuzione del lavoro, condotto dal Dr. Angelo Sona-
glia (AQUATER), hanno collaborato, oltre gli esperti menzionati
nel capitolo introduttivo, i tecnici ed i ricercatori sottoin-
dicati:

Dr. V. Aurelio, AQUATER; Dr. R. Bilotta, AQUATER; Ing. A.
Carletti, AQUATER; Geom. L. De Benedictis, DCO - ENEL; Ing. C.
Dellarciprete, DCO - ENEL; Ing. E. Palletti, DCO - ENEL; Dr. P.
Favali; Sig. L. Giovani; Dr. U. Manfredini, AQUATER; Dr. P. Man
to; Dr. M. Migani, DCO - ENEL; Ing. V. Morelli, DCO - ENEL; Dr.
M. Peronaci; Ing. A. Scarinci, DCO - ENEL; Ing. C. Tagnani, AQUA
TER; Ing. V. Trimarchi, AQUATER.

LA PROTEZIONE DEL PATRIMONIO MONUMENTALE
DAL RISCHIO SISMICO Termini del Problema

MATERIALI PER L'APPROFONDIMENTO DI ALCUNI TEMI DELLA MOSTRA

1.4 ENEA - PAS/ISP - Laboratorio Ingegneria dei Siti

Nota sulla Rete Accelerometrica Nazionale

Nel quadro delle attività svolte dalla "Commissione ENEA-ENEL per lo studio dei problemi sismici connessi con la realizzazione di impianti nucleari", l'ENEL ha realizzato, tra il 1973 e l'agosto 1976, l'istallazione di una rete composta da 168 accelerografi ed estesa all'intero territorio nazionale, Sardegna esclusa (fig. 1).

1 Postazioni di Rilevamento

L'ubicazione di ciascuna postazione di rilevamento è stata scelta in base ad un'analisi statistica degli epicentri dei terremoti storici italiani (E. Iaccarino, C. Zaffiro - 1972), tendente ad individuare le localizzazioni in corrispondenza delle quali si possono registrare, nel più breve tempo possibile, il maggior numero di sismi con intensità superiore al VI grado della scala Mercalli modificata.



Fig. 1 - Rete nazionale di rilevamento sismico dell'ENEL - DCO Servizio Geotecnico.

1.1 Istanllazione degli strumenti

Gli accelerografi sono stati di norma istallati in cabine di trasformazione e solo eccezionalmente in altri locali, sempre di proprietà ENEL.

La scelta di questo tipo di edificio, oltre a rispondere a ovvie ragioni di praticità e di economia, soddisfa anche la fondamentale esigenza di poter ottenere registrazioni praticamente non influenzate da fenomeni d'interazione suolo-struttura, in virtù dell'esiguità della massa del fabbricato prescelto.

In ciascuna postazione lo strumento è stato saldamente fissato su di un pilastro di calcestruzzo, a sua volta direttamente ancorato ai terreni di fondazione della cabina e svincolato dal pavimento e dal vespaio sottostante (fig. 2).

In occasione di eventi sismici significativi che vengano a colpire una particolare regione, la rete accelerometrica viene localmente e temporaneamente integrata con accelerografi di istallazione provvisoria (stazioni di rilevamento mobili).

1.2 Tipo di strumenti impiegati

Gli strumenti impiegati sono accelerografi "strong-motion"; si tratta di strumenti idonei a registrare le accelerazioni alle quali è sottoposto il suolo nel corso di eventi sismici di elevata intensità.

Il grosso di questi strumenti è formato da accelerografi SMA-1 prodotti dalla ditta Kynometrics; la rimanente parte è co-

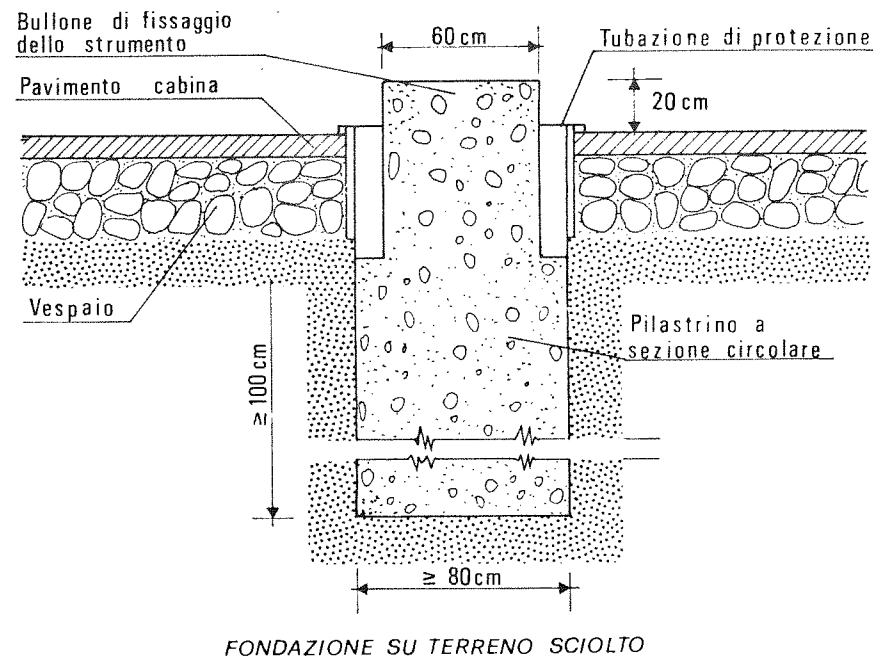
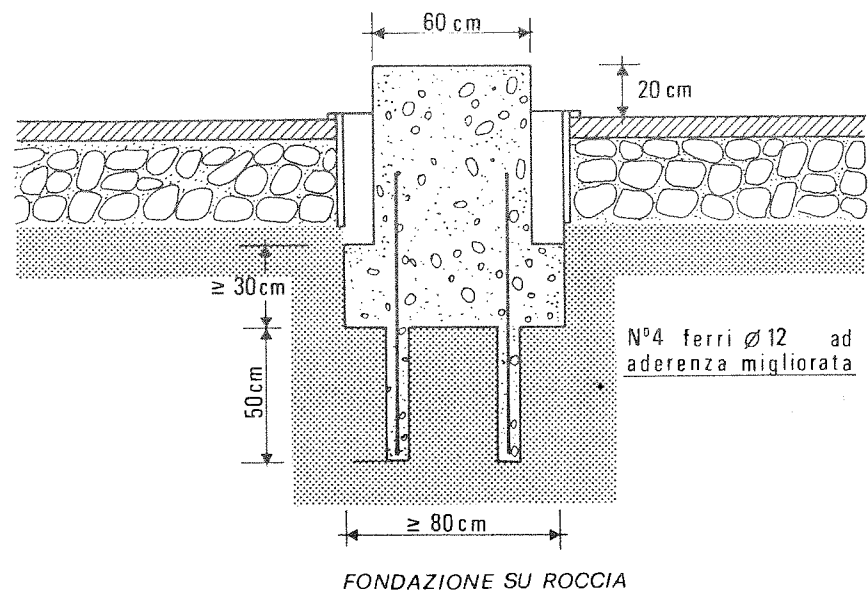


Fig. 2 - Fondazione del pilastro di ancoraggio dell'accelerografo.

stituita da accelerografi RFT-250 di produzione Teledyne.

I due tipi di apparecchio non differiscono tra loro in modo sostanziale: le loro prestazioni, poste a confronto attraverso una lunga serie di test comparativi effettuati dall'ENEL, possono essere ritenute equivalenti, nonostante gli SMA-1 abbiano dimostrato una maggiore affidabilità.

Entrambi sono articolati in tre sezioni principali: trigger, accelerometri e sistema di registrazione.

Il trigger, o dispositivo di avviamento automatico, è formato (a seconda del tipo di strumento) o da un sismometro a bobina mobile sensibile alla sola componente verticale (+) del movimento del terreno, o da una terna di geofoni disposti perpendicolarmente l'uno rispetto all'altro: questi dispositivi forniscono tutti una debole tensione elettrica in uscita come risposta ad ogni movimento del suolo. Quando questa tensione, opportunamente amplificata, supera valori di soglia prefissati, avviene la chiusura del relè di avviamento dello strumento.

La sensibilità di scatto, o valore di soglia, è stata predisposta su valori di $0.01 g \pm 10\%$ (g è l'accelerazione di gravità).

