

IL TERREMOTO IN ITALIA

- Dal 1500 al 2000 le vittime dovute ad eventi naturali in Italia sono

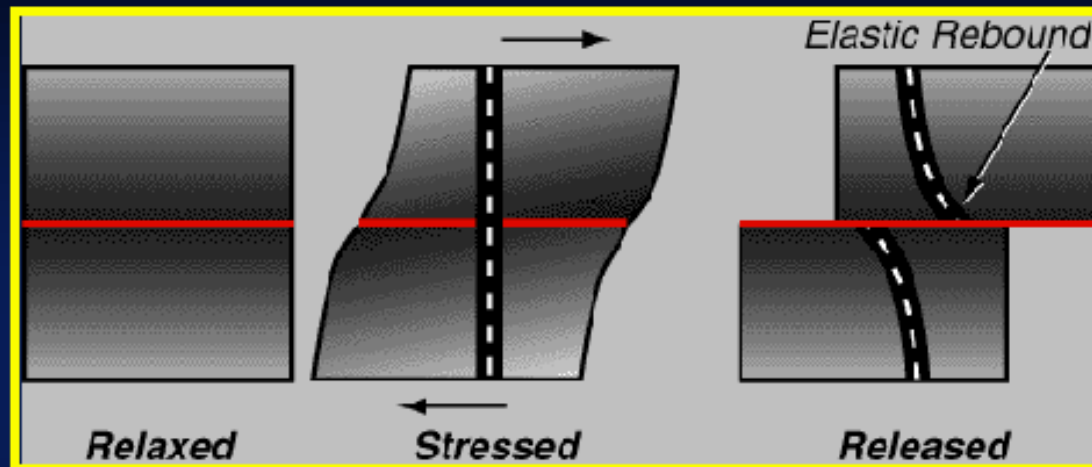
state in media **23 a settimana.**

Per il **75%** si sono verificate in occasione di eventi sismici.

Che cos'è il terremoto?

- *E' uno scuotimento del suolo che si manifesta con componenti in tutte le direzioni.*
- Non applica direttamente FORZE sulle strutture, ma spostamenti, velocità e accelerazioni. Le accelerazioni, moltiplicate per le masse, generano FORZE INERZIALI.

Meccanismo di generazione del terremoto



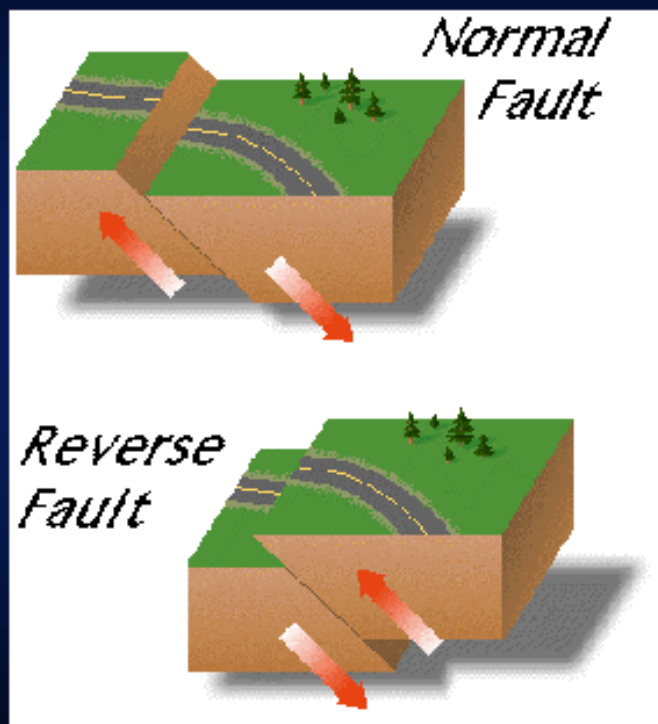
Teoria del
“rimbalzo elastico”

Interazione tra le zolle litosferiche → sforzo → accumulo di energia

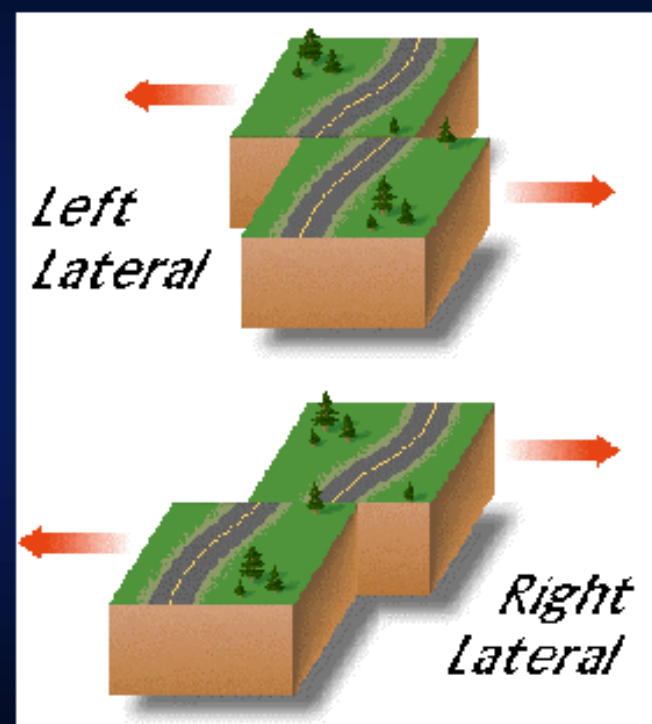
Il superamento del limite di resistenza della roccia produce la rapida liberazione dell'energia, attraverso la rottura della roccia in profondità lungo superfici di scorrimento chiamate **FAGLIE**

Faglie

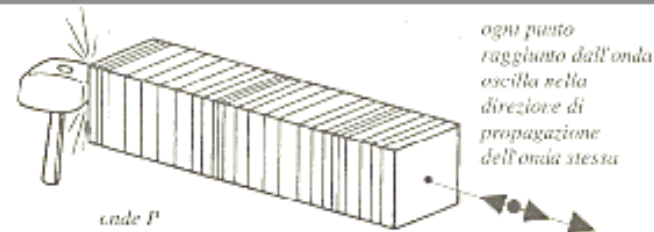
diretta



inversa

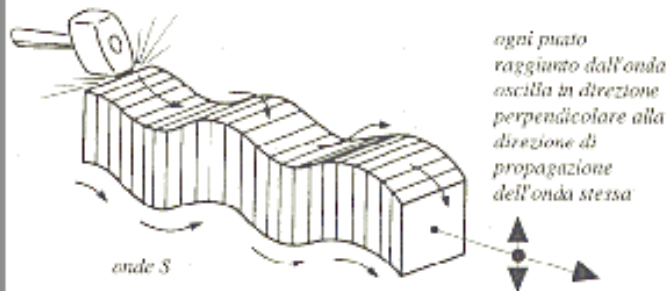


trascorrente



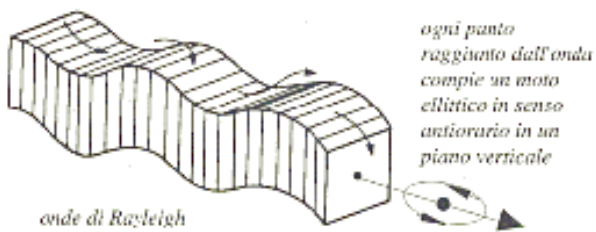
onde P

ogni punto
raggiunto dall'onda
oscilla nella
direzione di
propagazione
dell'onda stessa



onde S

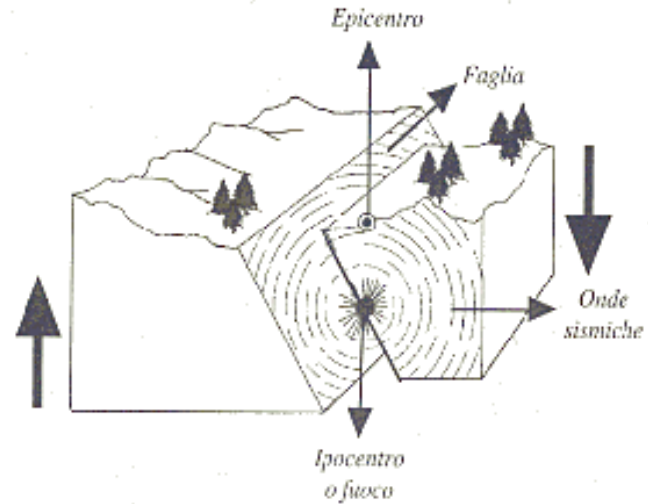
ogni punto
raggiunto dall'onda
oscilla in direzione
perpendicolare alla
direzione di
propagazione
dell'onda stessa



onde di Rayleigh

ogni punto
raggiunto dall'onda
compie un moto
ellittico in senso
antiorario in un
piano verticale

Onde sismiche



Conseguenze della natura dell'azione sismica

1. Il sisma è uno scuotimento multi-direzionale del suolo

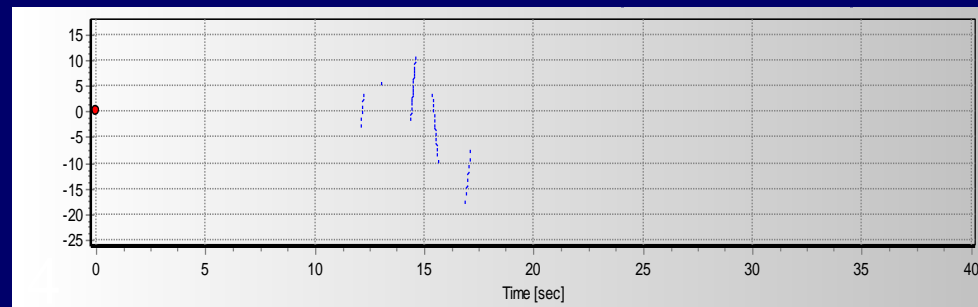
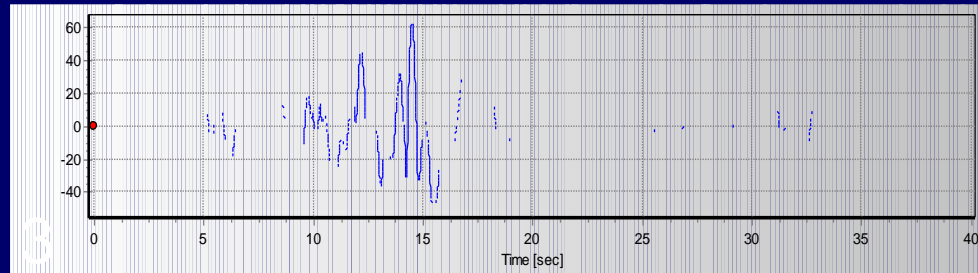
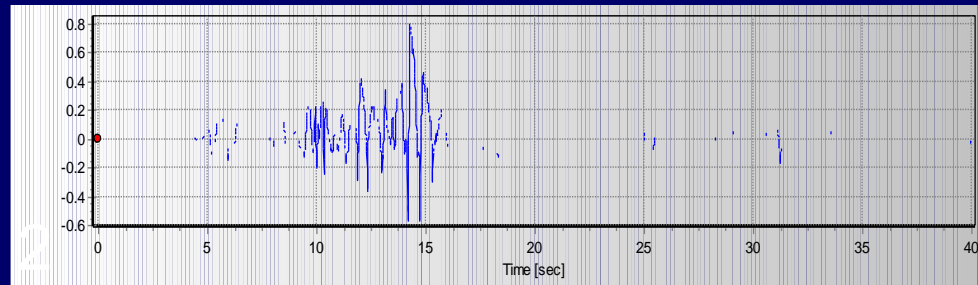
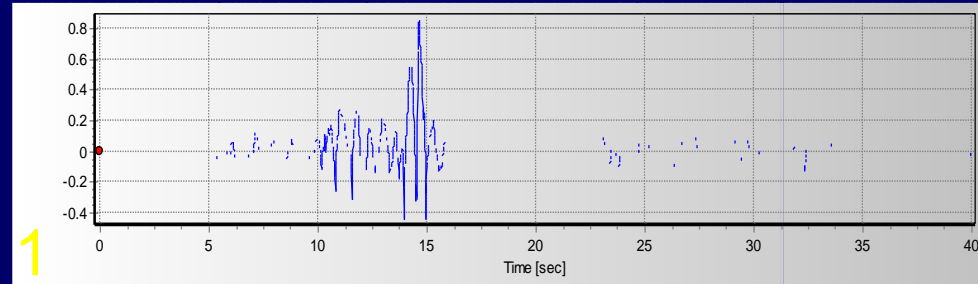
Terremoto di Chi-chi,
Taiwan, 1999;

Accelerazione massima : 0.8531g

Velocità massima : 83.40339cm/sec

Spostamento massimo : 34.74684cm

- Figg.1 e 2: accelerogrammi in due direzioni ortogonali
- Figg.3 e 4: velocità e spostamento nella seconda direzione



Terremoto, come si misura

Come si misura il terremoto?

- **Diversi metodi di definizione e misura a seconda se si tiene conto de:**
 - **gli effetti sull'uomo, sulle costruzioni e sull'ambiente (intensità);**
 - **le registrazioni sismometriche (magnitudo, correlata all'ENERGIA DEL SISMA);**
 - **le registrazioni accelerometriche (PGA=accelerazione di picco al suolo).**

Scale «soggettive» basate sulla osservazione degli effetti e dei danni e non su misure oggettive



Intensità macrosismica

Le scale di misura

De Rossi (1873)

De Rossi - Forel (1883)

Mercalli (1897)

Mercalli (1902)

→ Mercalli Cancani Sieberg (1930)

→ Mercalli Modificata (1931)

Medvedev Sponheur Karnik (1964)

→ Medvedev Sponheur Karnik (1981)

European Macroseismic Scale (1992)

I non percepito

II-V percezione crescente,
reazioni di paura, caduta di
oggetti, senza danni

VI-VII danni lievi

VIII-XI crolli e distruzione di
una percentuale crescente di
edifici

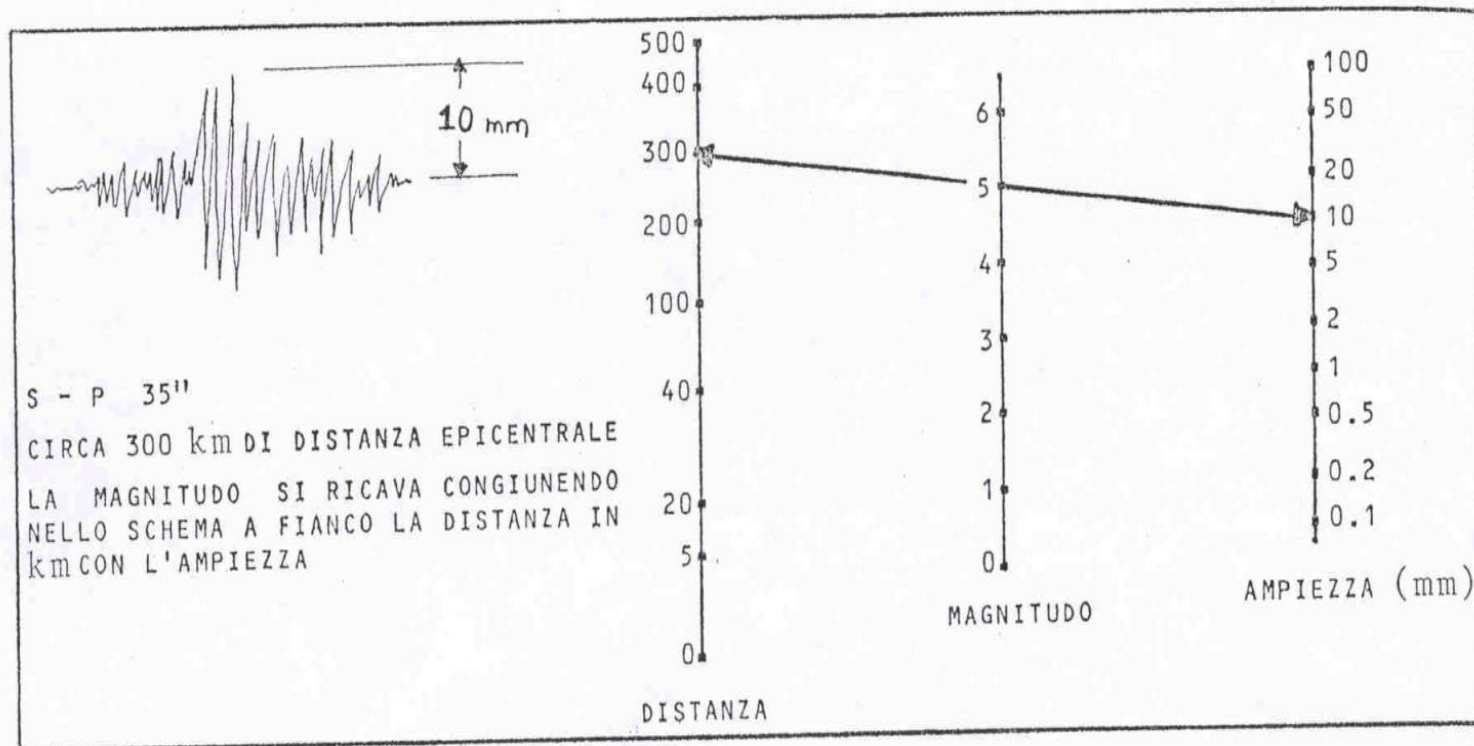
XII storicamente mai raggiunto

Un primo tentativo di «oggettivazione» delle scale Mercalli è presente nella scala Mercalli-Cancani.Sieberg dove i gradi della scala soggettiva vengono associati a misure di velocità e accelerazione

