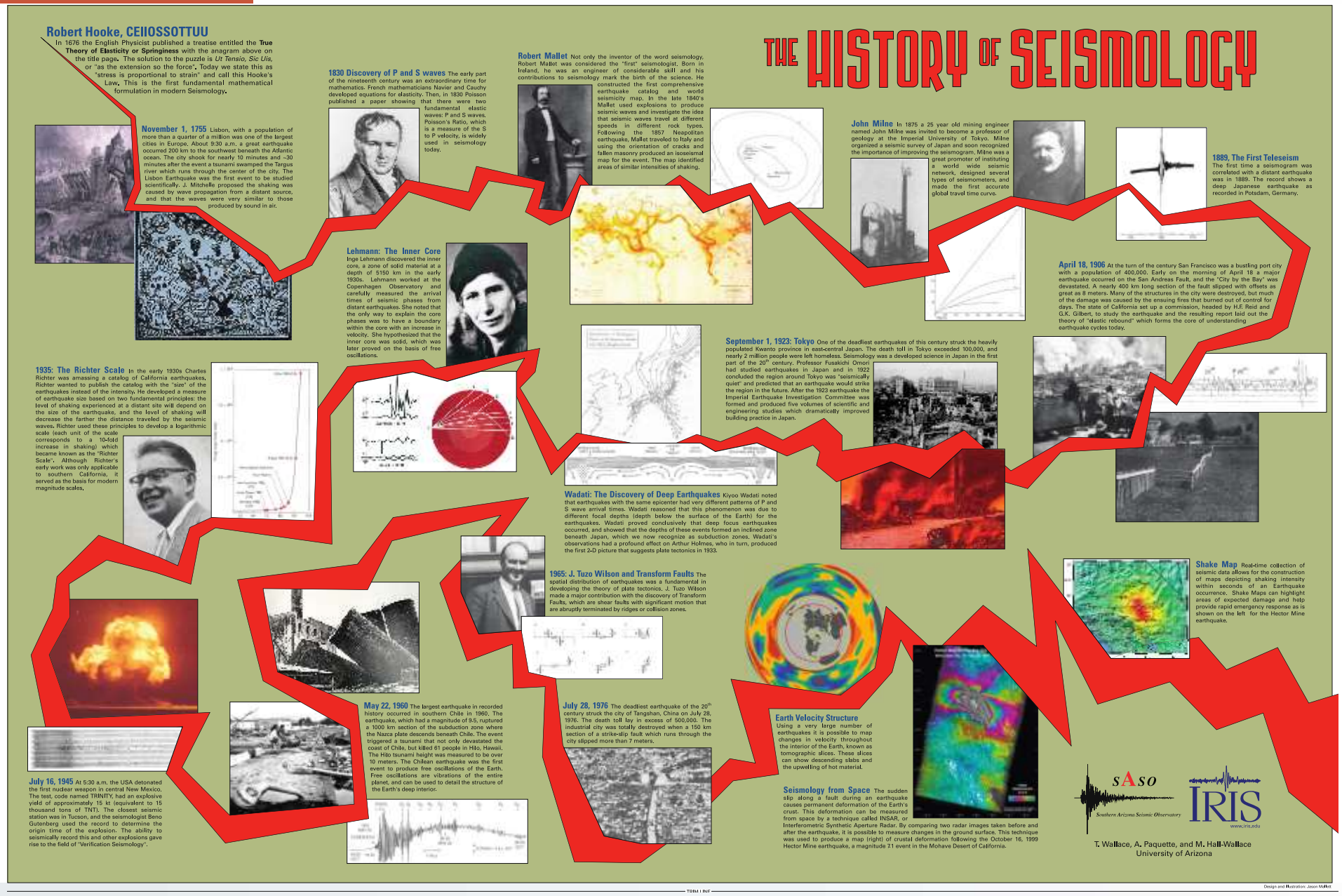
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO
Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate

Paolo Riva

I terremoti in Italia.
Cosa sono, che effetti hanno, cosa possiamo fare per mitigarne gli effetti.