I tre accelerometri montati in ciascuno strumento sono del

(+) I primi moti del terreno sono essenzialmente verticali, poiché è pressoché verticale la direzione di arrivo delle onde sismiche e le onde "P" (di compressione) viaggiano più velocemente delle onde "S" (di taglio).

tipo monodirezionale e sono orientati in tre direzioni ortogonali, coincidenti con gli assi dello strumento medesimo.

2 Spettro di Risposta

Lo spettro di risposta consente di descrivere in modo conveniente le caratteristiche di un accelerogramma, mediante la realizzazione di un grafico, le cui ordinate rappresentano la massima risposta (in accelerazione, velocità o spostamento) di un oscillatore lineare semplice smorzato, mentre in ascisse sono riportati i periodi propri dell'oscillatore.

Il calcolo viene condotto risolvendo, per un dato valore dello smorzamento (rapportato allo smorzamento critico) β dell'oscillatore e per vari valori della sua pulsazione naturale ω , la ben nota equazione del moto:

$$\ddot{u}(t) + 2\beta\omega\dot{u}(t) + \omega^2 u(t) = -a(t)$$

ove: $a(t)$ è l'accelerazione del suolo, cioè l'accelerogramma (fig. 3);

$u(t)$ è lo spostamento relativo dell'oscillatore.

Si perviene così, per ogni valore selezionato della pulsazione naturale ω , a determinare l'accelerazione assoluta dell'oscillatore (figg. 4, 5, 6, 7) $\ddot{y}(t) = a(t) + \ddot{u}(t)$.

I massimi assoluti di tali funzioni, riportati su un grafico in funzione della pulsazione propria ω , costituiscono lo spettro di risposta dell'accelerazione $SA(\omega)$ (fig. 8).

In figura 9 sono riportati, sovrapposti allo spettro di

risposta dell'accelerazione della componente EW del terremoto registrato a Tolmezzo il 6,5,1976 ($\beta = 2\%$), gli spettri di progetto italiani (D.M. 3,3,1975) relativi alle zone dichiarate sismiche di prima e seconda categoria.

038 F51ULI EARTHQUAKE US-MAY-78 2UHU02M15
RECORDED AT TOLMEZZO COMP. EW
ACCELEROGRAM IS BAND PASS FILTERED BETWEEN 0.51 - 0.56 AND 0.51 - 27 HZ

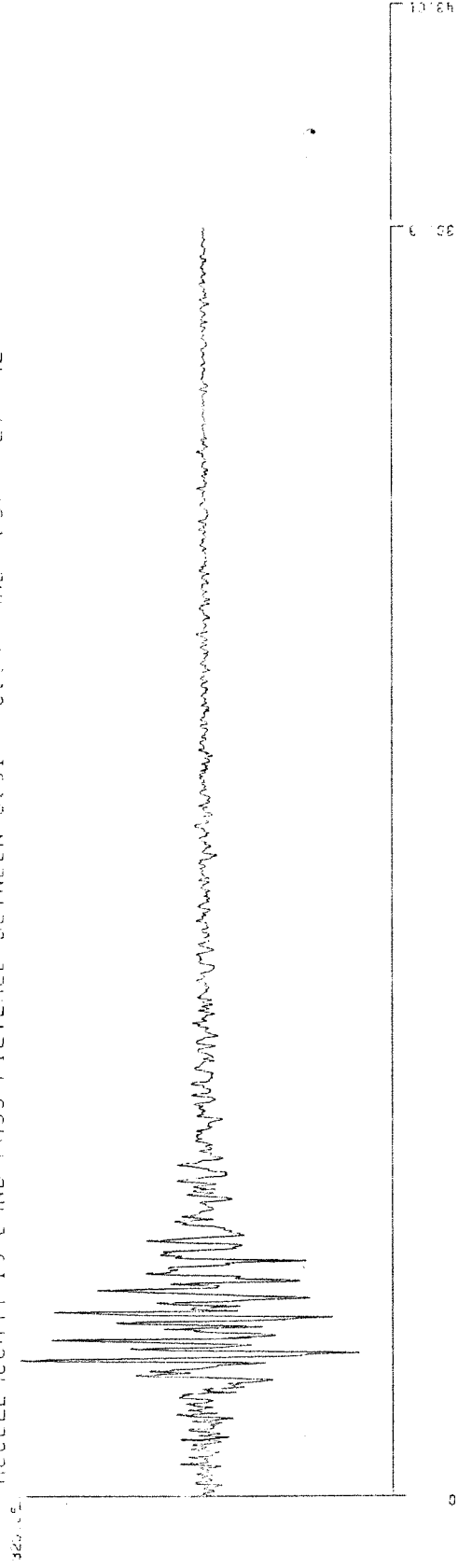


Fig. 3

PERIOD = 0.360 SEC
MAXIMUM ACCELERATION = 1481.635CM/SEC/SEC
RESPONSE TIME HISTORY OF ACCELERATION DAMPING IN PERCENT = 2
FREQUENCY = 2.778 HZ AT TIME = 6.69 SEC