STIMA RAPIDA DELLA MAGNITUDO

Abaco basato sulla Magnitudo Mb (stima basata sulla misura delle onde di massa S (Body Waves SECUNDAE))

Fig. 9

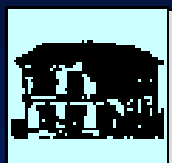


MAGNITUDO, ENERGIA ED EQUIVALENTE IN TONNELLATE DI TNT
Legge di Gutenberg e Richter: $\log E_s = 11.8 + 1.5M$ (in Erg)
L'energia cresce di 31,6 volte per ogni grado Richter in più; perciò la scala Richter si scrive con la prima cifra decimale

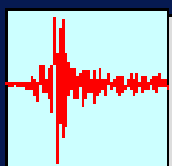
SCALA RICHTER

Magnitudo	TNT equivalente	Frequenza
0	1,0 chilogrammo	circa 8.000 al giorno
1	31,6 chilogrammi	
1,5	178,0 chilogrammi	
2	1,0 tonnellata	circa 1.000 al giorno
2,5	5,6 tonnellate	
3	31,6 tonnellate	circa 130 al giorno
3,5	178,0 tonnellate	
4	1.000,0 tonnellate	circa 15 al giorno
4,5	5.600,0 tonnellate	
5	31.600,0 tonnellate	2-3 al giorno
5,5	178.000,0 tonnellate	
6	1,0 milione di tonnellate	120 all'anno
6,5	5,6 milioni di tonnellate	
7	31,6 milioni di tonnellate	18 all'anno
7,5	178,0 milioni di tonnellate	
8	1,0 miliardo di tonnellate	1 all'anno
8,5	5,6 miliardi di tonnellate	
9	31,6 miliardi di tonnellate	1 ogni 20 anni
10	1.000,0 miliardi di tonnellate	Mai registrata

intensità - magnitudo



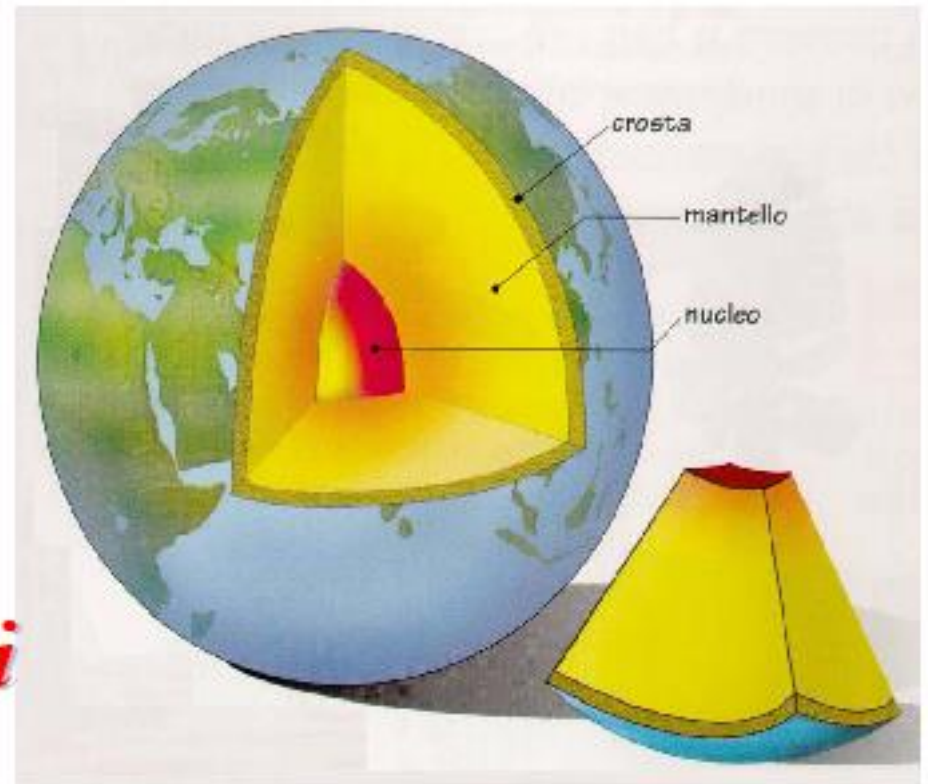
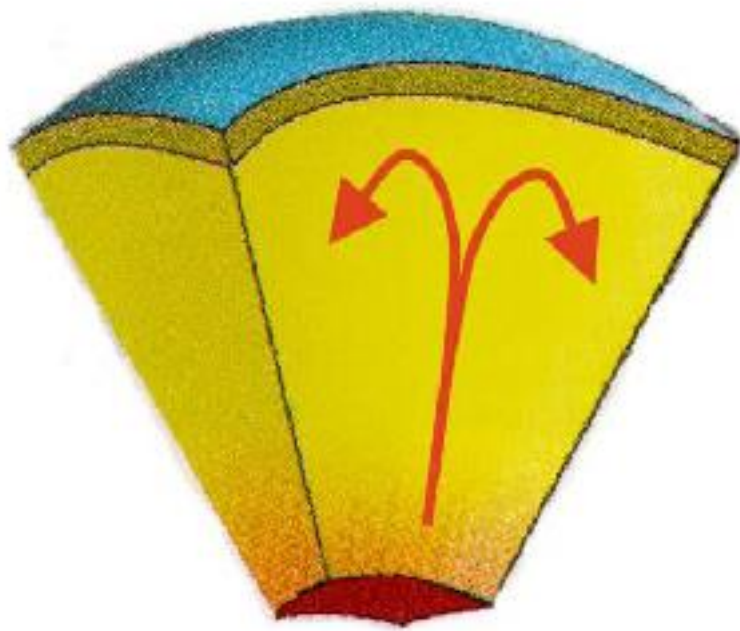
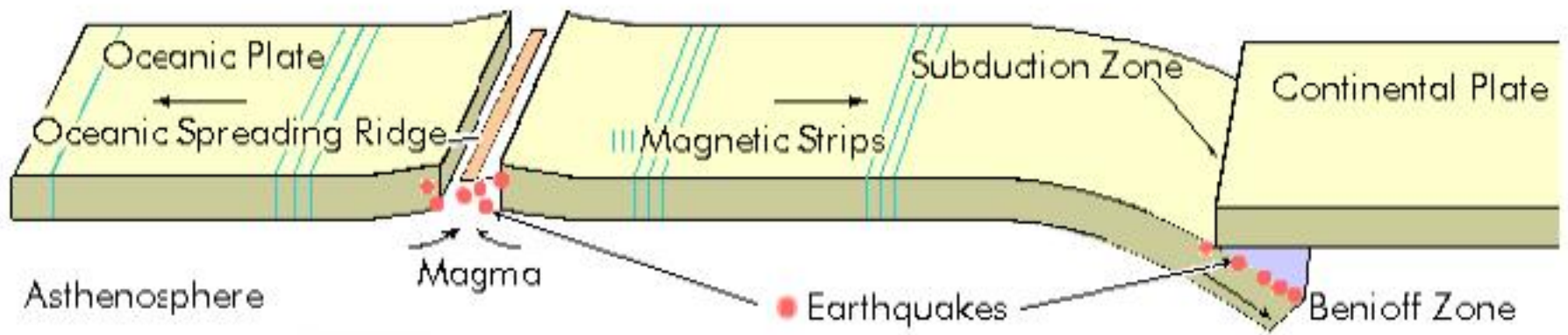
intensità, misura la grandezza di un terremoto attraverso gli effetti sull'uomo, sulle costruzioni, sull'ambiente



magnitudo, misura la forza di un terremoto attraverso le registrazioni degli strumenti (sismogrammi)

scala Mercalli		scala Richter
I	non percepito	↑
II	percezione crescente, oscillazioni di parete, caduta di oggetti, sensa danni	-2.0
III		-3.0
IV		-4.0
V	danni lievi	-5.0
VI		-6.0
VII	molta distruzione di una percentuale crescente di edifici	-7.0
VIII		
IX		
X		
XI		
XII	storicamente mai raggiunto	↓

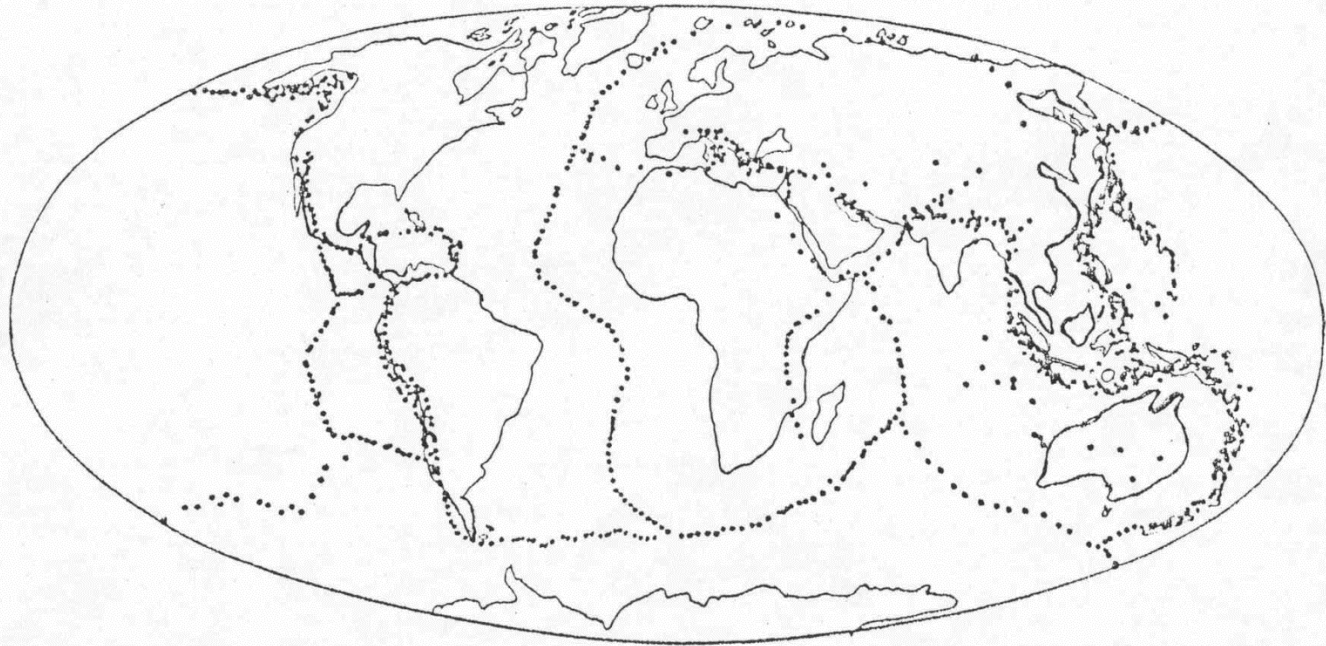
La magnitudo equivale alla potenza con la quale trasmette una emittente radio, l'intensità equivale alla forza del segnale ricevuto presso una radio ricevente a qualsiasi distanza ed in qualsiasi luogo (Richter)