L-23 Ingegneria delle Tecnologie per l'Edilizia
LM-24 Ingegneria delle Costruzioni Edili


THE HISTORY OF SEISMOLOGY
Robert Hooke, CEIIOSSOTTUU
In 1676 the English Physicist published a treatise entitled the True Theory of Elasticity or Springiness with the anagram above on the title page. The solution to the puzzle is Ut Tensio, Sic Uis, or "as the extension so the force". Today we state this as "stress is proportional to strain" and call this Hooke's Law. This is the first fundamental mathematical formulation in modern Seismology.
November 1, 1755 Lisbon, with a population of more than a quarter of a million was one of the largest cities in Europe. About 9:30 a.m. a great earthquake occurred 200 km to the southwest beneath the Atlantic ocean. The city shook for nearly 10 minutes and ~30 minutes after the event a tsunami swamped the Targus river which runs through the center of the city. The Lisbon Earthquake was the first event to be studied scientifically. J. Mitchelle proposed the shaking was caused by wave propagation from a distant source, and that the waves were very similar to those produced by sound in air.
1830 Discovery of P and S waves The early part of the nineteenth century was an extraordinary time for mathematics. French mathematicians Navier and Cauchy developed equations for elasticity. Then, in 1830 Poisson published a paper showing that there were two fundamental elastic waves: P and S waves. Poisson's Ratio, which is a measure of the S to P velocity, is widely used in seismology today.
Robert Mallet Not only the inventor of the word seismology, Robert Mallet was considered the "first" seismologist. Born in Ireland, he was an engineer of considerable skill and his contributions to seismology mark the birth of the science. He constructed the first comprehensive earthquake catalog and world seismicity map. In the late 1840's Mallet used explosions to produce seismic waves and investigate the idea that seismic waves travel at different speeds in different rock types. Following the 1857 Neapolitan earthquake, Mallet traveled to Italy and using the orientation of cracks and fallen masonry produced an isoseismal map for the event. The map identified areas of similar intensities of shaking.
John Milne In 1875 a 25 year old mining engineer named John Milne was invited to become a professor of geology at the Imperial University of Tokyo. Milne organized a seismic survey of Japan and soon recognized the importance of improving the seismogram. Milne was a great promoter of instituting a world wide seismic network, designed several types of seismometers, and made the first accurate global travel time curve.
1889, The First Teleseism The first time a seismogram was correlated with a distant earthquake was in 1889. The record shows a deep Japanese earthquake as recorded in Potsdam, Germany.
Lehmann: The Inner Core Inge Lehmann discovered the inner core, a zone of solid material at a depth of 5150 km in the early 1930s. Lehmann worked at the Copenhagen Observatory and carefully measured the arrival times of seismic phases from distant earthquakes. She noted that the only way to explain the core phases was to have a boundary within the core with an increase in velocity. She hypothesized that the inner core was solid, which was later proved on the basis of free oscillations.
April 18, 1906 At the turn of the century San Francisco was a bustling port city with a population of 400,000. Early on the morning of April 18 a major earthquake occurred on the San Andreas Fault, and the "City by the Bay" was devastated. A nearly 400 km long section of the fault slipped with offsets as great as 8 meters. Many of the structures in the city were destroyed, but much of the damage was caused by the ensuing fires that burned out of control for days. The state of California set up a commission, headed by H.F. Reid and G.K. Gilbert, to study the earthquake and the resulting report laid out the theory of "elastic rebound" which forms the core of understanding earthquake cycles today.
1935: The Richter Scale In the early 1930s Charles Richter was amassing a catalog of California earthquakes. Richter wanted to publish the catalog with the "size" of the earthquakes instead of the intensity. He developed a measure of earthquake size based on two fundamental principles: the level of shaking experienced at a distant site will depend on the size of the earthquake, and the level of shaking will decrease the farther the distance traveled by the seismic waves. Richter used these principles to develop a logarithmic scale (each unit of the scale corresponds to a 10-fold increase in shaking) which became known as the "Richter Scale". Although Richter's early work was only applicable to southern California, it served as the basis for modern magnitude scales.