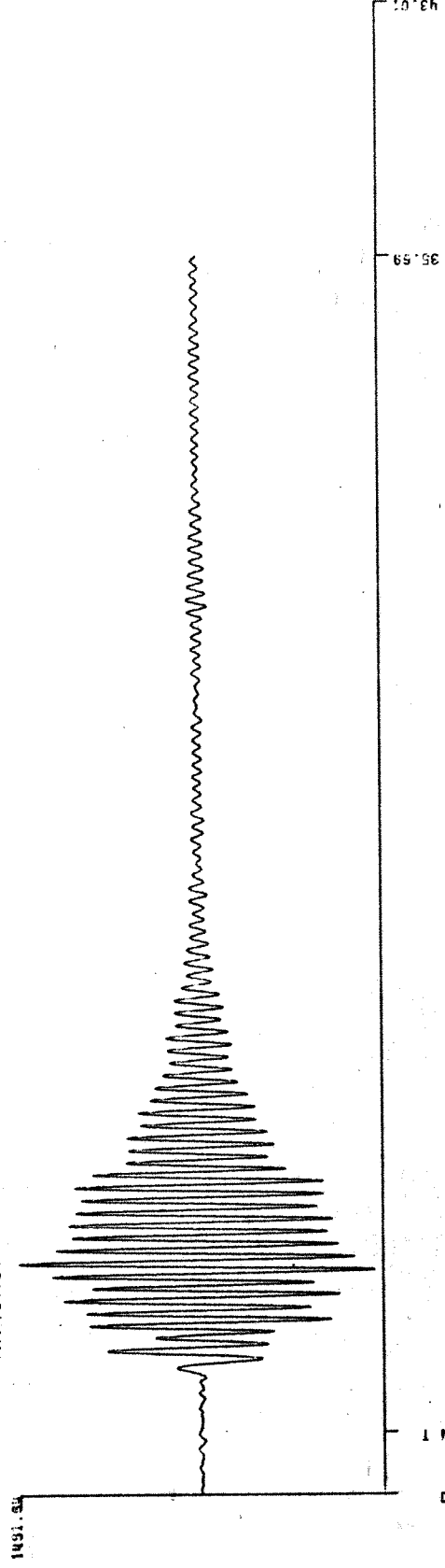


Fig. 4

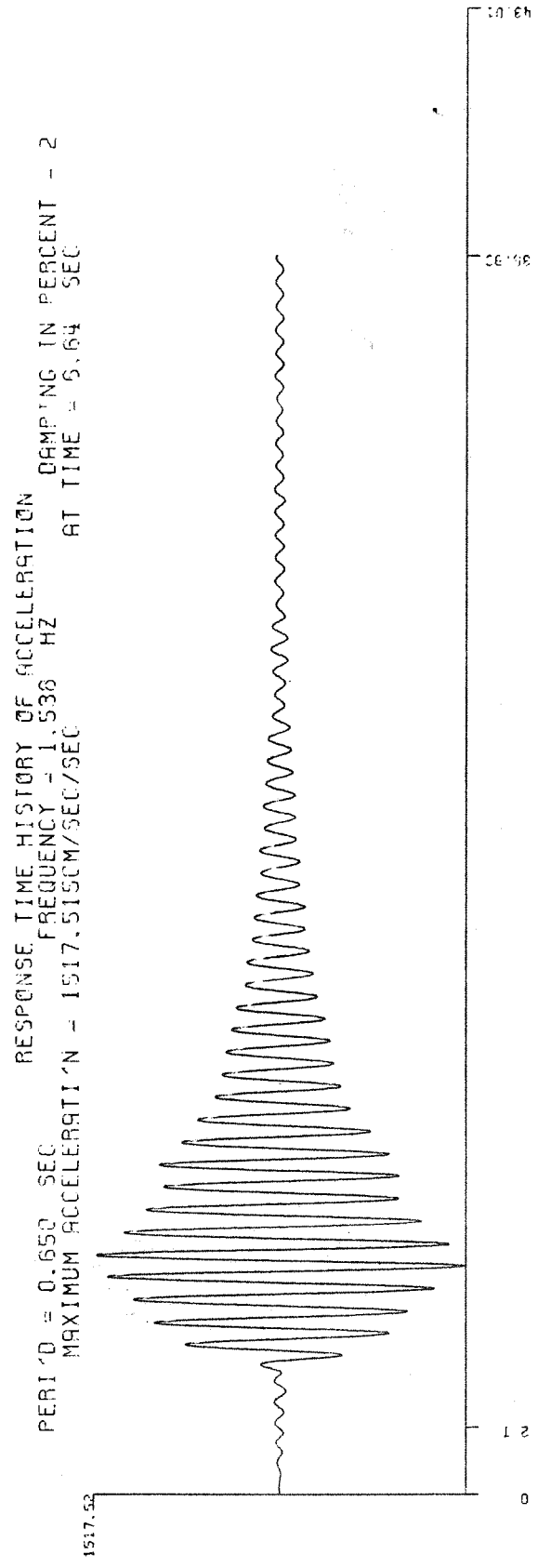


Fig. 5

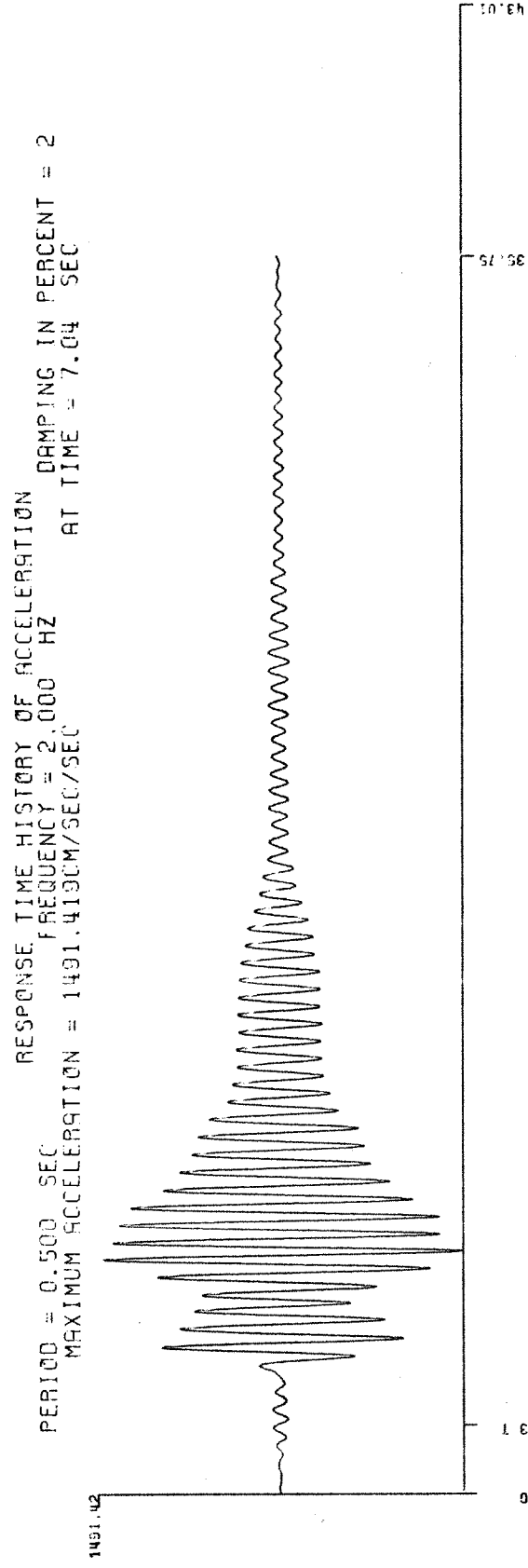


Fig. 6

PERIOD = 0.480 SEC
 MAXIMUM ACCELERATION = 1196.301CM/SEC/SEC
 RESPONSE TIME HISTORY OF ACCELERATION
 FREQUENCY = 2.083 HZ
 DAMPING IN PERCENT = 2
 AT TIME = 7.00 SEC

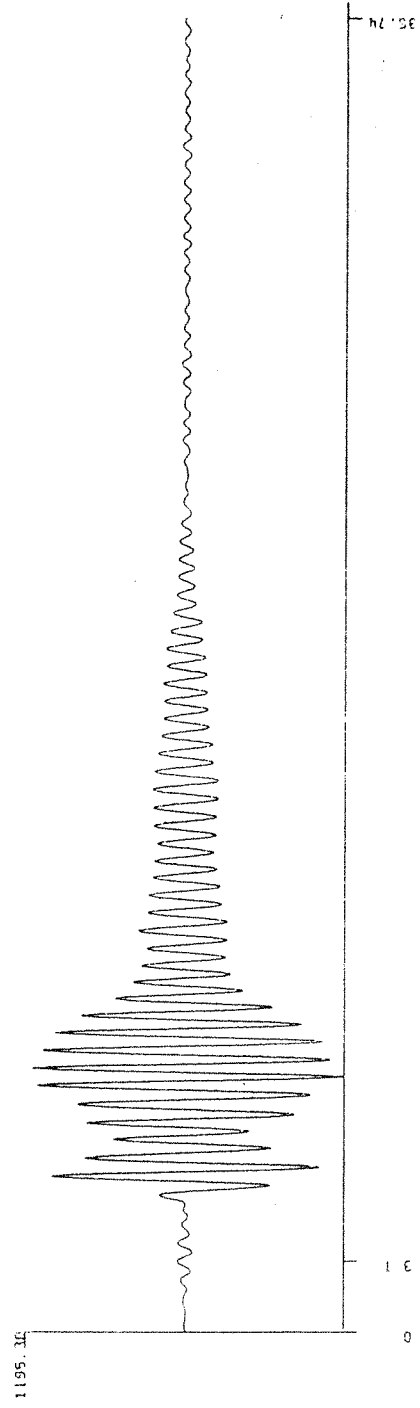


Fig. 7

RESPONSE SPECTRUM OF ACCELERATION

038 FIJILI EARTHQUAKE 05-MAY-75 20H00M15S
 RECORDED AT TOLMEZZ, C.M.P. EW
 ACCELEROGRAM IS BAND PASS FILTERED BETWEEN 0.51 - 0.55 AND 25. - 27. HZ
 DAMPING IN PERCENT = 2