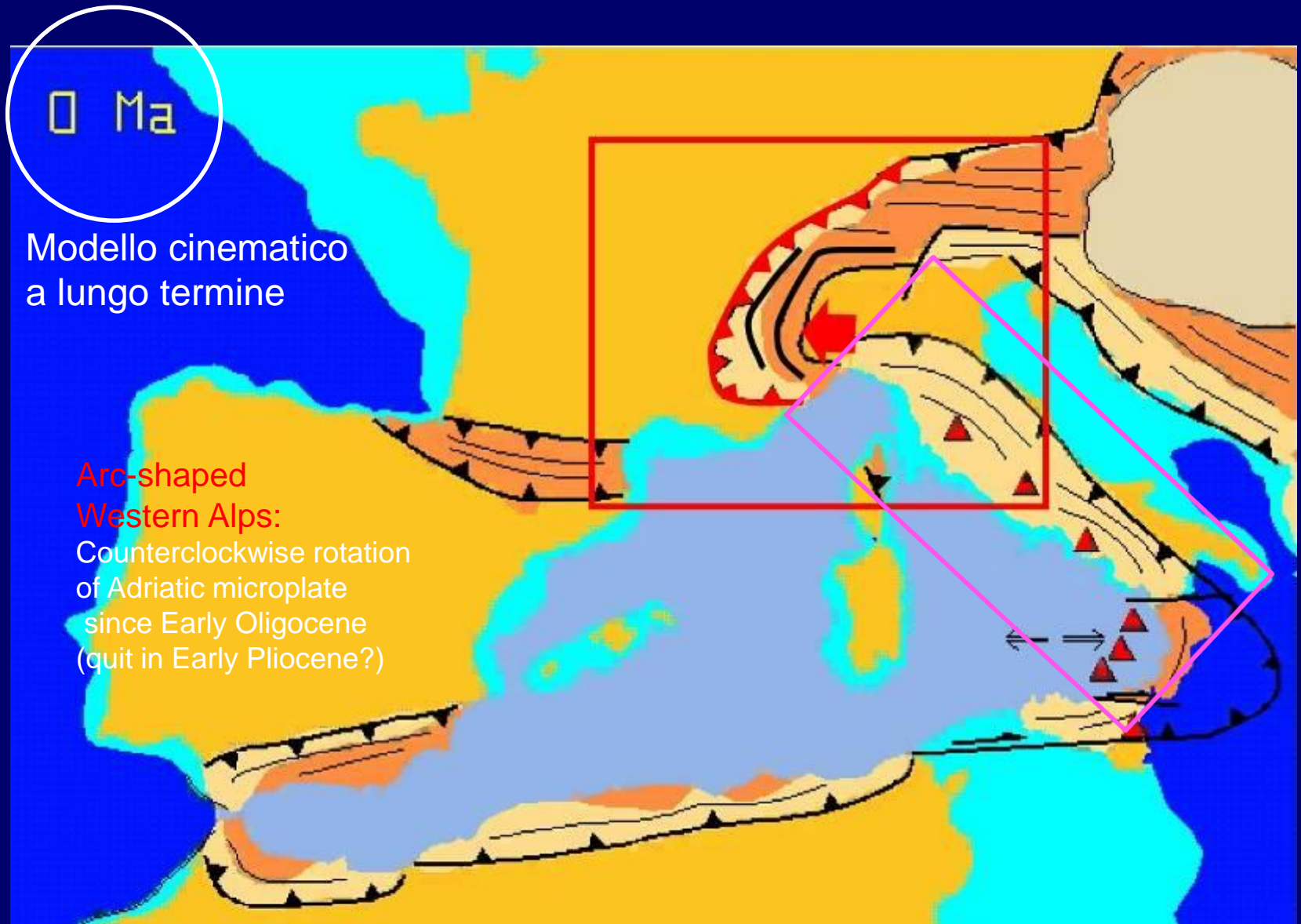
Origine dei terremoti

- *Tettonica*
- *Vulcanica*

Fig. 14



Condizione locale della tettonica a zolle

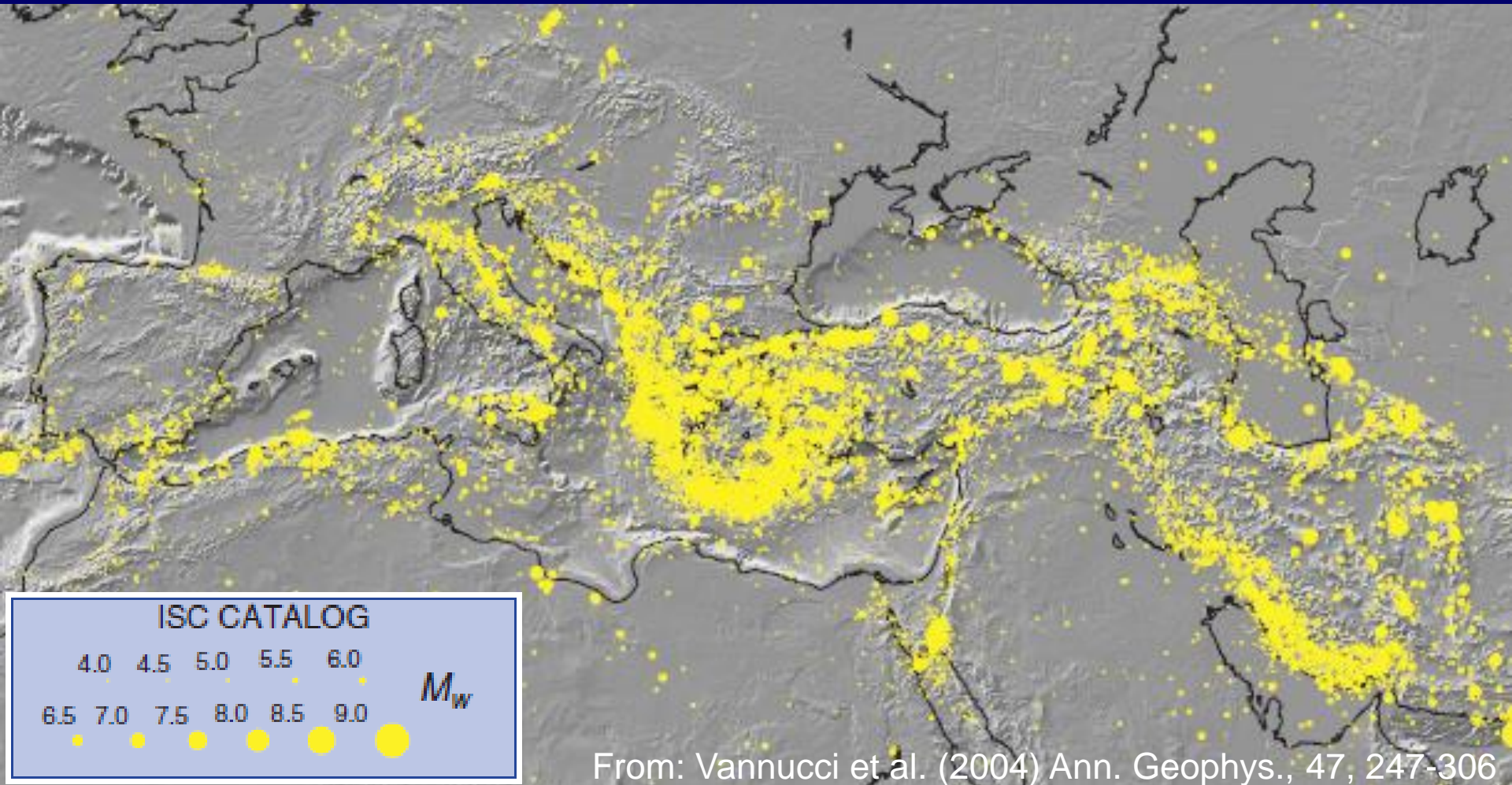


Paleomagnetic data (*Collombet & al., 2002; Maffione & al., 2008*)

Seismotectonic interpretations (*Westaway, 1990; (Ward, 1994; Delacou & al., 2004)*)

Movimenti tettonici accompagnati da sismicità: Terremoti ($M > 4$) nell'area Mediterranea dal 1904 ad oggi

Cortesia del dr. Giardino, UNITO



IL RISCHIO SISMICO

La *società moderna* si va sempre più caratterizzando per la forte interazione tra i grandi sistemi che la compongono:

- *il sistema fisico;*
- *il sistema umano;*
- *il sistema infrastrutturale.*

il rischio sismico è costituito dall'interazione tra:

- *la pericolosità sismica;*
- *la vulnerabilità dei manufatti;*
- *l'esposizione;*
- *gli effetti socio-economici.*

Elenco dei terremoti con il maggior numero di vittime avvenuti nel mondo a partire dall'anno 2000

Tutti i terremoti più devastanti sono stati sottostimati dalle tradizionali stime probabilistiche dello scuotimento atteso (GSHAP) => Necessità di una verifica oggettiva delle stime di pericolosità sismica. I metodi probabilistici funzionano se ci sono abbastanza dati e sono interpretati con leggi probabilistiche corrette.

Region	Date	Magnitude	Fatalities	Intensity difference
Sumatra-Andaman "Indian Ocean Disaster"	26.12.2004	9.0	227898	4.0 (IV)
Port-au-Prince (Haiti)	12.01.2010	7.3	222570	2.2 (II)
Wenchuan (Sichuan, China)	12.05.2008	8.1	87587	3.2 (III)
Kashmir (North India and Pakistan border region)	08.10.2005	7.7	~86000	2.3 (II)
Bam (Iran)	26.12.2003	6.6	~31000	0.2 (=)
Bhuj (Gujarat, India)	26.01.2001	8.0	20085	2.9 (III)
Off the Pacific coast of Tōhoku (Japan)	11.03.2011	9.0	15811 (4035 missing)*	3.2 (III)
Yogyakarta (Java, Indonesia)	26.05.2006	6.3	5749	0.3 (=)
Southern Qinghai (China)	13.04.2010	7.0	2698	2.1 (II)
Boumerdes (Algeria)	21.05.2003	6.8	2266	2.1 (II)
Nias (Sumatra, Indonesia)	28.03.2005	8.6	1313	3.3 (III)
Padang (Southern Sumatra, Indonesia)	30.09.2009	7.5	1117	1.8 (II)

Differenza fra i valori di intensità osservati e quelli previsti da GSHAP

Kossobokov & Nekrasova (AGU, 2010)

Wyss, Kossobokov & Nekrasova (Nat.Haz., 2012)

La strategia di difesa dai terremoti va messa a punto nel contesto più generale della minaccia dei RISCHI NATURALI in condizione di risorse disponibili limitate

ATMOSFERICI	GEOLOGICI	IDRO- GEOLOGICI
URAGANI- TIFONI	TERREMOTI	INONDAZIONI
CAMBIAMENTI CLIMATICI	ERUZIONI VULCANICHE	FRANE
SICCITA' E ALTE TEMPERATURE	FRANE	
INCENDI	TSUNAMI	

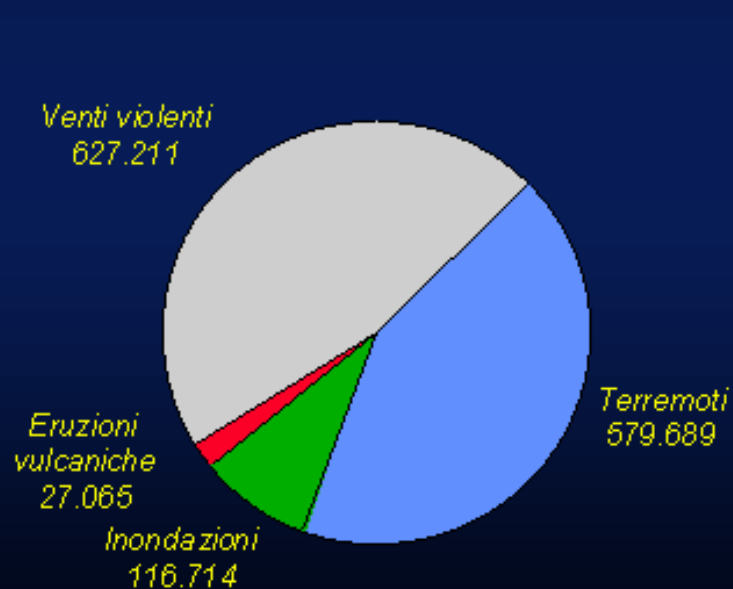
NEL MONDO



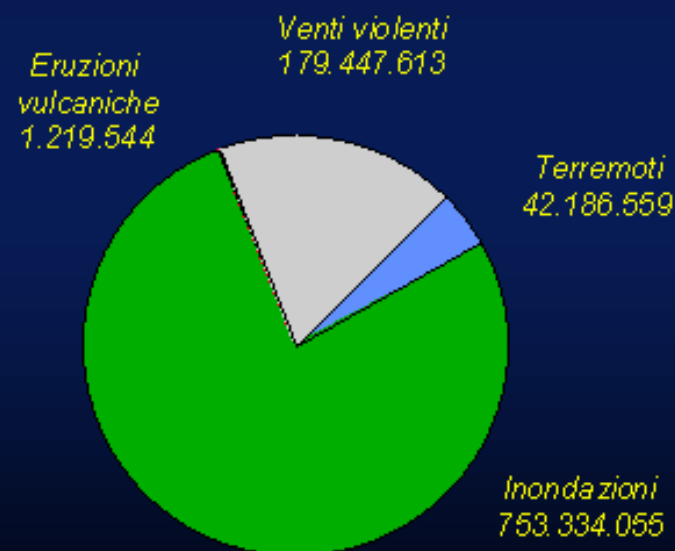
I maggiori disastri nell'arco di 25 anni

*Totale delle vittime e delle persone colpite dai diversi disastri
1966 - 1990*

VITTIME



PERSONE COLPITE





1909
(1908: terremoto di Messina)



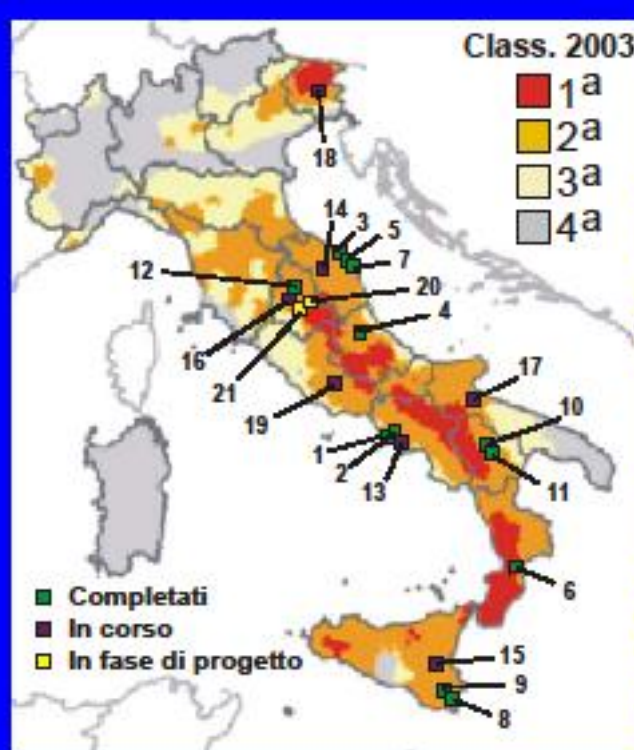
1975
(1976: terremoto del Friuli)



1981
(1980: terremoto campano-lucano)



Proposta 1998
(1997-98: terremoti umbro-marchigiani)



2003
(2002: terremoto di San Giuliano di Puglia)
- Siti degli edifici isolati.

Evoluzione della classificazione sismica del territorio italiano

- ~ 25% classificato sismico nel 1980
- ~ 43% classificato sismico nel 1981
- ~ 70% proposto sismico nel 1998

Criteri generali di classificazione sismica in vigore dopo l'8 maggio 2003 e localizzazione degli edifici isolati realizzati o previsti a novembre 2003
(circa 70% del territorio in zone 1-3 + zona 4)

Prevenzione

Prevenzione significa proteggere costruzioni, infrastrutture, territorio prima che il sisma avvenga. E' praticamente fattibile solo se si costruisce in modo sostenibile e resiliente.

- Proteggere dove il danno sismico non c'è ancora costa molto meno (meno di 1/3) che ricostruire o riparare dove il danno è già avvenuto.
- **OBIEZIONE:** sì, ma proteggere e prevenire prima che il sisma avvenga costa molto perché occorre intervenire su tutto il territorio nazionale.
- **RISPOSTA :** se si guarda alla storia sismica recente ed alla frequenza dei terremoti importanti si constata che anche riparare e ricostruire dopo il terremoto di fatto riguarda quasi tutto il territorio nazionale.
- Prevenire conviene, anche perché:
 1. Si salvano vite
 2. si può intervenire senza urgenza, con criteri di priorità motivati e con procedure più trasparenti e denaro pubblico che non si muove verso strane direzioni;

MA OCCORRE UNA PROGRAMMAZIONE A LUNGO TERMINE (>30 anni)

Le difficoltà della prevenzione sismica

Progetti «Italia Sicura» e «Casa Italia»

Strumenti operativi:

- *Programmazione finanziaria di lungo termine (>20 anni)*
- *Modelli sperimentati di intervento (10 cantieri pilota di intervento di protezione sismica su edifici residenziali di proprietà pubblica coordinati da Renzo Piano)*
- *Detrazioni fiscali come per il risparmio energetico*
- *Finanziamento pubblico condizionato da analisi di vulnerabilità o/e assicurazione obbligatoria sugli immobili con premi stabiliti in base ad accertamento di vulnerabilità.*

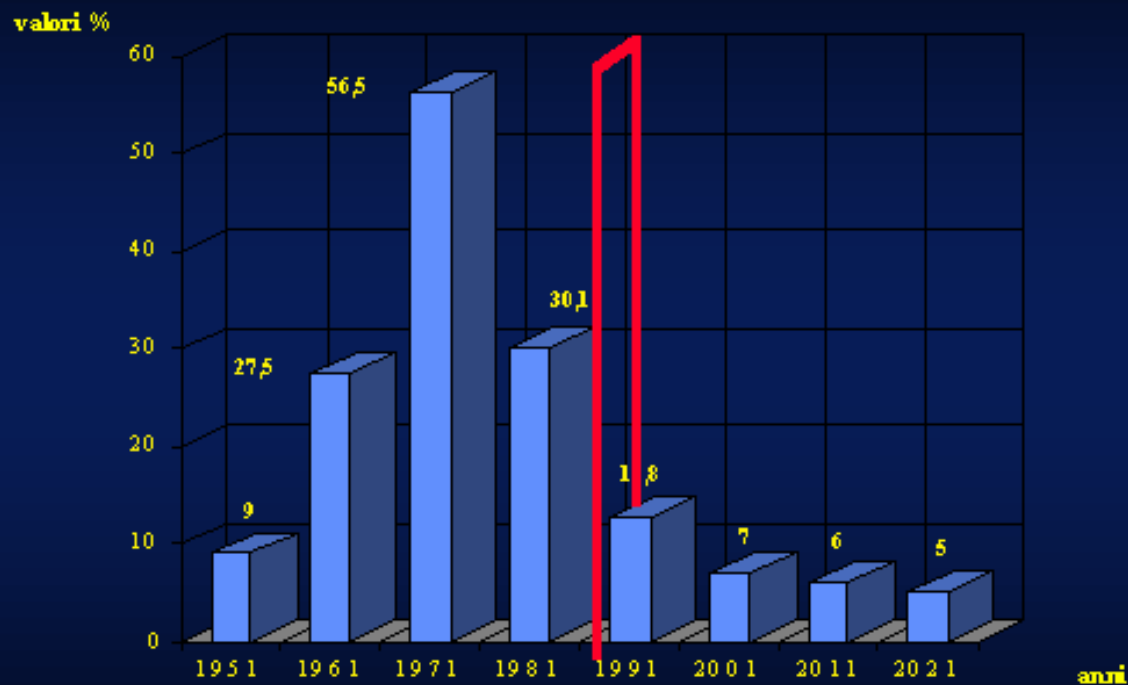
La prevenzione sismica può non piacere ad amministratori e politici in cerca di consenso. Ecco perché:

Kofi Annan nel 1999:

Building a culture of prevention is not easy. While the costs of prevention have to be paid in the present, its benefits lie in a distant future. Moreover, the benefits are not tangible; they are the disasters that did NOT happen.