September 1, 1923: Tokyo One of the deadliest earthquakes of this century struck the heavily populated Kwanto province in east-central Japan. The death toll in Tokyo exceeded 100,000, and nearly 2 million people were left homeless. Seismology was a developed science in Japan in the first part of the 20th century. Professor Fusakichi Omori had studied earthquakes in Japan and in 1922 concluded the region around Tokyo was "seismically quiet" and predicted that an earthquake would strike the region in the future. After the 1923 earthquake the Imperial Earthquake Investigation Committee was formed and produced five volumes of scientific and engineering studies which dramatically improved building practice in Japan.
Wadati: The Discovery of Deep Earthquakes Kiyoo Wadati noted that earthquakes with the same epicenter had very different patterns of P and S wave arrival times. Wadati reasoned that this phenomenon was due to different focal depths (depth below the surface of the Earth) for the earthquakes. Wadati proved conclusively that deep focus earthquakes occurred, and showed that the depths of these events formed an inclined zone beneath Japan, which we now recognize as subduction zones. Wadati's observations had a profound effect on Arthur Holmes, who in turn, produced the first 2-D picture that suggests plate tectonics in 1933.
1965: J. Tuzo Wilson and Transform Faults The spatial distribution of earthquakes was a fundamental in developing the theory of plate tectonics. J. Tuzo Wilson made a major contribution with the discovery of Transform Faults, which are shear faults with significant motion that are abruptly terminated by ridges or collision zones.
Shake Map Real-time collection of seismic data allows for the construction of maps depicting shaking intensity within seconds of an Earthquake occurrence. Shake Maps can highlight areas of expected damage and help provide rapid emergency response as is shown on the left for the Hector Mine earthquake.
July 16, 1945 At 5:30 a.m. the USA detonated the first nuclear weapon in central New Mexico. The test, code named TRINITY, had an explosive yield of approximately 15 kt (equivalent to 15 thousand tons of TNT). The closest seismic station was in Tucson, and the seismologist Beno Gutenberg used the record to determine the origin time of the explosion. The ability to seismically record this and other explosions gave rise to the field of "Verification Seismology".
May 22, 1960 The largest earthquake in recorded history occurred in southern Chile in 1960. The earthquake, which had a magnitude of 9.5, ruptured a 1000 km section of the subduction zone where the Nazca plate descends beneath Chile. The event triggered a tsunami that not only devastated the coast of Chile, but killed 61 people in Hilo, Hawaii. The Hilo tsunami height was measured to be over 10 meters. The Chilean earthquake was the first event to produce free oscillations of the Earth. Free oscillations are vibrations of the entire planet, and can be used to detail the structure of the Earth's deep interior.
July 28, 1976 The deadliest earthquake of the 20th century struck the city of Tangshan, China on July 28, 1976. The death toll lay in excess of 500,000. The industrial city was totally destroyed when a 150 km section of a strike-slip fault which runs through the city slipped more than 7 meters.
Earth Velocity Structure Using a very large number of earthquakes it is possible to map changes in velocity throughout the interior of the Earth, known as tomographic slices. These slices can show descending slabs and the upwelling of hot material.
Seismology from Space The sudden slip along a fault during an earthquake causes permanent deformation of the Earth's crust. This deformation can be measured from space by a technique called INSAR, or Interferometric Synthetic Aperture Radar. By comparing two radar images taken before and after the earthquake, it is possible to measure changes in the ground surface. This technique was used to produce a map (right) of crustal deformation following the October 16, 1999 Hector Mine earthquake, a magnitude 7.1 event in the Mohave Desert of California.
SASO
Southern Arizona Seismic Observatory
IRIS
www.iris.edu
T. Wallace, A. Paquette, and M. Hall-Wallace
University of Arizona
Design and Illustration: Jason Moller