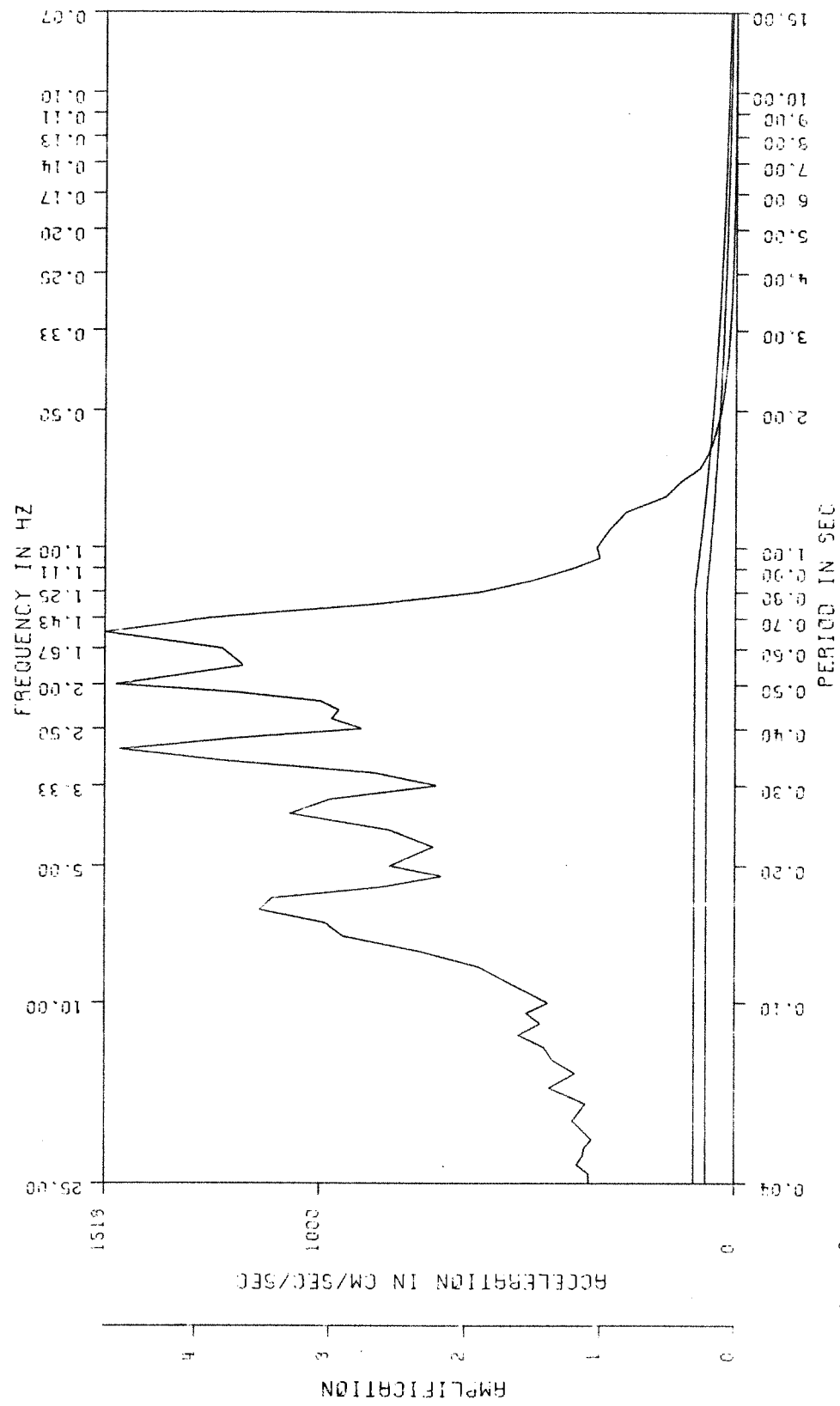


Fig. 8

RESPONSE SPECTRUM

033 FRIULI EA THQUAKE 06-M. Y-76 20H00M155
 RECORDED AT T'LMIZZ' COMP. EW
 ACCELER'GRAM IS BAND PASS FI TERED BETWEEN 0.51 - 0.96 AND 25. - 27. HZ
 DAMPING IN PERCENT = 2

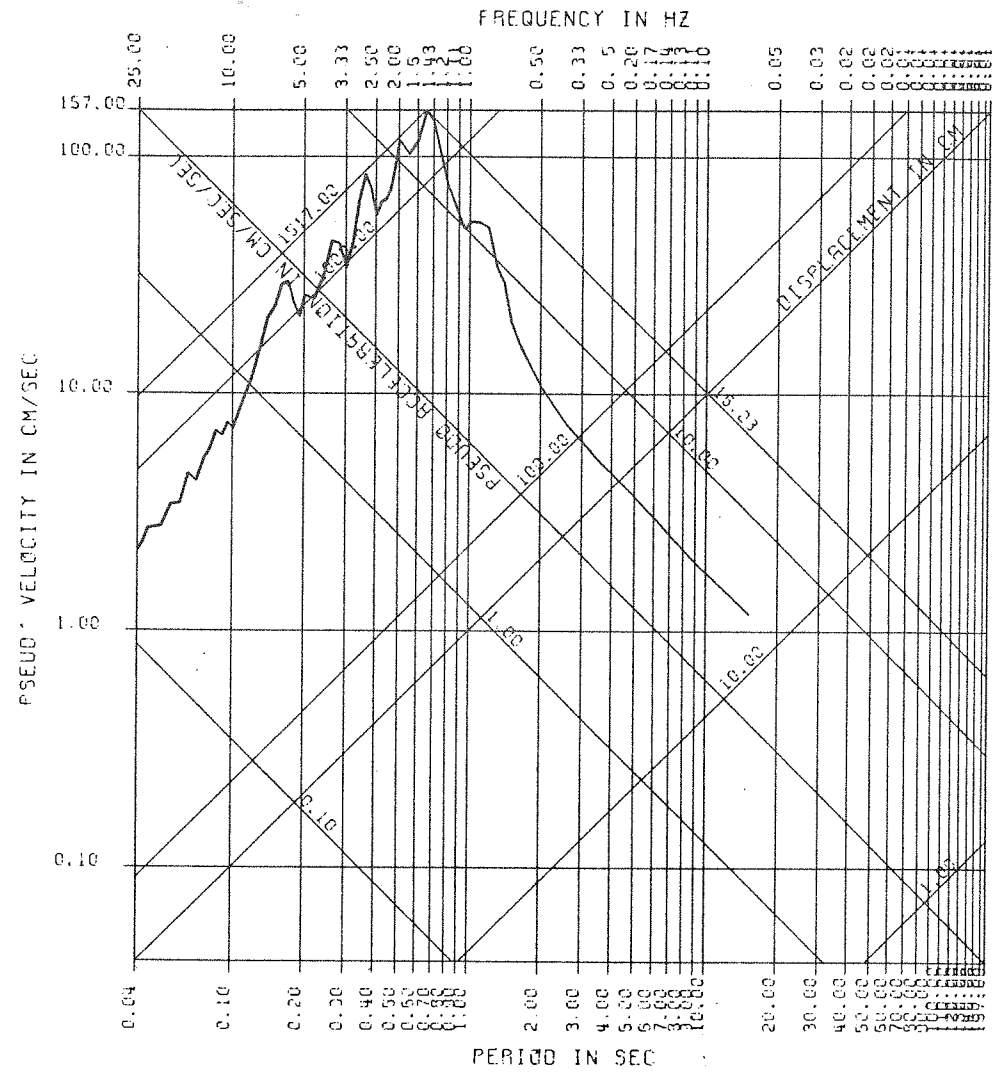


Fig. 9

LA PROTEZIONE DEL PATRIMONIO MONUMENTALE
DAL RISCHIO SISMICO Termini del Problema

MATERIALI PER L'APPROFONDIMENTO DI ALCUNI TEMI DELLA MOSTRA

1.5 Maria Pia Micheli
Le Scale Macrosismiche

Precedentemente all' invenzione e all'impiego su larga scala degli strumenti di registrazione, e cioè in pratica fino agli inizi di questo secolo, l'unico sistema per valutare l'intensità di un terremoto è stato quello di dare una descrizione più o meno accurata dei suoi danni, classificandoli in ordine di gravità.

Tra le più antiche classificazioni del genere è quella del cartografo genovese Iacopo Castaldi, redatta in occasione del terremoto del Nizzardo del 1564.

Nel 1627, G. V. De Poardi ⁽⁺⁾ distribuì gli effetti del terremoto che aveva colpito il 30 luglio di quell'anno la zona

(+) De Poardi G.V.: "Nova relazione del grande e spaventoso terremoto successo nel regno di Napoli, nella provincia di Puglia, il venerdì alli 30 di luglio 1627, dove si intende la desolazione d'alcune città, castelli e luoghi, con la morte di più di 17.000 persone e d'altri successi di gran stupore", Roma, 1627.

del Gargano nelle seguenti quattro classi: "luoghi desolati e guasti la maggior parte; luoghi desolati e guasti la metà; luoghi danneggiati in parte; luoghi distrutti affatto".

Nel 1783 ⁽⁺⁾, in occasione del terremoto delle Calabrie, il principe Pignatelli, tenente generale e vicario del re di Napoli, nominato "commissario straordinario per il terremoto", redasse la prima scala macrosismica costituita da nove classi: 1) scossa piccola; 2) sensibile; 3) leggera; 4) moderata; 5) forte; 6) molto forte; 7) fortissima; 8) violenta; 9) violentissima.