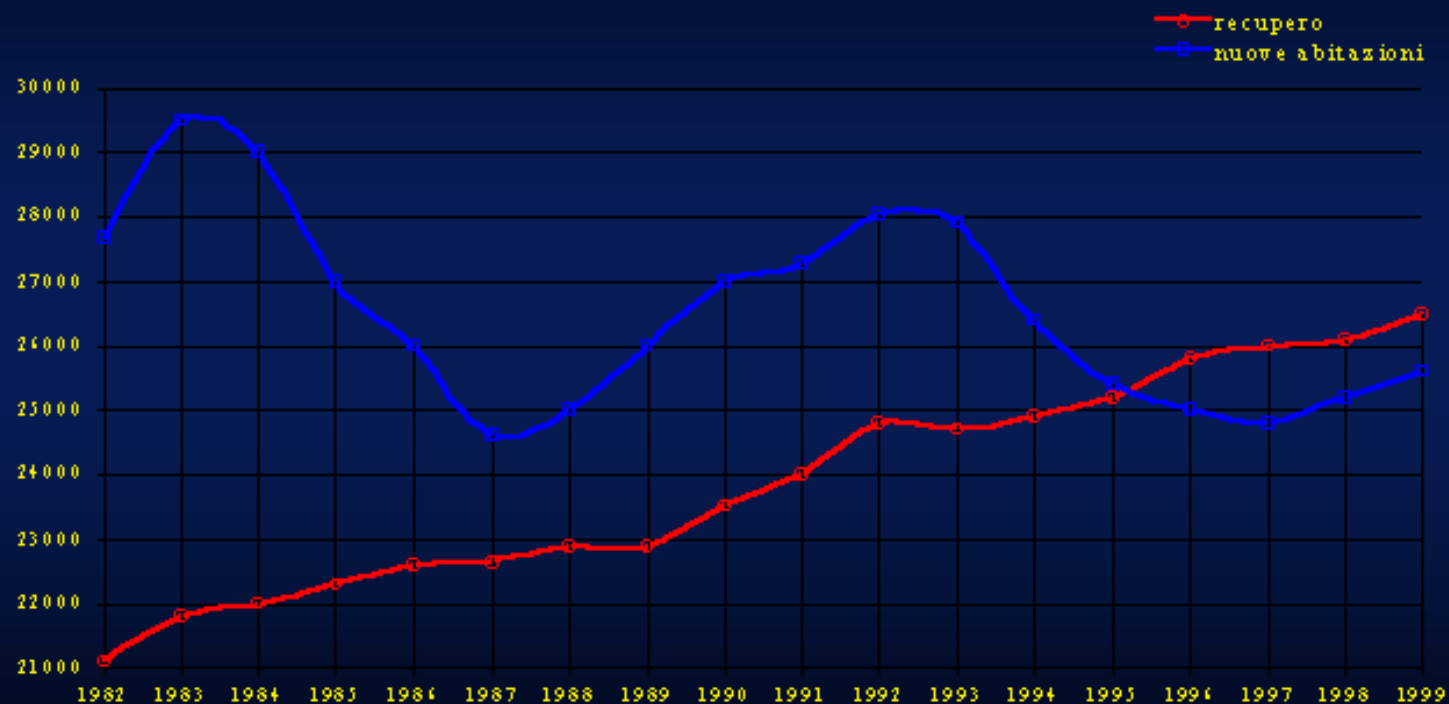
Costruire una cultura della prevenzione non è facile. Pur se il costo della prevenzione deve essere pagato ora, i suoi benefici verranno in un futuro lontano. Inoltre i benefici non sono percepibili; essi sono i disastri che NON saranno avvenuti

incremento % delle nuove costruzioni



valori stimati da CERS 03/05

Investimenti nell'edilizia residenziale in miliardi di lire costanti all'85



dati elaborati da CRESMAS

Una possibile strategia è dunque intervenire sulla qualità del recupero, che oggi risulta essere insoddisfacente poichè:



- un'abitazione "recuperata" rientra, in media, in tempi assai brevi nel ciclo del degrado
- prevalentemente indirizzato alle singole abitazioni e molto poco alle unità edilizie nel loro insieme
- non risolutivo per la qualità urbana
- non conservativo, spesso, dei caratteri storico-architettonici dell'edificio

i costi nel nuovo e nel recupero sono:

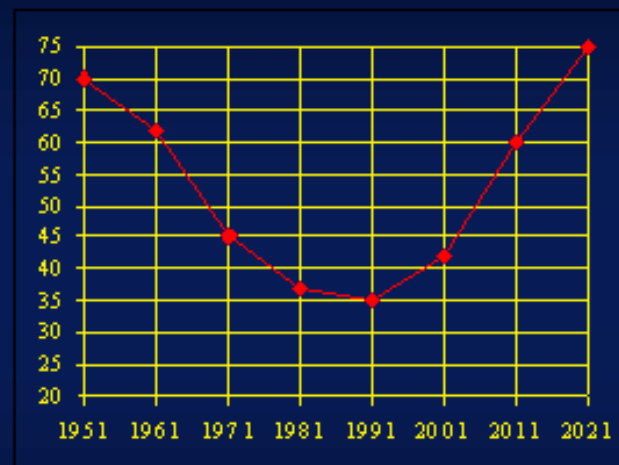
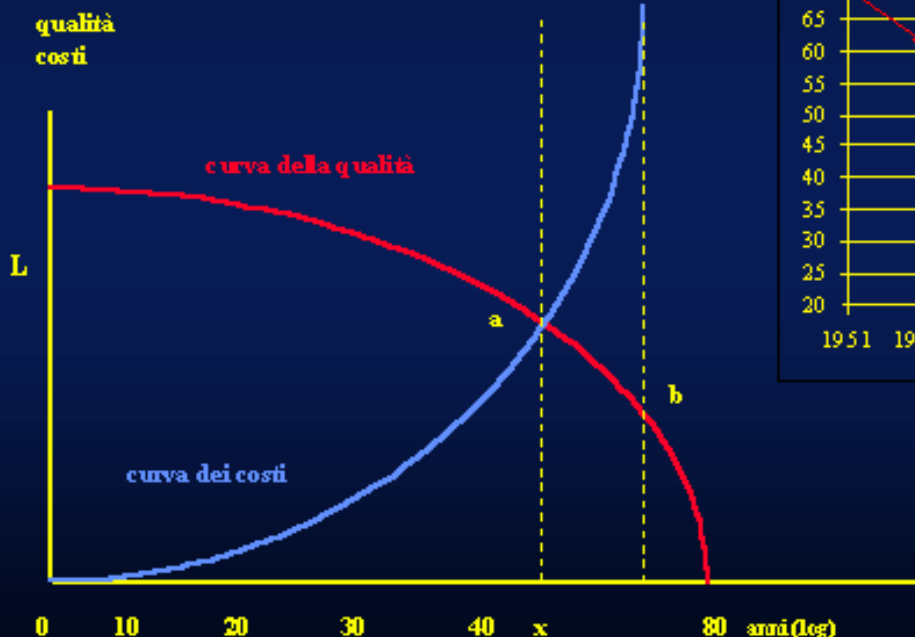
	nuovo	recupero
strutture	31%	10%
opere murarie	34%	16%
finiture	16%	38%
impianti	19%	36%

strategie

Ci troviamo in un momento particolarmente favorevole per intervenire sulle costruzioni esistenti, tenendo conto che gran parte degli edifici é stato costruito nel dopoguerra ed ha una età corrispondente a quella più conveniente per gli interventi di recupero



ciclo di vita teorico per alcune tipologie edilizie



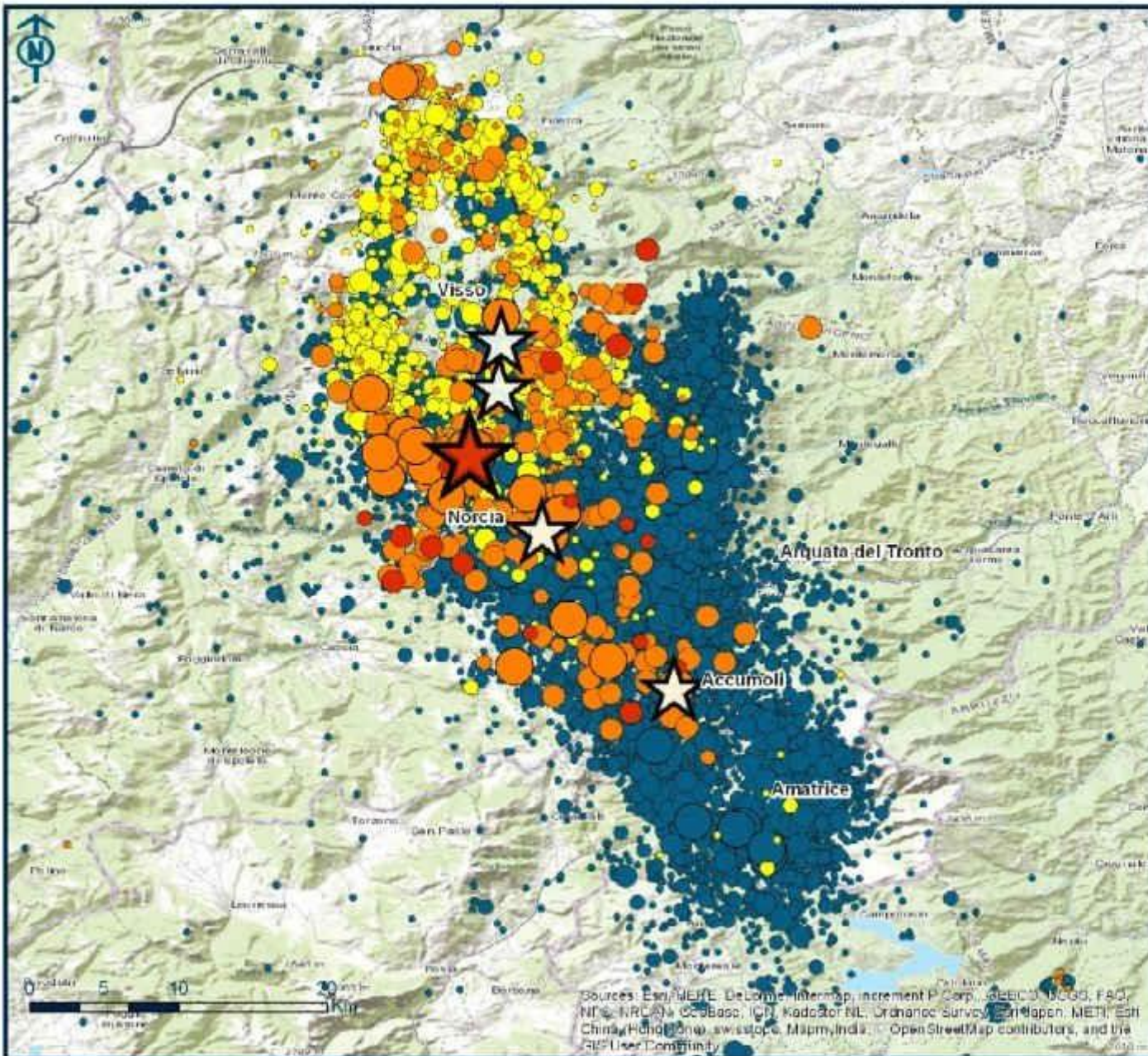
% di stock di patrimonio edilizio con più di 40 anni

dati stimati da CRES 5365

La sequenza sismica in Italia Centrale, iniziata con l'evento del 24 agosto 2016, ha caratterizzato notevolmente la sismicità di ottobre 2016, in particolare negli ultimi giorni del mese quando sono stati registrati alcuni forti terremoti come quelli del 26 e del 30 ottobre. I terremoti localizzati dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV durante tutto il mese sono stati 7816, con una media di oltre 250 eventi al giorno.



Ben oltre il 90% dei terremoti registrati recentemente sul territorio nazionale è stato localizzato nell'area della sequenza sismica iniziata ad agosto e continuata nei mesi successivi con migliaia di eventi. In particolare, i terremoti degli ultimi giorni del mese sono avvenuti in un'area più a nord di quella attivata ad agosto ed alcuni di questi sono stati particolarmente forti e distruttivi: i terremoti del 26 ottobre alle ore 19.10 e 21.18 italiane hanno avuto magnitudo 5.4 e 5.9, rispettivamente, e quello del 30 ottobre magnitudo 6.5.






**SEQUENZA SISMICA IN
ITALIA CENTRALE
(agg. 30 ottobre ore 16:00)**

Magnitudo (M)