Danni e Perdite

- In media 10,000 persone muoiono ogni anno a causa di terremoti (UNESCO, 1980)
- $10,000,000,000 – danni materiali dei terremoti fra il 1926 e il 1950

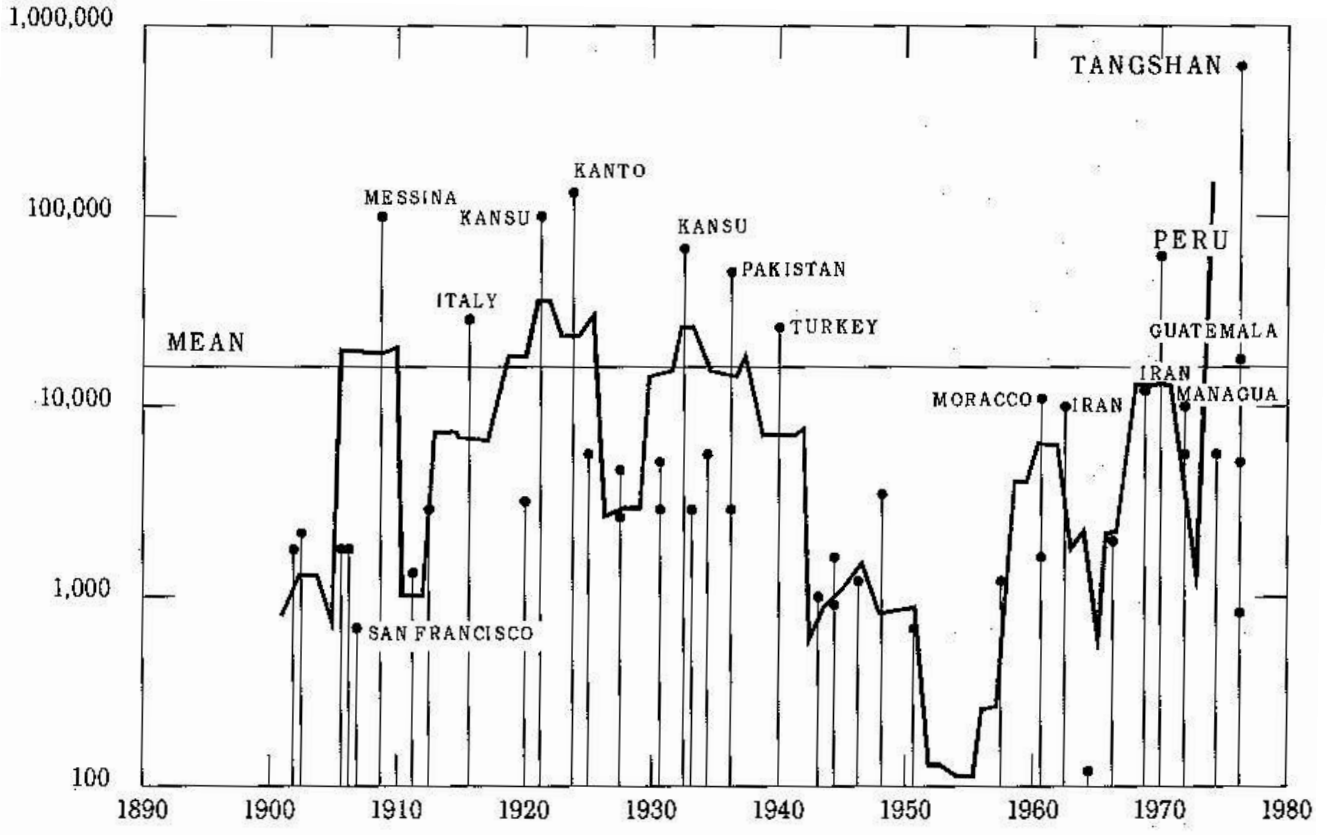
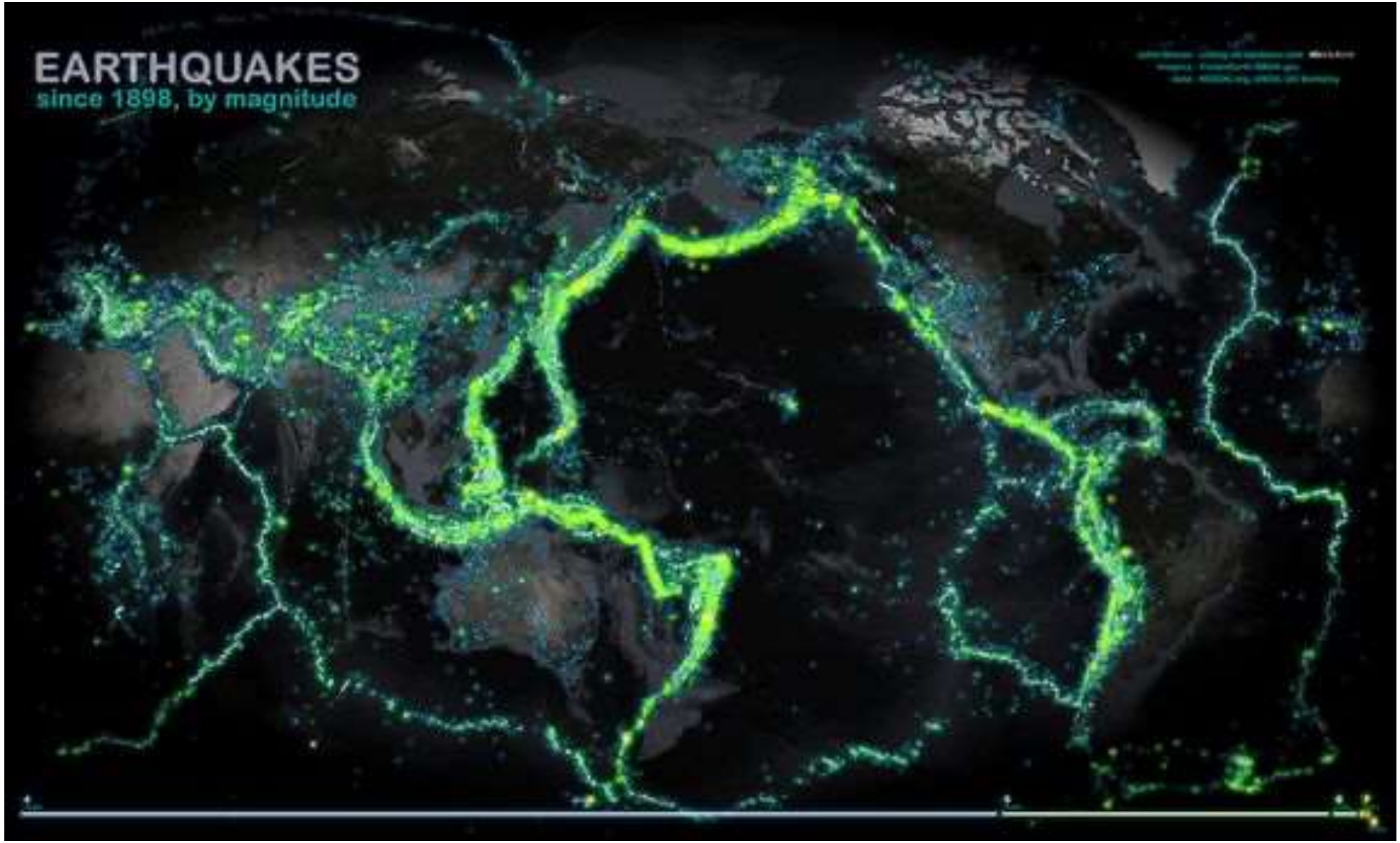
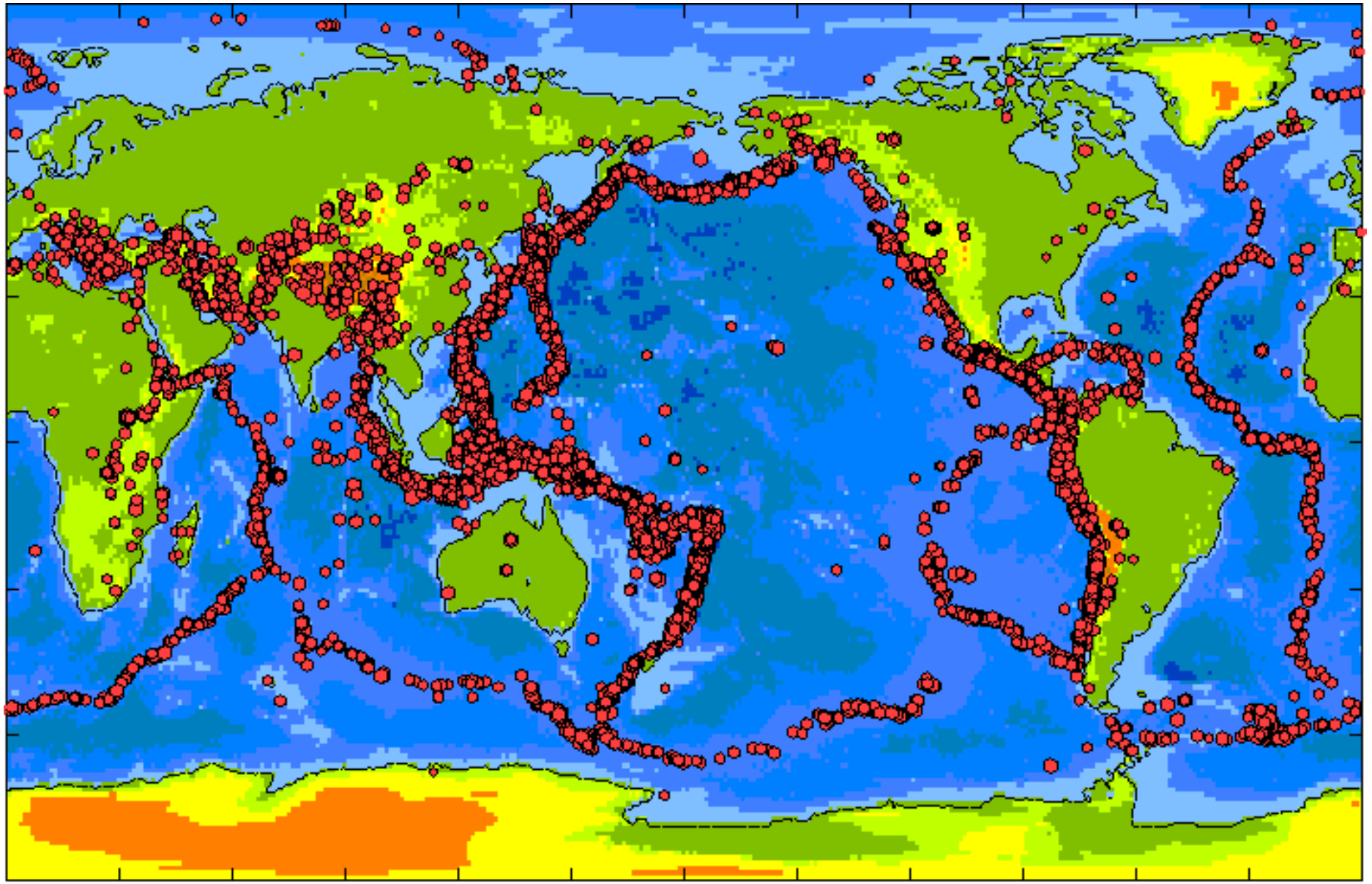