Nel 1788, Giovanni Vivenzio ⁽⁺⁺⁾, dottore in fisica e collaboratore del Pignatelli, ne pubblicò l'opera in due volumi e un atlante che costituiscono il primo esempio sia di descrizione sistematica degli effetti di un terremoto, sia di pianificazione degli interventi riparativi.

Per il terremoto che colpì l'Italia meridionale nel dicem-

(+) Vivenzio G.: "Istoria e teoria de' tremuoti in generale e in particolare di quello della Calabria e di Messina nel MDCCCLXXXIII", Napoli, Stamperia Regale, 1783.

(++) Vivenzio G.: "Istoria de' tremuoti avvenuti nella provincia della Calabria Ulteriore e nella Città di Messina nell'anno 1783 e di quanto nella Calabria fu fatto per lo suo risorgimento fino al 1787", 2 voll., Napoli, Stamperia Regale, 1788.

bre del 1857, l'inglese Robert Mallet elaborò uno studio comprendente una cartografia dettagliata e una tabulazione delle impressioni soggettive e dei danni riportati dagli edifici.

Tracciando su una carta linee congiungenti i luoghi con uguale entità di danneggiamento, che chiamò linee isosismiche, cercò di misurare l'entità e la distribuzione dei movimenti del terreno a partire dalla sorgente delle onde sismiche.

La prima scala macrosismica convenzionale vera e propria, articolata in dieci classi o gradi, è quella formulata da Michele Stefano De Rossi nel 1874 (v. all. 1.1), e in seguito rielaborata con lo svizzero Forel (v. all. 1.2), che nel 1881 aveva redatto una scala di dieci gradi analoga a quella del De Rossi.

Intorno agli stessi anni iniziano gli studi di Giuseppe Mercalli, dapprima con l'elaborazione di una scala di sei gradi (1883), ampliata a dieci in una successiva revisione compiuta col Taramelli (1888), e ulteriormente perfezionata nel 1897 (v. all. 1.3).

Nel 1903 Cancani, misurando le accelerazioni capaci di spostare o rompere oggetti semplici e misurabili (lapidi, altari, statue, lastre, ecc.), definì una scala per l'accelerazione, i cui valori venivano riferiti ai vari gradi Mercalli. Il Cancani notò anche che la scala Mercalli non era in grado di esaurire con i suoi dieci gradi gli effetti dei terremoti con un'accelerazione prossima a quella di gravità.

Ai primi del secolo, con i mutamenti intervenuti nelle tipologie edilizie, nelle tecniche costruttive e nei materiali (cemento, ferro, cemento armato), la scala Mercalli necessitava comunque di modifiche.

Queste furono operate nel 1912 da Sieberg, con la ridefinizione di una scala (in sigla MCS, v. all. 1.4), in cui i valori di accelerazione individuati da Cancani venivano distribuiti su dodici gradi d'intensità.

Un'altra versione, chiamata scala d'intensità Mercalli Modificata (in sigla MM), venne messa a punto nel 1931 da H.O.Wood e da Frank Neumann, in modo che si adattasse alle tipologie edilizie degli Stati Uniti.

Nel 1956 Richter, venti anni dopo aver introdotto il concetto di "magnitudo", assegnò alla scala Mercalli Modificata nuovi valori dell'accelerazione, non più basati su piccoli oggetti, come aveva fatto Cancani, ma su dati strumentali (v. all. 1.5).

Nel 1963 S.V. Medvev, W. Sponheuer e V. Karnik hanno elaborato una scala con variazioni nei rapporti dell'accelerazione e più puntuali riferimenti alle tipologie edilizie dell'area europea e alle percentuali di danno (v. all. 1.6).

Si sono ricordate solamente le più importanti delle 51 scale di intensità sismica note dal 1564 al 1963, in quanto la maggior parte di esse furono ideate solo per qualificare un determinato terremoto, e non per classificare l'insieme dei fenomeni sismici.

Da quella del Castaldi in poi, le scale d'intensità sono andate via via evolvendosi nel senso di una minore soggettività, dell'incremento dei gradi d'intensità (così da comprendere i terremoti più forti), e di una più attenta valutazione degli effetti sulle strutture edilizie.

La scala descrittiva costituisce tuttora lo strumento più appropriato per la valutazione degli eventi sismici storici e per il loro confronto con gli eventi attuali, enormemente più ricchi d'informazioni fisiche. Ancora oggi è la grandezza base per ogni tipo di lavoro sulla zonazione sismica.

Tra le scale d'intensità prese in esame si allegano quelle più importanti di dieci e dodici gradi.

Le scale De Rossi, De Rossi-Forel e la scala Mercalli rappresentano le prime scale d'intensità formulate in tempi moderni, le altre di dodici gradi sono le tre adoperate più correntemente nel mondo.

Per un confronto tra queste ultime si rimanda a R. Console - C. Gasparini: "Le Scale Macrosismiche", monografia n.7, a cura dell'Osservatorio Geofisico Centrale Monte Porzio Catone, Roma, Istituto Nazionale di Geofisica, 1977.

Allegato 1

LE PIU' IMPORTANTI SCALE MACROSISMICHE

1.1 SCALA SISMICA DE ROSSI

- 1 Scossa leggerissima: avvertita soltanto dai sismografi o da un sismologo.
- 2 Scossa debole: avvertita da più d'uno.
- 3 Scossa leggera: avvertita da molti.
- 4 Scossa sensibile: scossa seguita da tremolio di infissi, cri stalli e soprammobili.
- 5 Scossa mediocre: avvertita generalmente da moltissimi.
- 6 Scossa forte: con suono di campanelli, oscillazioni di lampade, arresto di orologi.
- 7 Scossa molto forte: con caduta di calcinacci, suono di campane da torre, strepito.
- 8 Scossa fortissima: con caduta di fumaiuoli e lesioni nei fab bricati.
- 9 Scossa rovinosa: con caduta totale o parziale di qualche edificio.
- 10 Scossa disastrosa: con grandi rovine e vittime.

1.2 SCALA SISMICA DE ROSSI - FOREL

- 1 Secousse microsismométrique, notée par un seul sismographe, ou par des sismographes de même modèle, mais ne mettant pas en mouvement plusieurs sismographes de systèmes différents, constatée par un observateur exercé.
- 2 Secousse enregistrée par des sismographes de système différent; constatée par un petit nombre de personnes au repos.
- 3 Secousse constatée par plusieurs personnes au repos, assez forte pour que la durée ou la direction puissent être appréciées.
- 4 Secousse constatée par l'homme en action; ébranlement des objets mobiles, des portes et fenêtres, craquement des planchers.
- 5 Secousse constatée généralement par toute la population, ébranlement des objets mobiliers, meubles et lits, tintement de quelques sonnettes.
- 6 Réveil général des dormeurs; tintement général des sonnettes, oscillation de lustres, arrêt des pendules; ébranlement apparent des arbres et arbustes. Quelques personnes effrayées sortent des habitations.
- 7 Renversement d'objets, chute des plâtres; tintement des cloches dans les églises épouvante générale sans dommages aux édifices.
- 8 Chute des cheminées, lézardes aux murs des édifices.
- 9 Destruction partielle ou totale de quelques édifices.
- 10 Grands désastres, ruines, bouleversement des couches terrestres, fentes à l'écorce du globe, éboulement des montagnes.

1.3 SCALA MACROSISMICA MERCALLI

- I. *Scossa strumentale*; cioè segnalata dai soli strumenti sismici.
- II. *Molto leggera* (leggerissima): avvertita solamente da qualche persona in condizioni di perfetta quiete, specialmente nei piani superiori delle case, ovvero da persone molto sensibili e nervose.
- III. *Leggera*: avvertita da parecchie persone, ma poche relativamente al numero degli abitanti di un dato paese; si dice che fu *appena sentita* senza nessuna apprensione e, in generale, senza accorgersi che fosse terremoto, se non dopo saputo che altri hanno pure avvertito il fenomeno.
- IV. *Sensibile o mediocre*: avvertita non generalmente ma da molte persone nell'interno delle case; però da pochi al piano terreno, senza spavento, ma con tremito d'infissi, di cristalli, scricchiolio d'impalcature, leggera oscillazione di oggetti sospesi.
- V. *Forte*: avvertita generalmente nelle case, ma da pochi nelle strade; con risveglio di persone addormentate, con spavento di alcuni, sbatter di usci, suono di campanelli, oscillazione piuttosto ampia di oggetti sospesi, arresto di orologi.
- VI. *Molto forte*: avvertita da tutti nelle case e da molti con spavento o fuga all'aperto; caduta di oggetti nelle case, caduta di calcinacci con qualche lesione leggera negli edifici meno solidi.
- VII. *Fortissima*: avvertita con spavento generale e fuga dalle case, sensibile anche nelle strade; suono di campane da torre; caduta di fumaioli e di tegole; lesioni negli edifici numerose, ma in generale leggere.
- VIII. *Rovinoso*: avvertita con grande spavento, rovina parziale di alcune case e lesioni generali e considerevoli nelle altre, senza vittime o solamente con qualche disgrazia personale isolata.
- IX. *Disastrosa*: con rovina totale o quasi di talune case, lesioni gravi in molte altre, tali da renderle inabitabili; vittime umane non molto numerose, ma sparse in diversi punti degli abitati.
- X. *Disastrosissima*: con rovina di molti edifici e molte vittime umane, spaccature nel suolo, scoscendimenti nelle montagne.