-  fino a 2
-  da 2.0 a 2.9
-  da 3.0 a 3.9
-  da 4.0 a 4.9
-  da 5.0

Tempo

-  Ultima ora
-  Ultime 24 ore
-  Ultime 72 ore
-  Dal 24 agosto

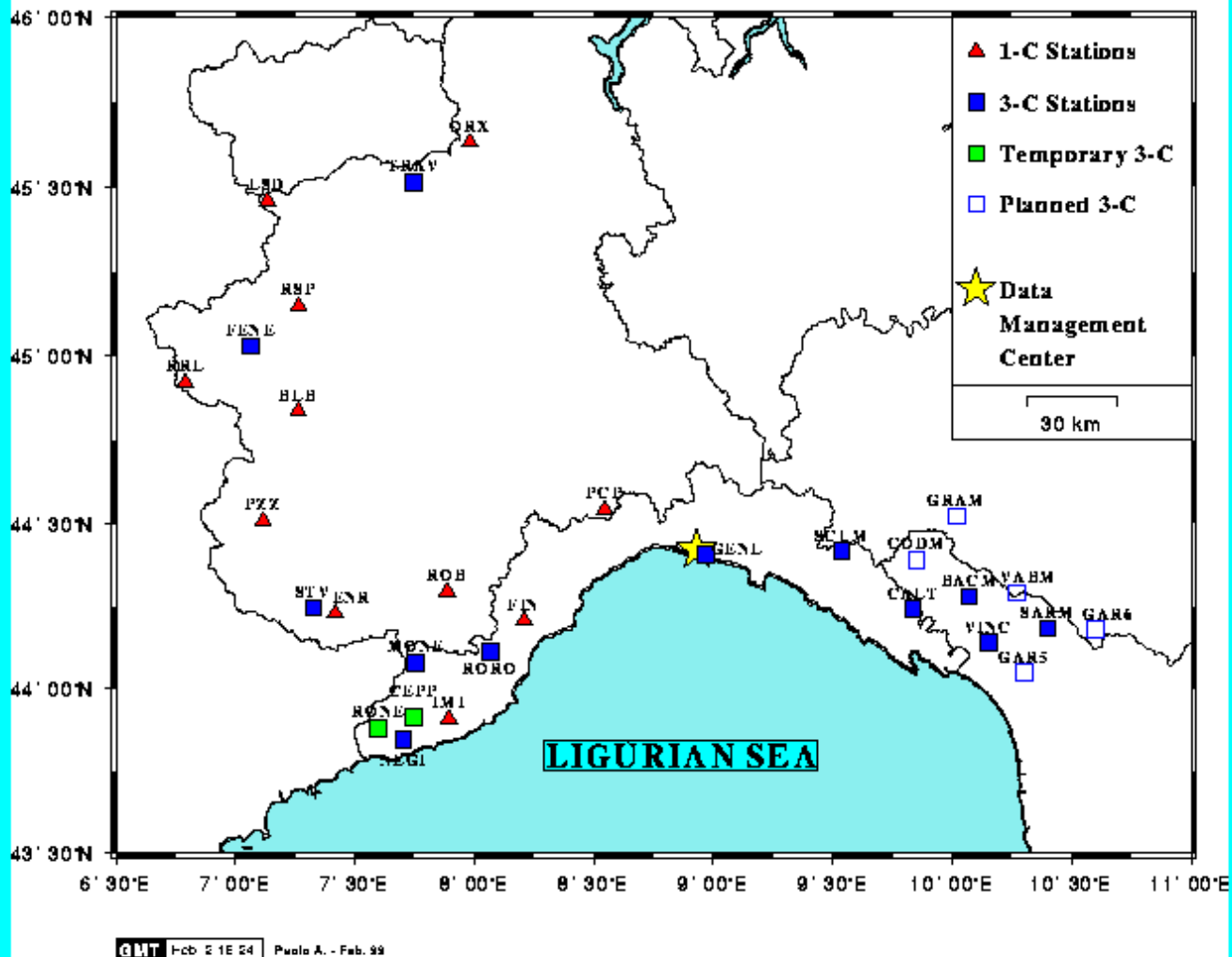
Fonte dati: <http://onl.rm.ingv.it>

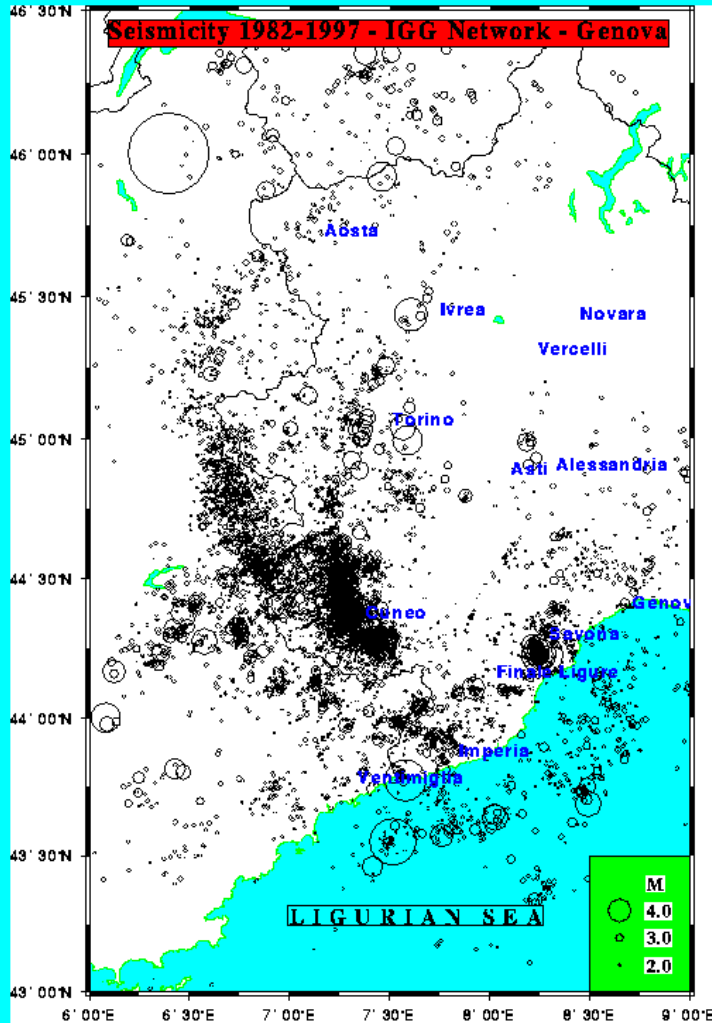
SEGUICI SU:
<http://ingvterremoti.wordpress.com>



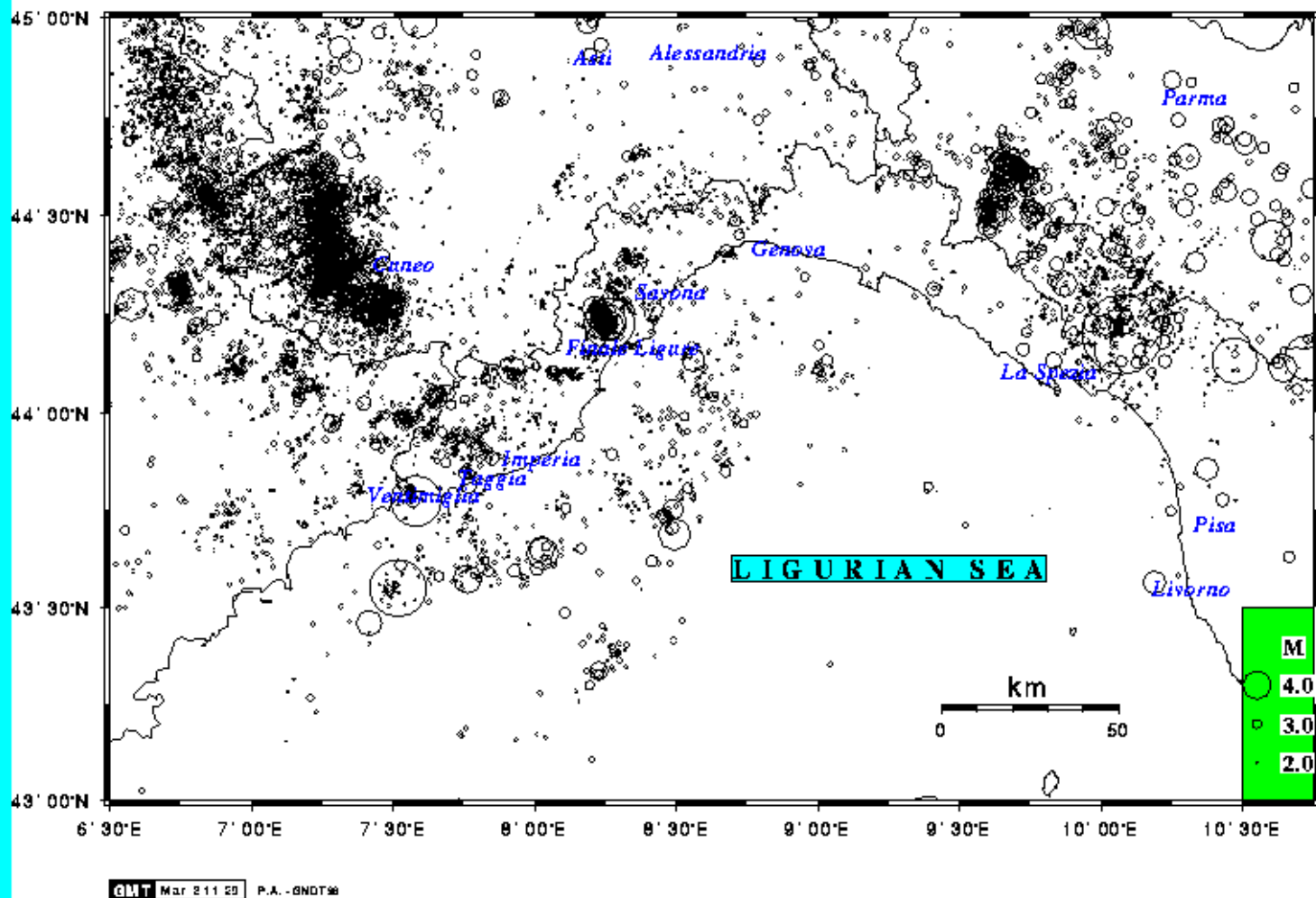
Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, IGN, NOAA, FOG, NITN, NRCAN, OpenBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, NEI, Esri China, Hong Kong, Swisstopo, Mapbox India, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

IGG NETWORK - STATIONS - 1999

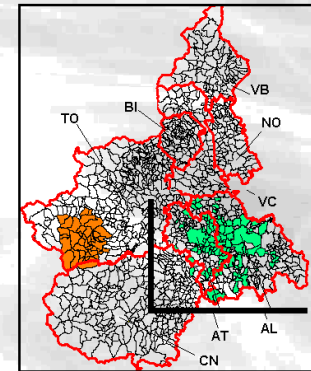
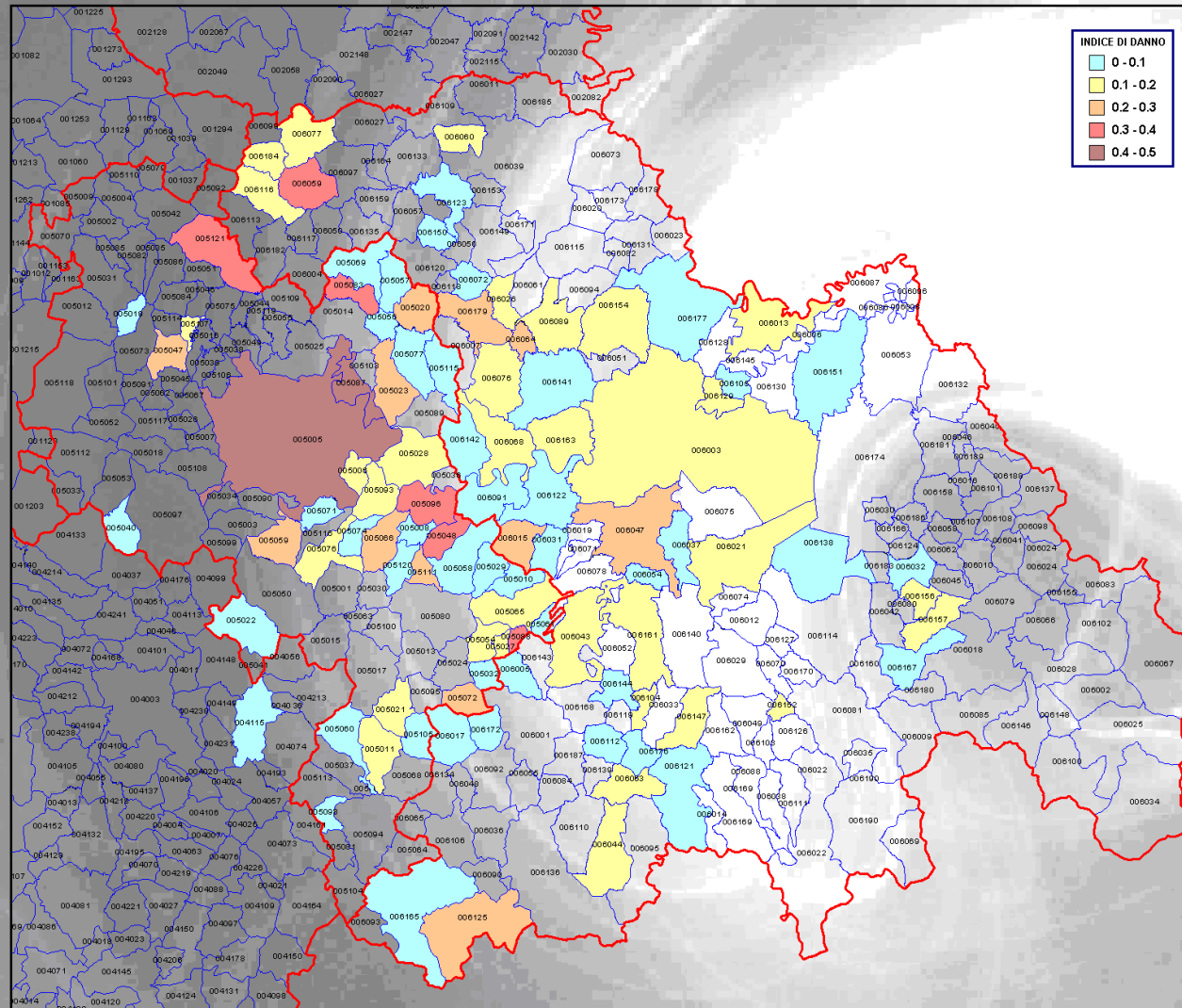




Seismicity 1982-1997 - IGG Network - Genova (ERR < 10 km)



Comuni della Regione Piemonte che hanno riportato danni agli edifici di culto a seguito dell'evento sismico del 21/8/2000 : indice di danno.



Cartina della Regione Piemonte suddivisa nelle sue province.

Comuni classificati con D. M. 4 febbraio 1982 con grado di sismicità s : 2, il categoria.

Comuni che hanno riportato danni agli edifici di culto a seguito dell'evento sismico del 21/8/2000.

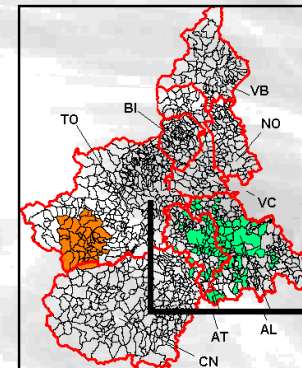
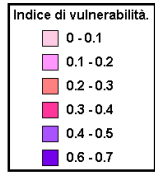
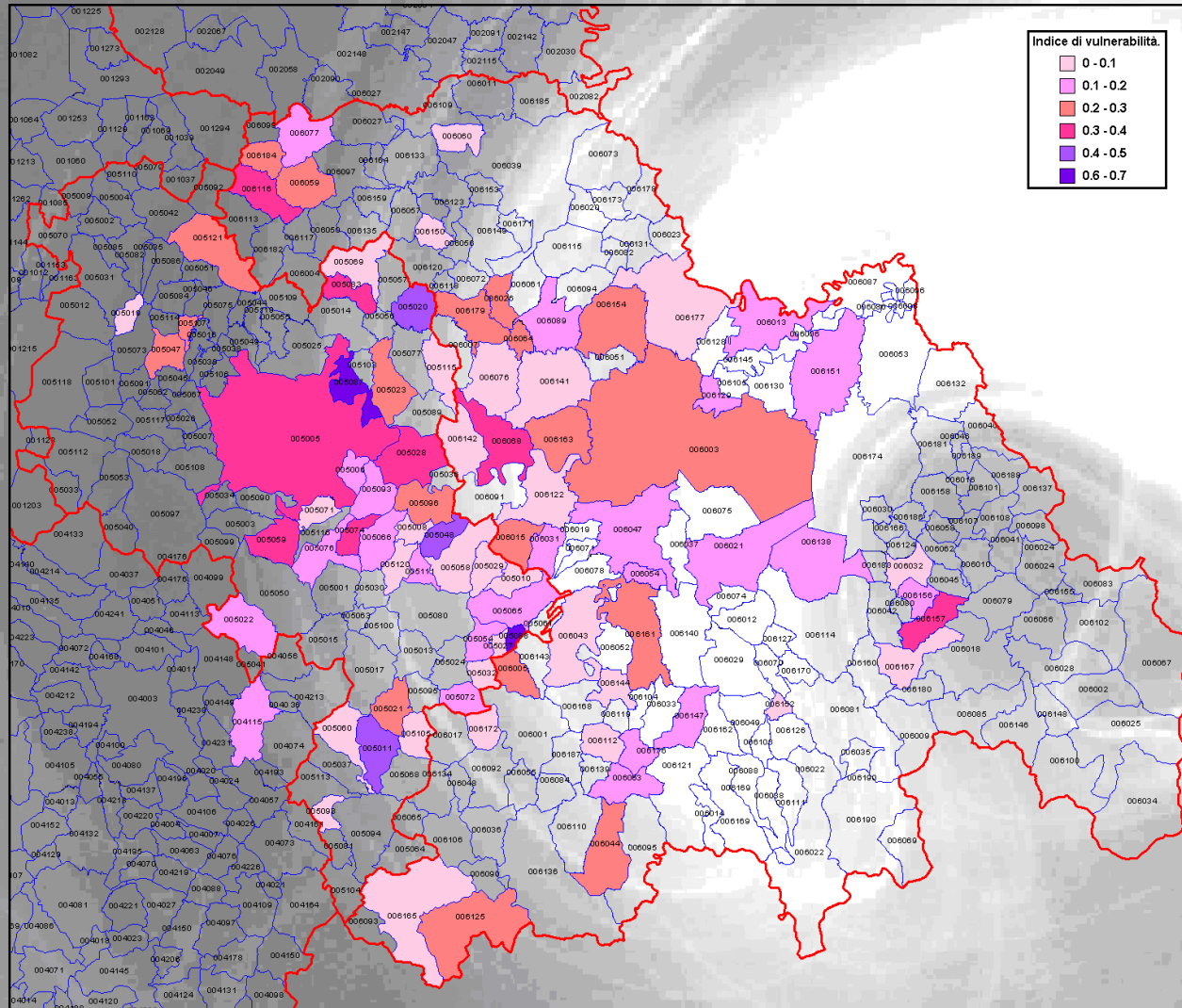
Elenco dei comuni danneggiati e relativi indici ISTAT.