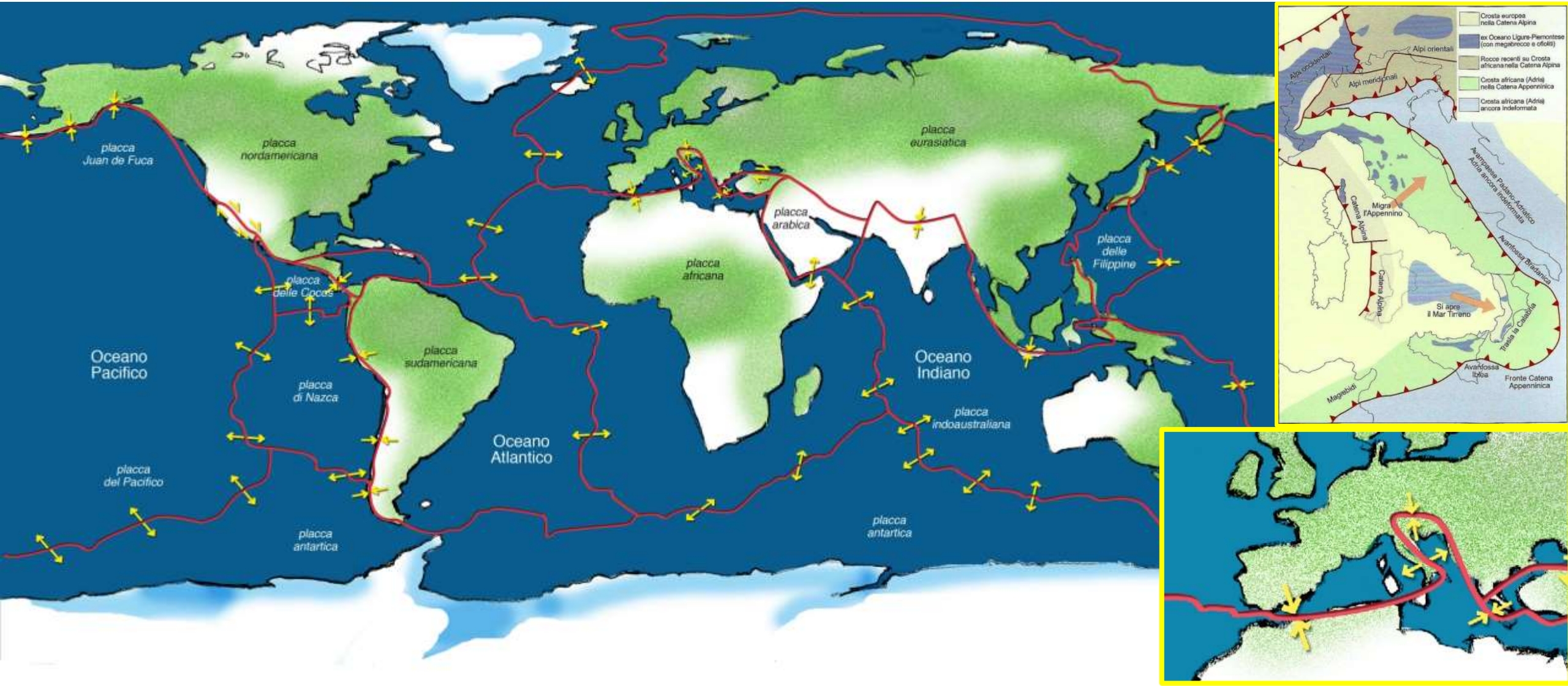
Figure 1-1. Loss of life caused by major earthquakes [After Hiroo Kanamori[1-10]].