Nel giudicare dell'intensità delle scosse dai loro effetti bisogna tener conto del complesso dei danni e delle loro rovine piuttosto che di qualche fatto isolato, il quale spesso trova la sua ragione nelle condizioni particolari di qualche edificio più che nella intensità della scossa; e specialmente devesi badare se la popolazione si trovava al momento del terremoto nelle case o nelle vie, raccolta nelle chiese o nei teatri.

(+) da R. Console, C. Gasparini, op. cit., p. 19.

1.4 SCALA MERCALLI CANCANI SIEBERG

Dettagliata scala Mercalli-Sieberg per la determinazione dei rispettivi gradi d'intensità sismica.

I GRADO - Inpercettibile : rilevato soltanto da sismografi.

II GRADO - Molto leggero : Recepito soltanto da rari soggetti nervosi oppure estremamente sensibili se in perfetta quiete e quasi sempre nei piani superiori dei caseggiati.

III GRADO - Leggero : anche in zone densamente abitate viene percepito come tremolio soltanto da una piccola parte degli abitanti nell'interno delle case, come nel caso del passaggio di un'automobile a velocità elevata, da alcuni viene riconosciuto quale fenomeno sismico soltanto dopo averne ragionato.

IV GRADO - Moderato : delle persone che si trovano all'esterno degli abitati ben poche percepiscono il terremoto. All'interno viene identificato da molte, ma non da tutte le persone in seguito al tremare oppure a oscillazioni leggere di mobili. Cristalleria e vasellame, posti a breve distanza, urtano come al passaggio di un pesante autocarro su pavimentazione irregolare. Finestre tintinnano, porte, travi e assi scricchiolano, cricchiano i soffitti. In recipienti aperti liquidi vengono leggermente mossi. Si ha la sensazione che, in casa, un oggetto pesante (sacco, mobili) si rovesci, oppure di oscillare con tutta la sedia o il letto come su una nave con mare mosso. In generale questi movimenti non provocano paura a meno che le persone non si siano innervosite o spaventate a causa di terremoti precedenti. In rari casi i dormienti si svegliano.

V GRADO - Abbastanza forte : Perfino nel pieno delle attività giornaliere, il sisma viene percepito da numerose persone sulle strade e se sensibili anche in campo aperto. Nell'appartamento si avverte in seguito allo scuotere dell'intero edificio. Piante e rami deboli di cespugli ed alberi si muovono con evidenza, come se ci fosse un vento moderato. Oggetti pendenti entrano in oscillazione, per esempio: tendaggi, semafori e lampade pendenti, lampadari non troppo pesanti; campanelli suonano, orologi a pendolo si fermano od oscillano con maggior periodo dipendentemente dalla direzione della scossa se perpendicolare o normale al moto di oscillazione; a volte orologi a pendolo fermi possono rifunzionare; molle dell'orologio risuonano; la luce elettrica guizza o cade in seguito a movimenti della linea; quadri urtano battendo

contro le pareti oppure si spostano; vengono versate piccole quantità liquide da aperti recipienti colmi; ninnoli ed oggetti del genere si possono rovesciare, eppure oggetti addossati alle pareti, arredi leggeri possono perfino essere spostati di poco; mobili rintonano; porte ed imposte sbattono; i vetri delle finestre infrangono. Quasi tutti i dormienti si svegliano. Sporadici gruppi di persone fuggono all'aperto.

VI GRADO - Forte : Il terremoto viene notato da tutti con paura, molti rifuggono all'aperto, alcuni hanno la sensazione d'instabilità. Liquidi si muovono fortemente; quadri, libri e cose simili cadono dalle pareti e dagli scaffali; porcellane si frantumano; suppellettili assai stabili, perfino isolati pezzi d'arredo vengono spostati se non rovesciati; campane minori in cappelle e chiese, orologi di campanili battono. Case isolate solidamente costruite subiscono danni leggeri; spaccature all'intonaco, caduta del rinzafo di soffitti e di pareti. Danni più forti, ma non ancora peniciosi, si hanno sugli edifici mal costruiti. Qualche tegola e pietra di camino cade.

VII GRADO - Molto forte : Lesioni notevoli vengono provocate ad oggetti di arredamento anche di grande peso rovesciandoli e frantumandoli. Grandi campane rintoccano. Corsi d'acqua, stagni e laghi si agitano e intorbidiscono a causa della melma smossa. Qua e là, consolidamenti delle sponde di sabbia e ghiaia scompaiono. Fontane variano il livello d'acqua. Danni moderati a numerosi edifici di forte struttura : piccole spaccature nei muri, cadono toppe piuttosto grandi dell'incalcinatura e dello stucco, a volte mattoni; le case vengono scoperchiate. Molti fumaioli vengono lesi da incrinature, da cadute di tegole, da fuoriuscita di pietre; camini già rovinati si rovesciano sopra il tetto danneggiandolo. Da torri e costruzioni alte cadono decorazioni mal fissate. Quando la casa è a pareti intelaiate, i danni all'incalcinatura e all'intelaiatura sono più gravi. Case mal costruite oppure riattate a volte crollano.

VIII GRADO - Rovinoso : Interi tronchi d'alberi pendono inanimi, o perfino si staccano. Anche i mobili più pesanti vengono portati lontano dal proprio luogo d'origine e a volte rovesciati. Statue, pietre miliari in chiese, in cimiteri e parchi pubblici ruotano sul proprio piedistallo oppure si rovesciano. Solidi muri di cinta in pietra sono aperti ed atterrati. Un quarto circa delle case è gravemente leso; alcune crollano; molte divengono inabitabili. Negli edifici ad intelaiatura, gran parte di queste cadono. Case in legno vengono schiacciate o rovesciate. Si sente spesso che campanili di chiese e di fabbriche con la loro caduta provocano purtroppo a edifici vicini spesso lesioni più gravi di quanto non avrebbe fatto da solo il terremoto.

In pendii e terreni acquitrinosi si formano crepe. Dalle paludi si ha l'espulsione di sabbia e di melma.

IX GRADO - Distruttivo : Circa la metà di case in pietra sono distrutte; parecchie crollano; la maggior parte diviene inabitabile. Case ad intelaiatura sono divelte dalle proprie fondamenta, e crollano; travi strappate dipendentemente dalle circostanze

(+) da R. Console, C. Gasparini, op. cit., pp. 7-10.

contribuiscono assai alla rovina.

X GRADO - Completamente distruttivo : Gravissima distruzione di circa 3/4 degli edifici; la maggior parte crolla. Perfino costruzioni solide di legno e ponti subiscono gravi lesioni, alcuni vengono distrutti. Argini e dighe ecc. ecc., chi più, chi meno, sono danneggiati notevolmente, binari leggermente piegati e tubature (gas - acqua e scarichi) vengono troncate, rotte e schiacciate. Nelle strade lastricate e asfaltate si formano crepe e per pressione sporgono larghe pieghe ondose. In terre meno dense e più umide si creano spaccature fino alla larghezza di più decimetri; si notano parallelamente ai corsi d'acqua crepature che raggiungono larghezze fino ad un metro. Non soltanto scivolano pezzi di terra dai pendii, ma interi macigni rotolano a valle. Grossi massi si staccano dagli argini dei fiumi e di coste scoscese, riviene basse subiscono spostamenti di masse sabbiose e fangose; per cui il livello del terreno non viene notevolmente variato. Le fontane variano di frequente il livello dell'acqua. Da fiumi, canali e laghi ecc. ecc. le acque vengono gettate contro le sponde.