PROVINCIA DI CUNEO	Bassiglio	00619
	Biagno	00615
	Birgana	00617
	Bosso Marengo	00621
PROVINCIA DI ASTI	Alba	00605
	Caniga Monferrato	00625
	Azzano	00606
	Carénio	00631
	Belvaglio	00608
	Carozzo	00632
	Brno	00610
	Casal Demelli	00637
	Bubbio	00611
	Cassina	00643
	Cavigli	00619
	Casale	00644
	Casozzo	00620
	Castellazzo Bormida	00647
	Casnasco	00621
	Castelcirio	00654
	Castagnola Lanze	00622
	Cerrina Monferrato	00633
	Castiglione Monferrato	00623
	Coviolo	00660
	Castelletto Molina	00627
	Ornelino	00663
	Castello Feronio	00623
	Succo	00664
	Castelluzzo Belbo	00623
	Palizzano	00663
	Castel Riochero	00622
	Prasavello	00672
	Ostera	00640
	Rubino	00678
	Cortozzo	00647
	Osasio	00677
	Cortiglione	00646
	Lui	00639
	Fontanila	00654
	Masio	00691
	Onara	00655
	Montaldo Bormida	00610
	Grasano Badoglio	00657
	Montecastello	00610
	Isola d'Asti	00658
	Morassuto	00612
	Isola d'Alba	00659
	Chalengo Grande	00618
	Loazzolo	00660
	Ovada	00612
	Maranzana	00681
	Duglio	00612
	Rombeuzo	00662
	Cazzone	00613
	Moncalvillo	00686
	Paneto	00615
	Moravio	00660
	Frèra Marazzi	00614
	Mongardino	00671
	Fozzolo	00618
	Montebone	00672
	Burgierlo	00641
	Monteado Scarnpi	00674
	Quallorbo	00642
	Montegrosso	00678
	Rivalta Bormida	00614
	Montemagno	00677
	Ricca Grimalda	00647
	Montiglio Monferrato	00612
	Sala Monferrato	00610
	Parangò	00682
	Sale	00615
	Fortunaro	00687
	S. Cristoforo	00612
	Quaranti	00688
	S. Salvatore Monferrato	00614
	Rocca d'Arazzo	00689
	S. Agata Rossati	00616
	Rochedda Tanaro	00698
	Sardigliano	00617
	S. Giorgio Scarnpi	00698
	Sazzolo	00681
	Sesane	00610
	Silvano	00683
	Soglio	00617
	Sigino	00685
	Viaggio Serra	00611
	Sizzano	00687
	Ulerio	00612
	Tempo	00612
	Vinadio	00610
	Trisobbio	00617
	Ubaldo Ivo	00617
	Vignale	00619
PROVINCIA DI ALESSANDRIA	Alessandria	00603
	Vitranzio	00614
	Alba Bel Colle	00605

Normativa sismica e calcolo strutturale.

Principi e basi

Comuni della Regione Piemonte che hanno riportato danni agli edifici di culto a seguito dell'evento sismico del 21/8/2000 : indice di vulnerabilità.



Cartina della Regione Piemonte suddivisa nelle sue province.

- Comuni classificati con D. M. 4 febbraio 1982 con grado di sismicità s : 2, II categoria.
- Comuni che hanno riportato danni agli edifici di culto a seguito dell'evento sismico del 21/8/2000.

Elenco dei comuni danneggiati e relativi indici ISTAT.

PROVINCIA DI CUNEO		
Mangia	006-115	Bassignana 006-013
		Burghetto 006-015
		Dozzo Marengo 006-021
PROVINCIA DI ASTI		
Asti	005-005	Canavina Monferrato 005-025
Azzano	005-006	Carenino 005-031
Belluno	005-008	Carazano 005-032
Burro	005-010	Casa Geronzi 005-037
Bubbio	005-011	Casina 005-043
Capiglio	005-019	Castellino 005-048
Cisorno	005-020	Castellazzo Bormida 005-047
Casimiro	005-021	Castellprata 005-054
Castagnola Lanca	005-022	Senza Monferrato 005-055
Castagna Monferrato	005-023	Coniole 005-060
Castello Molina	005-027	Crenolino 005-063
Castello d'Almora	005-028	Cuccaro 005-064
Castellnuovo Belbo	005-029	Falizzano 005-068
Castel Roccolo	005-032	Frassinello 005-072
Disterna	005-040	Rubene 005-076
Cozzano	005-047	Dabiano 005-077
Cozzoleone	005-048	Luz 005-085
Fontanafredda	005-054	Masio 005-091
Ginevra	005-056	Montebello Bormida 005-104
Grazzano Badoglio	005-057	Montecastello 005-105
Hota, Sospio	005-059	Morassio 005-112
Isola d'Asti	005-059	Collelunga Grande 005-116
Loazzolo	005-060	Divaia 005-121
Marecaro	005-061	Digulino 005-122
Moncalveto	005-065	Ozianico 005-123
Monbercelli	005-066	Panico 005-125
Monforte	005-069	Petra Marazzi 005-129
Mongrando	005-071	Pozzolo 005-133
Montalbo	005-072	Quarignone 005-141
Montebello Scarampi	005-074	Quartorco 005-142
Montegrosso	005-076	Rivata Bormida 005-144
Montemagno	005-077	Rocca d'Ossola 005-147
Montiglio Monferrato	005-121	Sala Monferrato 005-150
Penango	005-083	Sale 005-151
Perre	005-087	S. Cristoforo 005-152
Quaranta	005-088	S. Salvatore Monferrato 005-154
Rocca d'Arazzo	005-089	S. Agata Fossati 005-156
Rocchetta Tanaro	005-096	Sardigliano 005-157
S. Giorgio Scarampi	005-098	Sezzado 005-161
Sasazano	005-105	Serano 005-163
Soglio	005-107	Sighe 005-165
Vaglio Serra	005-114	Sizzano 005-167
Vigol	005-115	Tetto 005-172
Vinchio	005-120	Trisobbio 005-175
		Valenza Po 005-177
		Vigale 005-178
PROVINCIA DI ALESSANDRIA		
Alessandria	008-003	Villamiroglio 008-184
Alba Bel Colle	008-005	

Normativa sismica e calcolo strutturale.

Principi e basi

Imparare per non sbagliare ancora

OSPEDALE REGIONALE DI Lushan, Un caso illuminante: tre corpi di fabbrica separati da giunti



Sisma di Lushan, 20 Aprile 2013: magnitudo 7,0, lontano 150 km far, 5 anni dopo l'evento distruttivo di Wenchuan (Magn. 8,1):

**◆ 2 corpi di fabbrica fondati rigidamente al suolo.
Danni: strutture, impianti, muri, controsoffitti.**

**◆ 1 corpo di fabbrica isolato alla base: nessun danno (neppure cosmetico).
La sola risorsa sanitaria in loco capace di assistere i feriti dal terremoto (250.000)**

**2 corpi di fabbrica
fondati rigidamente sul
suolo. Resistono al sisma
grazie alla dissipazione di
energia che causa danni**



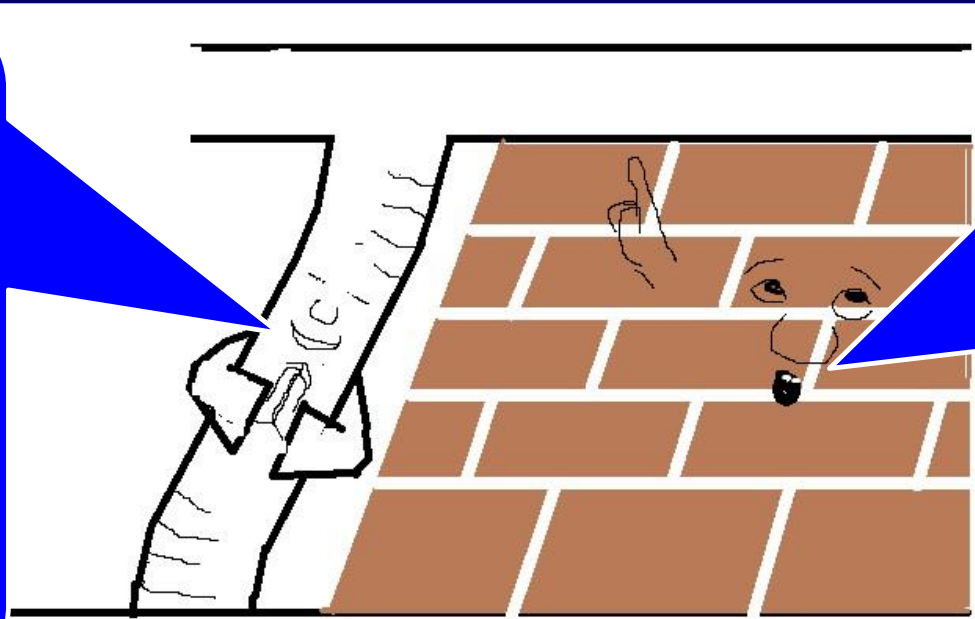
**Un corpo di fabbrica
isolato alla base
(tecnologia illustrata
nel seguito e capace di
evitare danni)**



Che cosa ci insegna l'ospedale di Iushan?

- **Per un ospedale non è importante solo la salvaguardia della vita di chi si trova nell'edificio durante il terremoto, ma anche, e soprattutto, la salvaguardia della vita di chi viene ferito fuori dall'ospedale, nei tanti edifici che collassano o subiscono danni gravi.**
- **Un ospedale che non perde neppure per un minuto la capacità operativa consente quell'assistenza e cura tempestiva che sola può evitare molti lutti.**

«Io sono
duttile, mi
piego ma
non
collasso.
Affronto il
sisma con
successo»



Va bene, ma
se questa
trave si
muove troppo
e troppo
spesso mi fa
male.

«Performance» based design (Performance= sicurezza strutturale e protezione della vita).

La struttura è duttile se le singole membrature lo sono e se le parti fragili sono così resistenti da non rompersi mai. La struttura si occupa poco del benessere dei componenti non strutturali.

Da
sicurezza delle
strutture e delle
persone
a
protezione della
funzione, sostenibilità,
resilienza

- In una corretta progettazione antisismica la sicurezza strutturale e la salvaguardia della vita delle persone devono essere comunque garantite.
- Il caso dell'ospedale di Lushan aiuta a comprendere che questo è un punto di partenza e non di arrivo.
- **Se la struttura non collassa e nessuno è gravemente ferito o ucciso ma i danni sovra-strutturali sono gravi ed estesi prendono forma gli scenari seguenti:**
 - Le attività produttive e commerciali sono interrotte con danni economici talvolta irreversibili.
 - Le abitazioni sono dichiarate inagibili e gli abitanti dislocati in alberghi o alloggi provvisori, come case in legno di uso temporaneo, container, ...
 - Le riparazioni richiedono tempi lunghi ed impegno finanziario severo, aggravato da procedure d'urgenza scarsamente controllate e ritardi nella erogazione di contributi pubblici.
- Tutto ciò crea condizioni di insostenibilità e induce danni indiretti nella salute psichica degli individui, nella tenuta del tessuto sociale, nel senso di identità ed appartenenza della società civile, nella fiducia nel futuro.

Progetto strutturale e norme tecniche

- **Nella pratica progettuale corrente, nel pieno rispetto delle norme tecniche vigenti, l'analisi può essere lineare o non-lineare.**
- **La norma tecnica può ammettere ampie deformazioni plastiche permanenti nella struttura portante, fino a valori di 5-6 volte il limite elastico**
- ***Non ne soffriranno i componenti non strutturali?***

«Io sono duttile, mi piego ma non collasso. Affronto il sisma con successo»



Smetti di comportarti come un arrogante ed egocentrico idiota: tieni la schiena dritta e lascia a chi lo sa fare la responsabilità di reggere il terremoto. Noi tutti «non-strutturali» vogliamo danni trascurabili e riparabili presto e con poca spesa!

«Resilience» based design (resilience= contenere i danni e permettere un rapido e poco costoso recupero di **funzionalità** : verso sostenibilità e prevenzione).

Strategie di difesa

Dunque? Che fare?

Parola chiave: **ENERGIA**

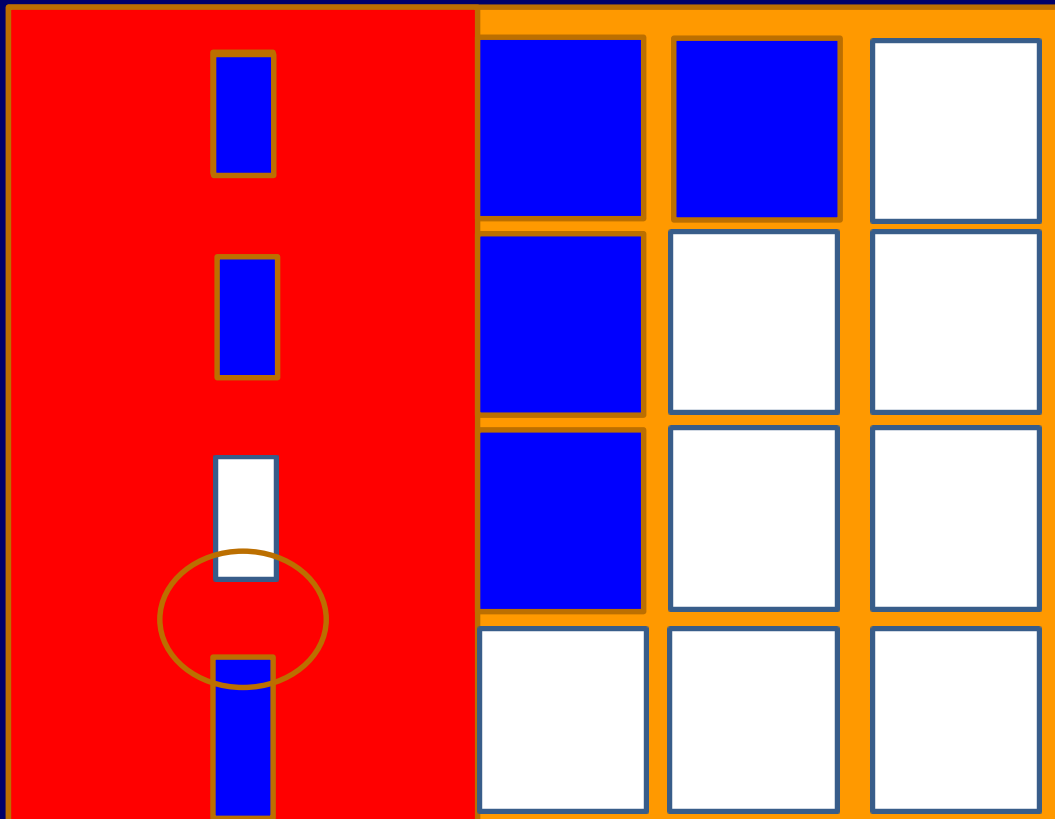
Il terremoto cerca di trasferire la sua energia dal suolo alla struttura. La struttura può rispondere con tre strategie alternative.

- 1. La maggior parte della energia rimane reversibile, come energia cinetica o potenziale elastica, e la risposta strutturale resta elastica o quasi. (Sismi moderati, muri di taglio, dissipatori a massa intonata). La dissipazione è delegata al “damping” lineare o a dispositivi tecnologici aggiunti**
- 2. La maggior parte della energia è filtrata via e rimane imprigionata nel suolo (isolamento sismico alla base). Soluzione applicabile anche alle strutture esistenti, purchè sia consentito uno spostamento relativo tra struttura e suolo di qualche decina di centimetri**
- 3. La maggior parte dell'energia è dissipata; E' importante che la dissipazione sia riservata a componenti con elevata isteresi o viscosità, progettati in modo che la struttura portante rimanga sotto o poco sopra il limite elastico, anche in prossimità dello SLU.**



Grazie per l'attenzione

- Muri di taglio: elastici lineari o capaci di dissipare tramite sotto-componenti non portanti

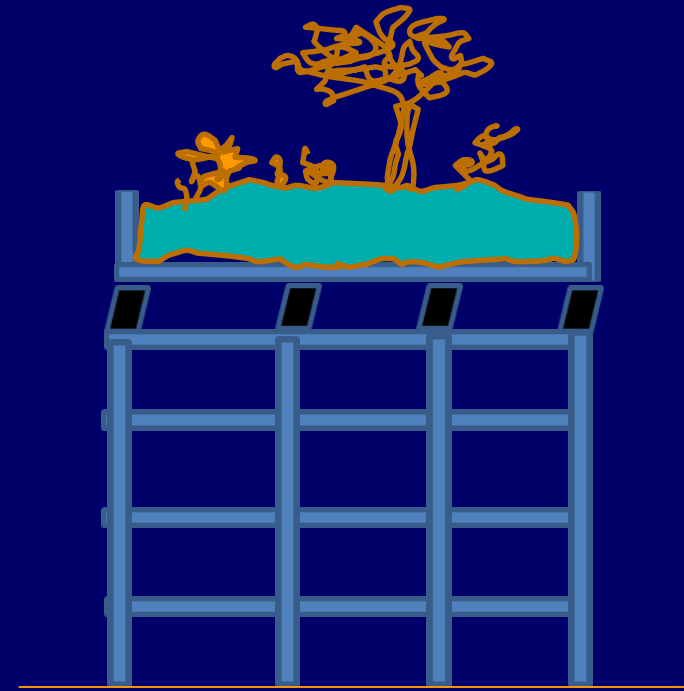
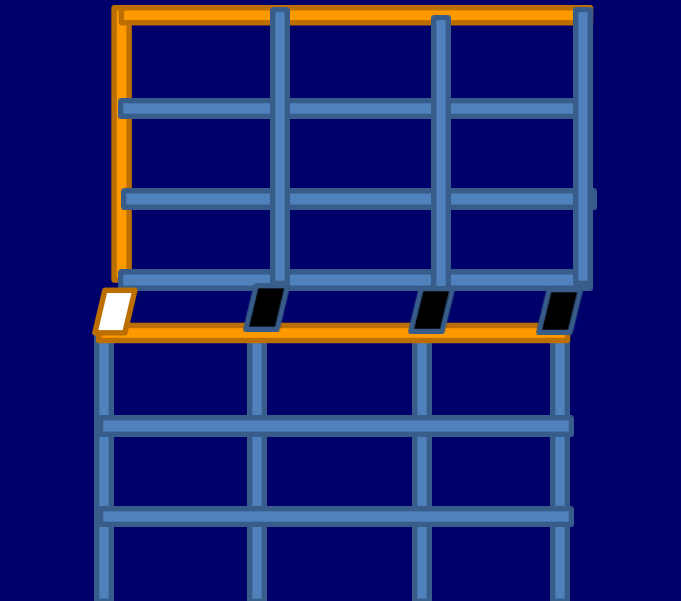
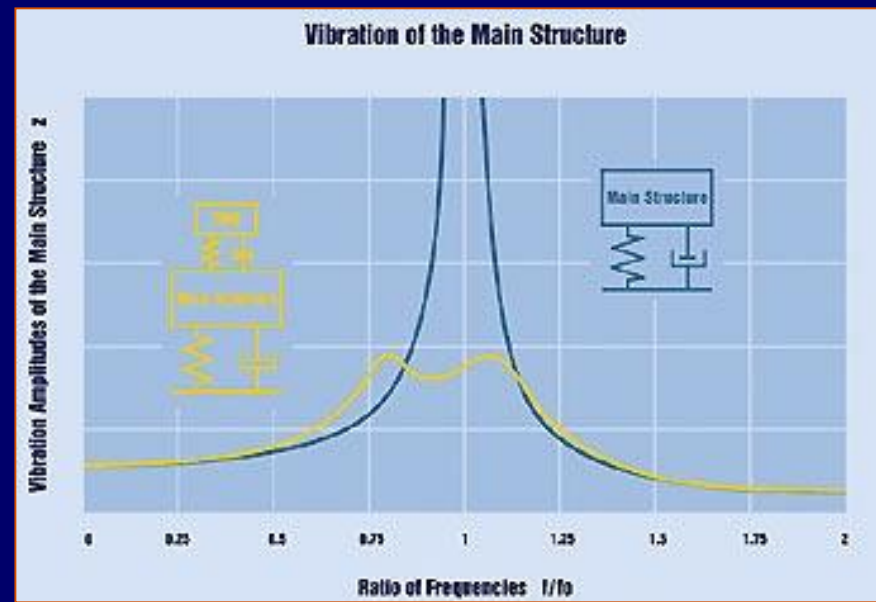


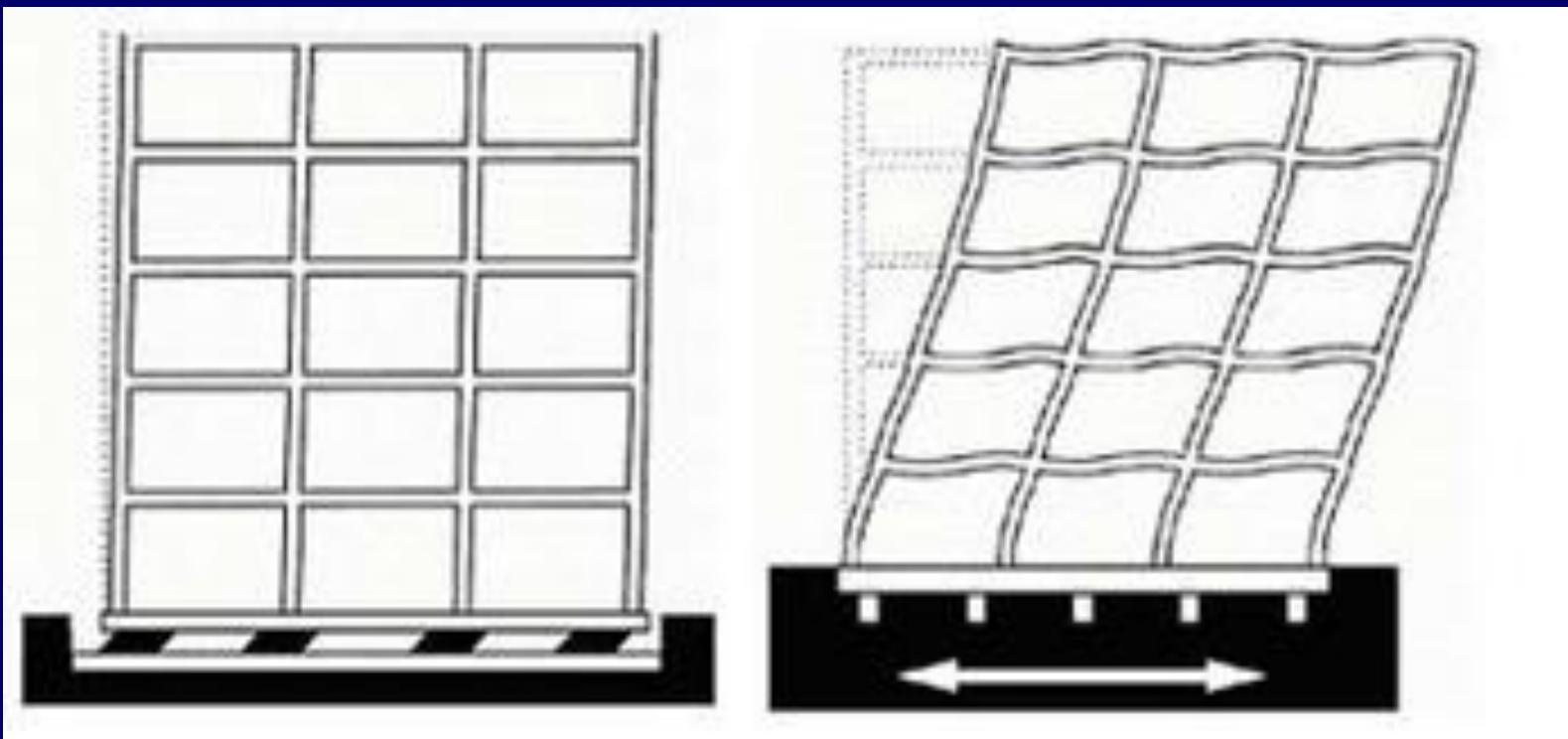
Il telaio è molto meno rigido del muro.

Nelle colonne le forze e gli spostamenti sono piccoli.

Il danno atteso globale è piccolo o moderato ma la percezione ai piani delle accelerazioni resta molto elevata. Gli arredi è bene che siano vincolati alle pareti.

Tuned Mass Damper (TMD) Lineare o moderatamente dissipativo

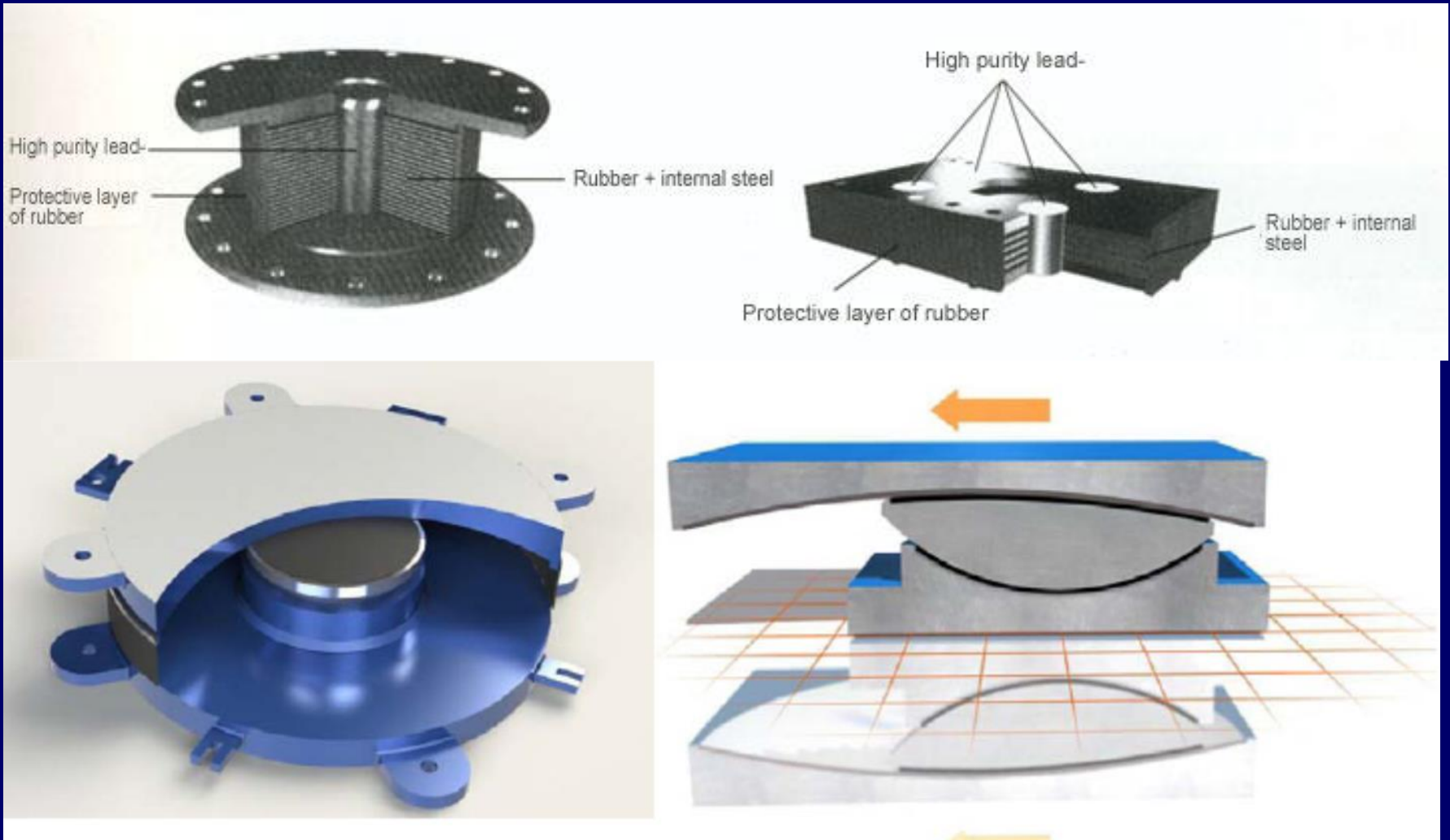




isolamento sismico alla base.

Si può applicare a costruzioni
esistenti e nuove

I più comuni dispositivi per isolamento alla base: Lead-rubber bearings (Lushan hospital) e curved surface sliders



Dispositivi dissipatori

- Viscosi
- Visco-elastici
- Attritivi
- Plastici

B.R.A.D.

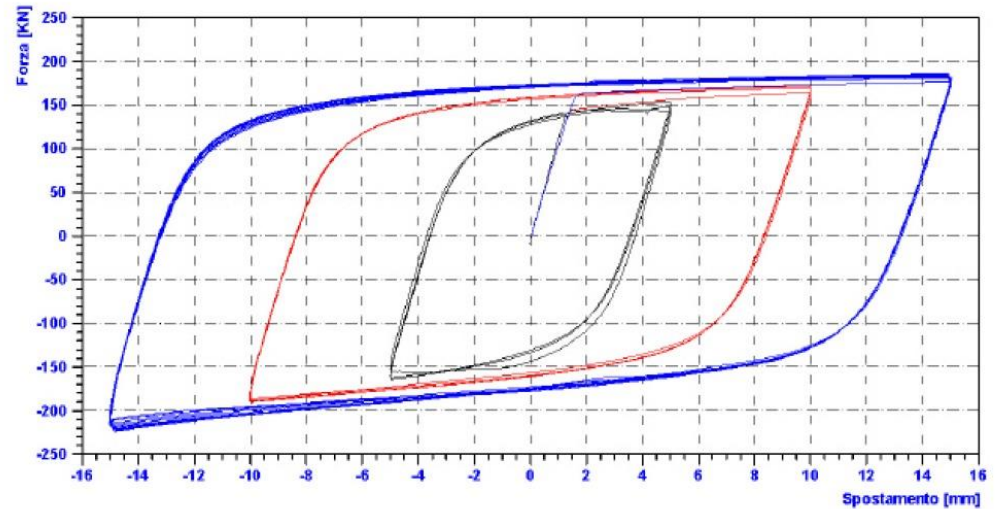
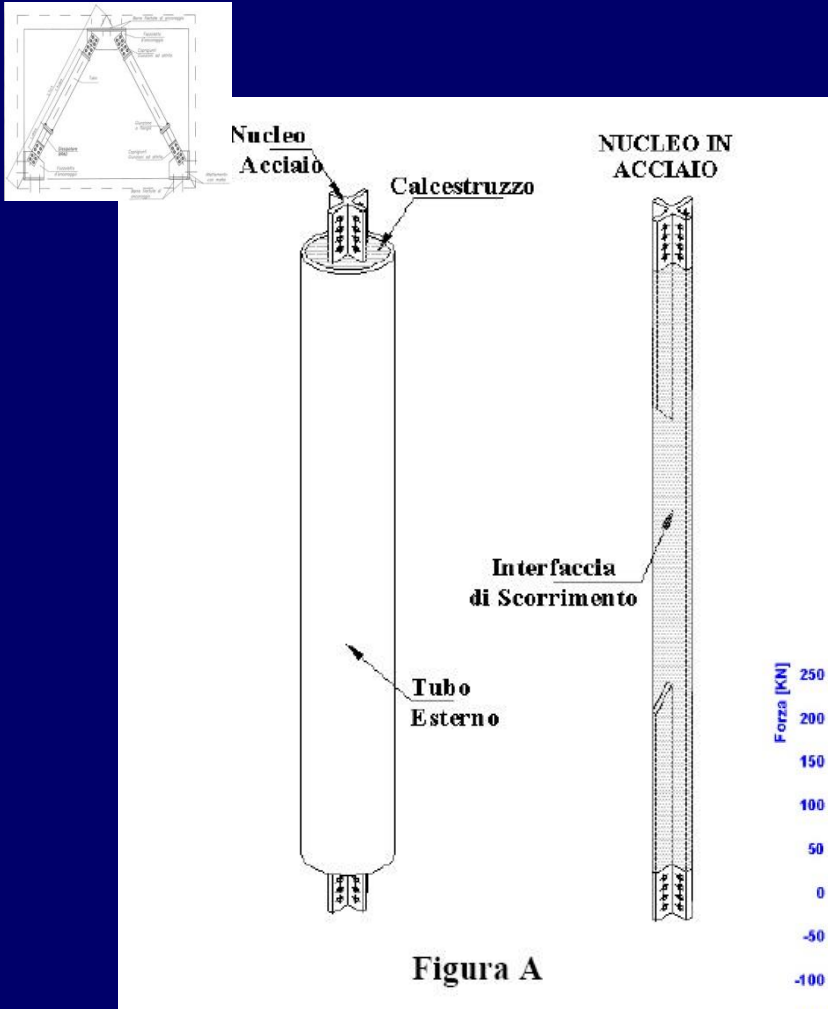
Bukling