XI GRADO - Catastrofico : Crollo di tutti gli edifici in muratura, soltanto costruzioni e capanne di legno ad incastro di grande elasticità ancora reggono. Anche i più grandi e i più sicuri ponti crollano a causa della caduta di pilastri in pietra o del cedimento di quelli in ferro. Binari si piegano fortemente e si spezzano. Tubature vengono spaccate e rese irreparabili. Nel terreno si manifestano vari mutamenti di notevole estensione, dipendentemente dalla natura del suolo: grandi crepe e spaccature si aprono; e soprattutto in terreni morbidi e acquitrinosi il dissesto è considerevole sia orizzontalmente che verticalmente. Ne segue il trabocco di sabbia e melma con le diverse manifestazioni. Sfaldamento di terreni e caduta di massi sono frequenti.

XII GRADO - Grandemente catastrofico : Non regge alcuna opera d'uomo. Lo sconvolgimento del paesaggio assume aspetti grandiosi. Flussi d'acqua sotterranei in superficie subiscono i mutamenti più vari: si formano cascate, laghi scompaiono, fiumi deviano.

Poiché il grande numero di particolari avvalorà l'insieme di questa scala, i più importanti sono riportati con molta chiarezza nella tabella 103. A chi abbia bene in mente il contenuto della scala, è pienamente sufficiente questo quadro schematico.

Nelle zone propriamente sismiche spesso si fa attenzione soltanto ai gradi distruttivi, così riesce difficile, al di fuori di questi confini, dare una utile collocazione nei gradi della scala.

Nella nuova scala si è tenuto conto in maniera limitata delle diverse norme edilizie. Ma questa incongruenza, non è di grande importanza, come potrebbe sembrare a prima vista, in quanto noi non desideriamo giungere a valori assoluti bensì soltanto relativi, tra loro confrontabili. Proprio per questo motivo, come l'esperienza ha dimostrato, è facile adeguare sufficientemente la scala Mercalli alle diverse zone della

Terra per quanto siano varie le loro caratteristiche architettoniche e di altra natura. Si possono tra l'altro valutare anche i gradi intermedi.

1.5 SCALA MERCALLI MODIFICATA (1956) DELL'INTENSITA' SISMICA (RICHTER C.F.)

I grado, strumentale < 2,5 a mm/sec²

Non percepito dalle persone, ma dai soli strumenti sismici.

II grado, leggerissimo 2,5-5

Percepito da persone in riposo, nei piani superiori delle case o in posizione favorevole.

III grado, leggero, 5-10

Percepito nelle case. Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri leggeri. Stime della durata. Talora non riconosciute come terremoto.

IV grado, sensibile o mediocre, 10-25

Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri pesanti, o scossa come di una pesante palla che colpisce le pareti. Oscillazione di automezzi fermi. Movimenti di porte e finestre. Tintinnio di vetri. Vibrazioni di vasellami. Nello stadio superiore al IV, scricchiolio di pareti e di strutture in legname.

V grado, forte, 25-50

Risentito all'esterno; stima della direzione. Sveglia di persone dormienti. Movimento della superficie dei liquidi, versamento di taluni dai recipienti. Spostamento o rovesciamento di piccoli oggetti instabili. Oscillazione di porte che si aprono e si chiudono. Movimento di imposte e quadri. Arresto, messa in moto, cambiamento del passo di orologi a pendolo.

VI grado, molto forte, 50-100

Sentito da tutti. Spavento e fuga all'esterno. Barcollare di persone in moto. Rottura di vetrine, piatti, vetrerie. Caduta dagli scaffali di ninnoli, libri ecc. e di quadri dalle pareti. Spostamento o rotazione di mobili. Screpolature di intonachi deboli e di murature tipo D (*). Suono di campanelli (Chiese, scuole). Stormire di alberi e di cespugli.

VII grado, fortissimo, 100-250

Difficile stare in piedi. Risentito dai guidatori di automezzi. Tremolio di oggetti sospesi. Rottura di mobili. Danni alle murature tipo D (*), incluse fenditure. Rotture di comignoli deboli situati sul colmo dei tetti. Caduta di intonachi, mattoni, pietre, tegole, cornicioni (anche di parapetti isolati e ornamenti architettonici). Qualche lesione alle murature tipo C (*). Formazione di onde sugli specchi di acqua; intorbida-

(+) da R. Console, C. Gasparini, op. cit., pp. 12-13.

mento di acque. Piccoli smottamenti e scavamenti in depositi di sabbia e ghiaia. Forte suono di campane. Danni ai canali di irrigazione rivestiti.

VIII grado, rovinoso, 250-500

Risentito nella guida di automezzi. Danni alle murature tipo C (*), crolli parziali. Alcuni danni a murature tipo B (*), non tipo A (*). Caduta di stucchi e di alcune pareti in muratura. Rotazione e caduta di camini, monumenti, torri, serbatoi elevati. Costruzioni con strutture in legname smosse dalle fondazioni se non imbullonate; pannelli delle pareti lanciate fuori. Rottura di palizzate deteriorate. Rottura di rami di alberi. Variazioni di portata o di temperatura di sorgenti e pozzi. Crepacci nel terreno e sui pendii ripidi.

IX grado, disastroso, 500-1000

Panico generale. Distruzione di murature tipo D (*), gravi danni a murature tipo C (*) talvolta con crollo completo; seri danni a murature tipo B (*) (danni generali alle fondazioni). Gravi danni ai serbatoi. Rottura di tubazioni sotterranee. Rilevanti crepacci nel terreno. Nelle aree alluvionali esculsione di sabbie e fango, formazione di crateri di sabbia.

X grado, disastrosissimo, 1000-2500

Distruzione di gran parte delle murature e delle strutture in legname, con le loro fondazioni. Distruzione di alcune robuste strutture in legname e di ponti. Gravi danni a dighe, briglie, argini. Grandi frane. Disalveamento delle acque di canali, fiumi, laghi, ecc. Traslazione orizzontale di sabbie e argille sulle spiagge e su regioni piane. Rotaie debolmente deviate.

XI grado, catastrofico, 2500-5000

Rotaie fortemente deviate. Tubazioni sotterranee completamente fuori servizio.

XII grado, molto catastrofico, 5000-10000

Distruzione pressoché totale. Spostamento di grandi masse rocciose. Linee di riferimento deformate. Oggetti lanciati in aria.

(*) A = Buon manufatto, con malta, costruito su progetto, rinforzato ai lati e legato insieme con ferri calcestruzzo ecc., progettato per resistere a forze laterali.

B = Buon manufatto con malta; rinforzato, ma non destinato in particolare a resistere a forze laterali.

C = Manufatto ordinario con malta; non eccessivamente debole come in mancanza di tiranti agli angoli, ma neppure rinforzato, né destinato a resistere a forze orizzontali.

D = Materiali deboli, come mattoni cotti al sole; malte povere; manufatto di bassa qualità, debole orizzontalmente.

1.6 SCALA MEDVEDEV - SPONHEUR - KARNIK

1. Tipi di edifici

Struttura A : costruzione in pietrame naturale, costruzioni rurali, case di adobe (in mattoni crudi o con malta di argilla) e case con argilla o limo .

Struttura B : costruzioni in mattoni comuni, in grossi blocchi o in prefabbricati, muratura con telai di legname, costruzioni in pietra squadrata.

Struttura C : costruzioni armate, strutture in legno ben fatte.

2. Significato di alcuni termini di valutazione approssimata

a) singoli (qualcuno), pochi	5%;
b) molti	50%;
c) la maggior parte	75%;

3. Classificazione dei danni agli edifici (in categorie)

1. Lievi danni: esili crepe negli intonaci; caduta di piccoli pezzi di intonaco. Cat. 1

2. Moderati danni: piccole lesioni nei muri; caduta di grandi pezzi di intonaco; caduta di tegole; lesioni di comignoli; caduta di parti di comignoli. Cat. 2.

3. Forti danni lesioni ampie e profonde dei muri; caduta di comignoli. Cat. 3.

4. Distruzioni: aperture nei muri, possono crollare parti di edifici. Le singole parti di edifici perdono la loro unione. Crollano muri interni. Cat. 4.

5. Danni totali degli edifici. Cat. 5.

4. Elementi di base della scala

a) persone e dintorni;

(+) da R. Console, C. Gasparini, op. cit., pp. 14-18.

b) costruzioni di altri generi;
c) natura.

SCALA

I grado - Scossa non percepita. L'intensità della vibrazione è al disotto del limite della sensibilità ed è avvertita e registrata soltanto dagli strumenti sismici.

II grado - Scossa appena percettibile. La scossa è avvertita soltanto da alcune persone entro casa e specialmente nei piani superiori (delle case stesse).

III grado - Scossa debole, avvertita non da tutti. All'interno della casa la scossa è avvertita solo da pochi, all'esterno soltanto in circostanze favorevoli. La vibrazione assomiglia a quella dovuta al passaggio di un mezzo (autocarro) leggero. Un osservatore attento può scorgere un lento oscillare di oggetti sospesi e più facilmente nei piani superiori.

IV grado - Scossa avvertita dalla gran parte delle persone. Il terremoto è avvertito da molti nelle case, da pochi all'aperto, si svegliano alcuni che dormono, ma non v'è spavento. Lo scuotimento è simile a quello dovuto al passaggio di un autocarro molto carico. Finestre e porte scricchiolano e vasellame (piatti, bicchieri, ecc.) tintinna (cioè rumori di finestre, porte e vasellame). Muri e solai si lesionano, mobili tremano. Oggetti sospesi oscillano leggermente. Liquidi in serbatoi aperti oscillano lievemente. In automobile ferma si avverte la scossa.

V grado - Sveglia

a) La scossa è avvertita da tutti all'interno, da molti all'aperto. Molti dormienti si svegliano. Qualcuno scappa fuori dalla casa, gli animali diventano inquieti. Si verifica un tremore dell'intero edificio. Oggetti sospesi oscillano considerevolmente. Quadri battono contro il muro o si spostano. Orologi a pendolo possono fermarsi. Oggetti poco stabili possono cadere o ruotare. Porte e scuri di finestre aperti sbattono, liquidi che riempiono serbatoi (o recipienti) traboccano in piccola misura. La vibrazione dà la stessa sensazione della caduta in casa di un oggetto pesante.

b) Piccoli danni agli edifici del tipo A.

c) In qualche sorgente si nota una variazione di portata.

VI grado - Spavento

a) Avvertita dalla maggior parte delle persone al coperto e all'aperto. Molti nelle case si spaventano e scappano all'aperto. Qualcuno perde l'equilibrio. Animali domestici scappano dalle stalle. In pochi casi piatti e bicchieri possono rompersi e i libri cadere. Pesanti mobili possono eventualmente smuoversi e piccole campane di

campanili possono suonare.

b) Qualche casa di tipo B e molte del tipo A subiscono danni della categoria 1, qualche casa del tipo A subisce danni della categoria 2.

c) Qualche apertura nel terreno umido fino a 1 cm di larghezza; qualche franamento nei rilievi; si notano variazioni di portate di sorgenti e delle loro quote.

VII grado - Danni ad edifici

a) La maggior parte degli abitanti si spaventa e fugge all'aperto. Molti trovano difficoltà a restare all'impiedi. Gli scuotimenti del terreno sono avvertiti (anche) da persone che guidano auto. Suonano grandi campane.

b) In molti edifici del tipo C si verificano danni della cat. 1, in molti del tipo B danni della cat. 2. La maggior parte delle case del tipo A subisce danni della categoria 3 e qualcuna della categoria 4. In qualche caso franamenti nei rilevati stradali nelle scarpate acclivi con crepe sulla sede stradale, giunti delle condutture sono danneggiati, lesioni nei muri di pietra (pietrame ?).

c) Si formano onde sull'acqua e l'acqua è resa torbida dal fango smosso. Variano livelli e portate di sorgenti. In pochi casi le sorgenti ormai estinte riprendono a erogare e viceversa. Qua e là franano sponde (scarpate) costituite da ghiaie o da sabbie.

VIII grado - Distruzione di edifici

a) Spavento e panico, gli autisti si spaventano. Qua e là si staccano rami di alberi. Anche la mobilia si smuove ed in parte si rovescia.

In parte i lampadari sono danneggiati.

b) I danni possono così riassumersi:

La maggior parte degli edifici C subisce danni della cat. 2; alcuni degli edifici C subiscono danni della cat. 3. La maggior parte degli edifici B subisce danni della cat. 3. La maggior parte degli edifici A subisce danni della cat. 4.

In qualche punto si rompono i giunti delle condutture. Si storcono e si spostano monumenti e statue; pietre sepolcrali crollano. Crollano muri di pietre.

c) Piccoli franamenti in scavi o in rilevati stradali con scarpate ripide. Nel terreno si formano crepe di qualche centimetro di larghezza. L'acqua nei laghi si intorbida. Si formano nuovi laghi. Sorgenti si essicano o compaiono; molte volte variano le loro portate e le quote di emergenza.

IX grado - Danni generali agli edifici

a) Panico generale. Numerosi danni a mobili e oggetti di casa. Gli animali gridano e corrono sbandati.

b) Gli edifici presentano i seguenti danni:

molti di tipo C subiscono danni di cat. 3

molti di tipo C subiscono danni di cat. 4

molti di tipo B subiscono danni di cat. 4

alcuni di tipo B subiscono danni di cat. 5

molti di tipo A subiscono danni di cat. 5

Monumenti e statue cadono.

Danni considerevoli ai serbatoi, condutture sottoterra si rompono in parte. In qualche caso le rotaie delle ferrovie si contorcono, rilevati stradali danneggiati.

c) Nelle aree pianeggianti si nota spesso risalita in superficie d'acqua con o senza sabbia o fango.

Crepe del terreno fino a 10 cm di larghezza, sui pendii e sponde di fiumi anche più di 10 cm. oltre, si intende, numerose crepe minori; frane di roccia, molti franamenti e colate di terra; ampie ondate nelle acque. Sorgenti scompaiono e ricompaiono.

X grado - Distruzioni generali degli edifici.

a) Gli edifici subiscono i seguenti danni:

molti edifici del tipo C subiscono danni della cat. 4

pochi edifici del tipo C subiscono danni della cat. 5

molti edifici del tipo B subiscono danni della cat. 5

la maggior parte degli edifici del tipo A subisce distruzioni della cat. 5.

Danni preoccupanti alle dighe di ritenuta ed ai bacini e severi danni ai ponti. Rotaie delle ferrovie sono contorte; condutture sotterranee rotte e piegate; sulle strade si formano delle ondulazioni.

b) Crepe del terreno di alcuni decimetri con qualcuna fino a 1 m. Parallelamente ai corsi d'acqua fratture ampie; terreni sciolti scendono verso il basso.

Sulle rive dei fiumi e sulle coste ripide possono verificarsi frane di notevole entità. Nelle (aree di) spiagge spostamenti di sabbia e di fango, varia il regime di sorgenti, l'acqua straripa dai canali, dai fiumi, dai laghi. Si formano nuovi laghi.

XI grado - Distruzione.

Anche qui non sono considerati più gli effetti sugli uomini e sugli animali.

Perciò si considerano le sole lettere b) e c).

b) Severi danni anche negli edifici meglio costruiti, nei ponti, nelle dighe e alle rotaie delle ferrovie. Strade si rendono inutilizzabili. Distrutte condutture sotterranee.

c) Numerose modifiche del terreno dovute a crepe, fratture e movimenti sia orizzontali, che verticali; numerosi franamenti di tipi vari.

L'intensità del terremoto richiede ricerche speciali.

XII grado - Modifiche della topografia.

b) Dal punto di vista di danni agli edifici la scala non aggiunge altro a quanto detto per il grado XI, d'altronde, gli effetti sismici di cui alla seguente lettera c) assorbito quelli riguardanti i danni alle costruzioni civili (n.d.r.).

(Praticamente) ogni costruzione fuori e dentro terra è fortemente danneggiata

o distrutta.

c) La superficie del suolo viene profondamente deformata. Si notano considerevoli crepe con movimenti verticali ed orizzontali nonché ampie frane di rocce e scoscendimenti vari compresi quelli delle sponde e rive di corsi (o bacini ecc.) di acqua, si formano cascate d'acqua; fiumi sono deviati nel loro corso e talora sbarrati fino a formare laghi.

L'intensità del terremoto richiede ricerche speciali.