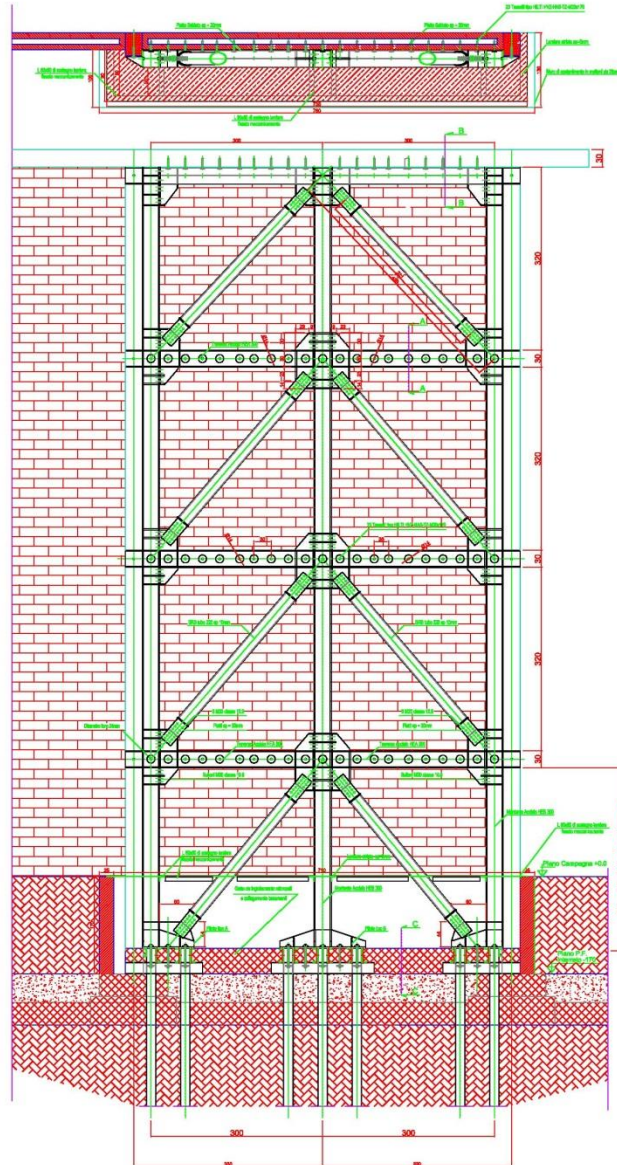
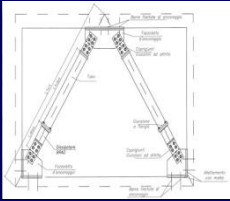
Restreined

Axial

Dampers

elevata dissipazione
poca manutenzione





Telaio metallico con BRAD
(Applicazione reale)



Durante, dopo ma, soprattutto, prima del sisma (ruoli e responsabilità)





*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Princìpi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.
Principi e basi*



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.
Principi e basi*



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.
Principi e basi*



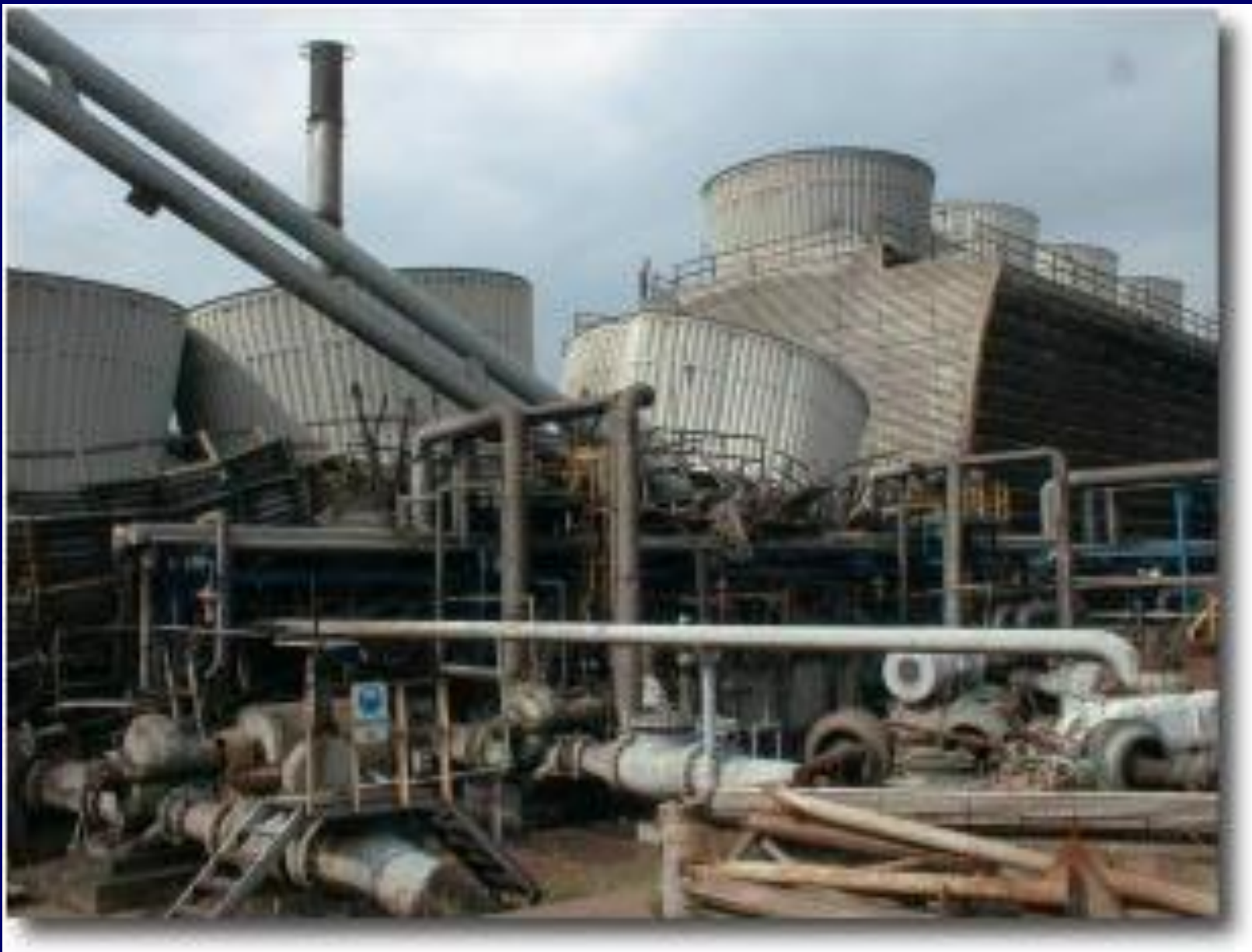
*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.
Principi e basi*



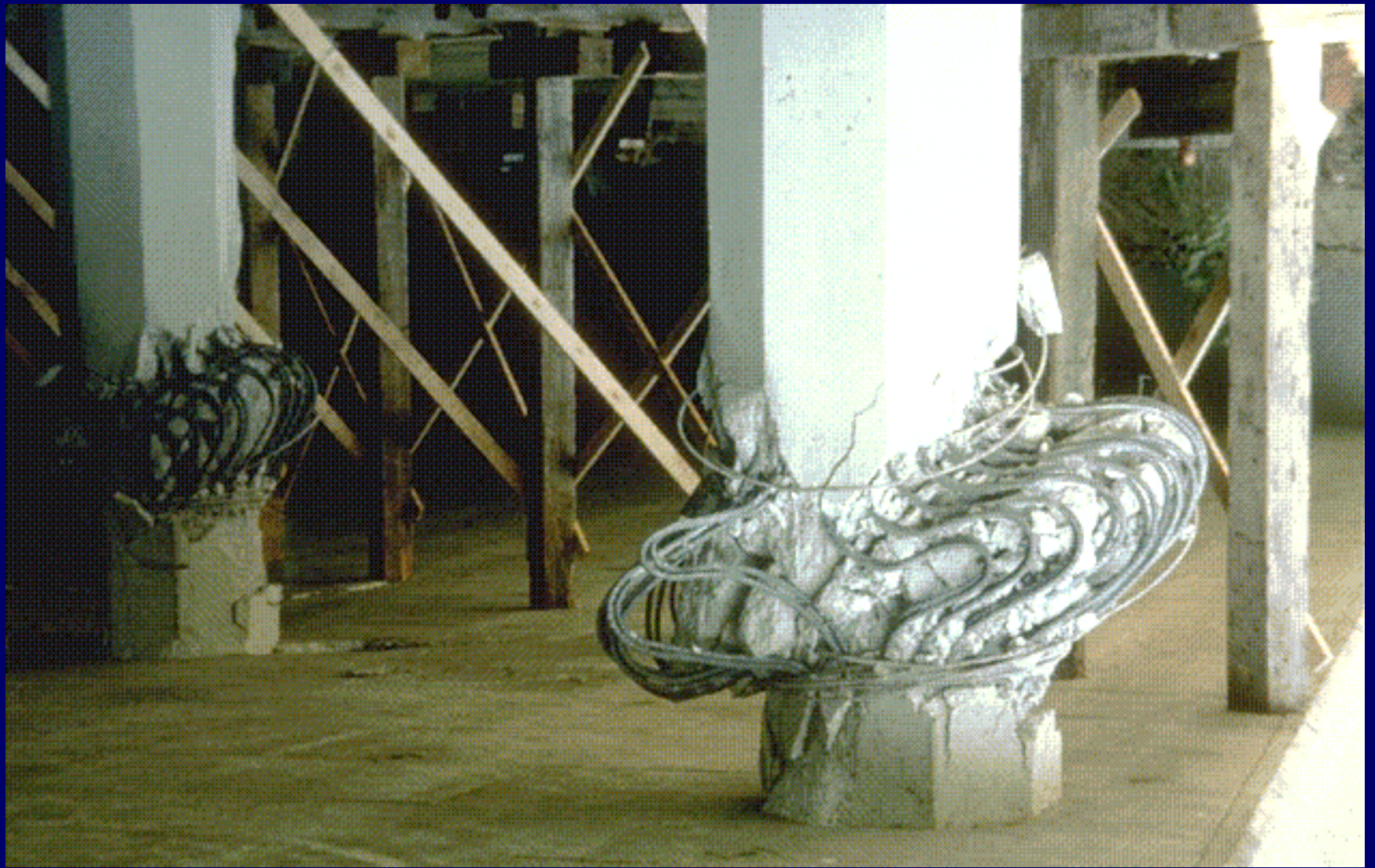
*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Prignano e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



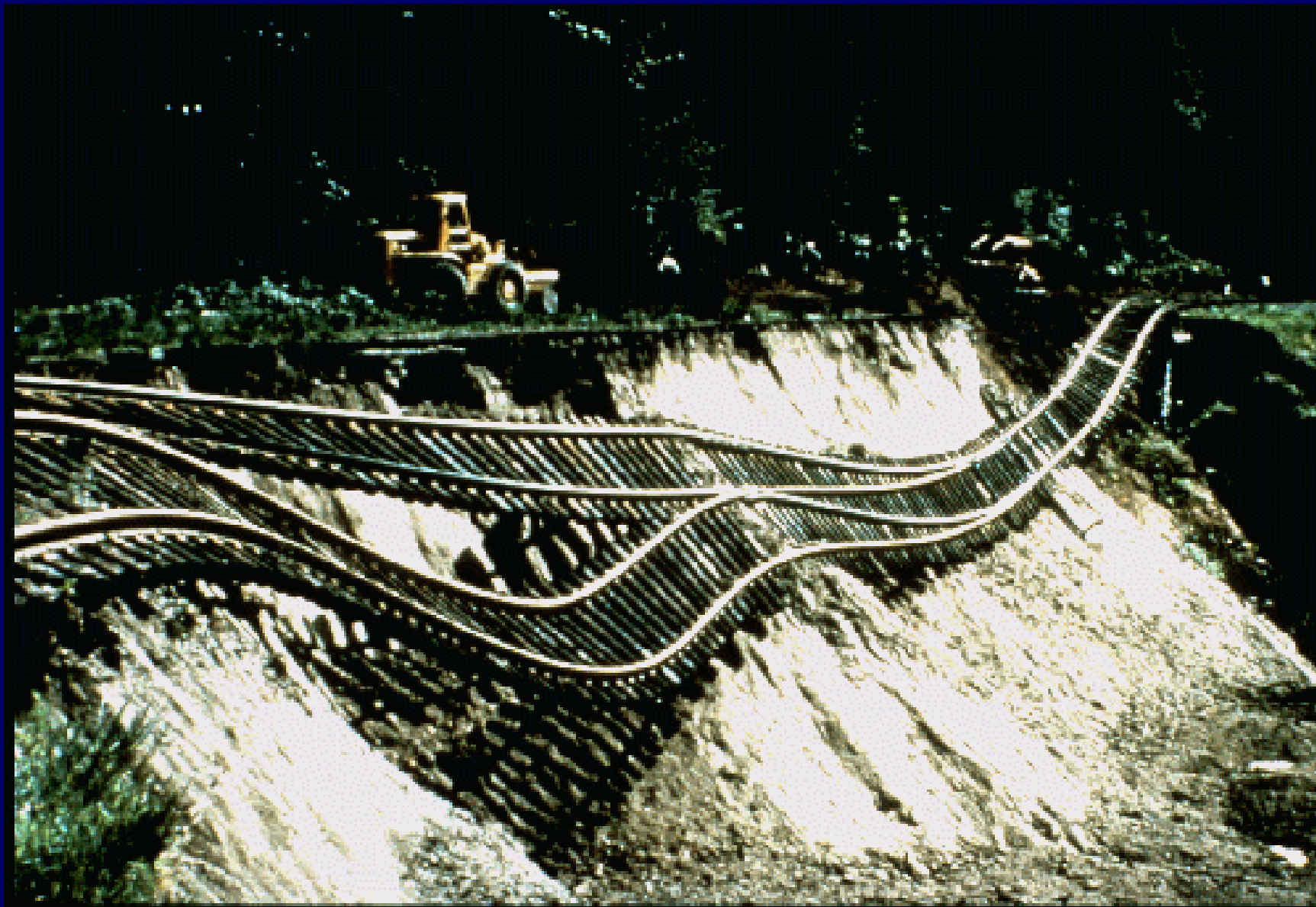
*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi



*Normativa sismica e
calcolo strutturale.*

Principi e basi