Studio dei terremoti

- Nascita sismologia moderna: R. Mallett a seguito del terremoto di Napoli del 1857
- Sismologia: spiega e studia terremoti di forte intensità e lunga durata
- Sismologia – propagazione onde - ingegneria sismica
- Raccolta dati a partire dal terremoto San Fernando, 1971, California
- Oggi esistono reti di sismografi + monitoraggio edifici e altre strutture importanti (ponti, dighe, etc.). Terremoti “in formato digitale” si trovano su internet
- Al progettista di strutture interessa sapere la massima intensità del terremoto che può colpire un sito in un certo lasso di tempo (x anni)


EARTHQUAKES
since 1898, by magnitude

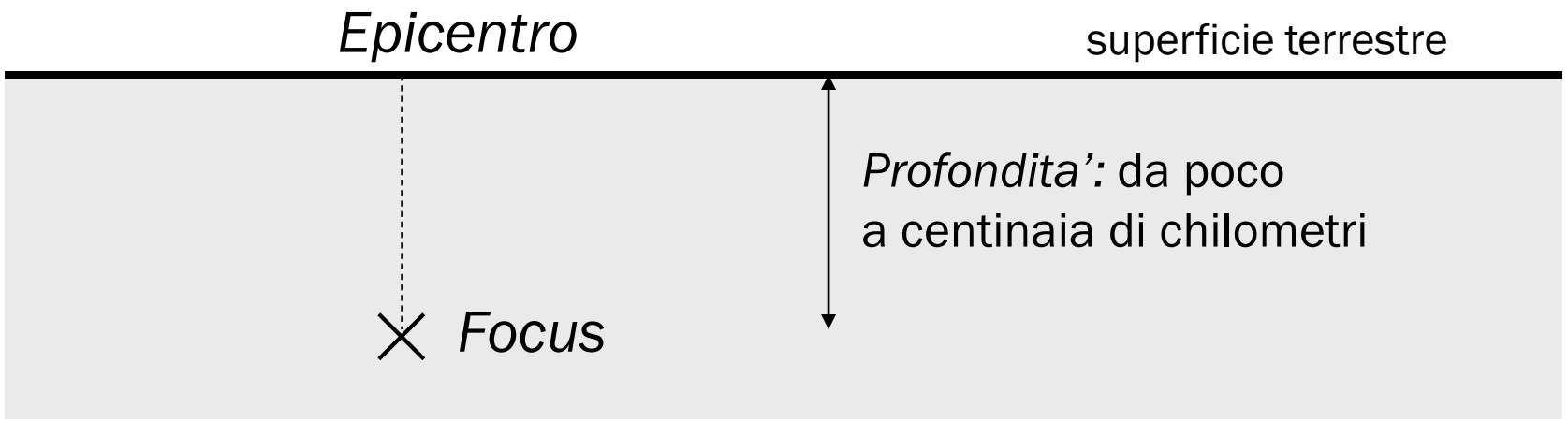




La placca Africana si sposta con velocità di 1-5 mm/y (misurazioni GPS)

Terremoto

- Movimento della crosta terrestre dovuto a una rottura, uno scorrimento relativo o ad una esplosione vulcanica
- Si manifesta come una serie di onde che si propagano da un punto di rottura della faglia

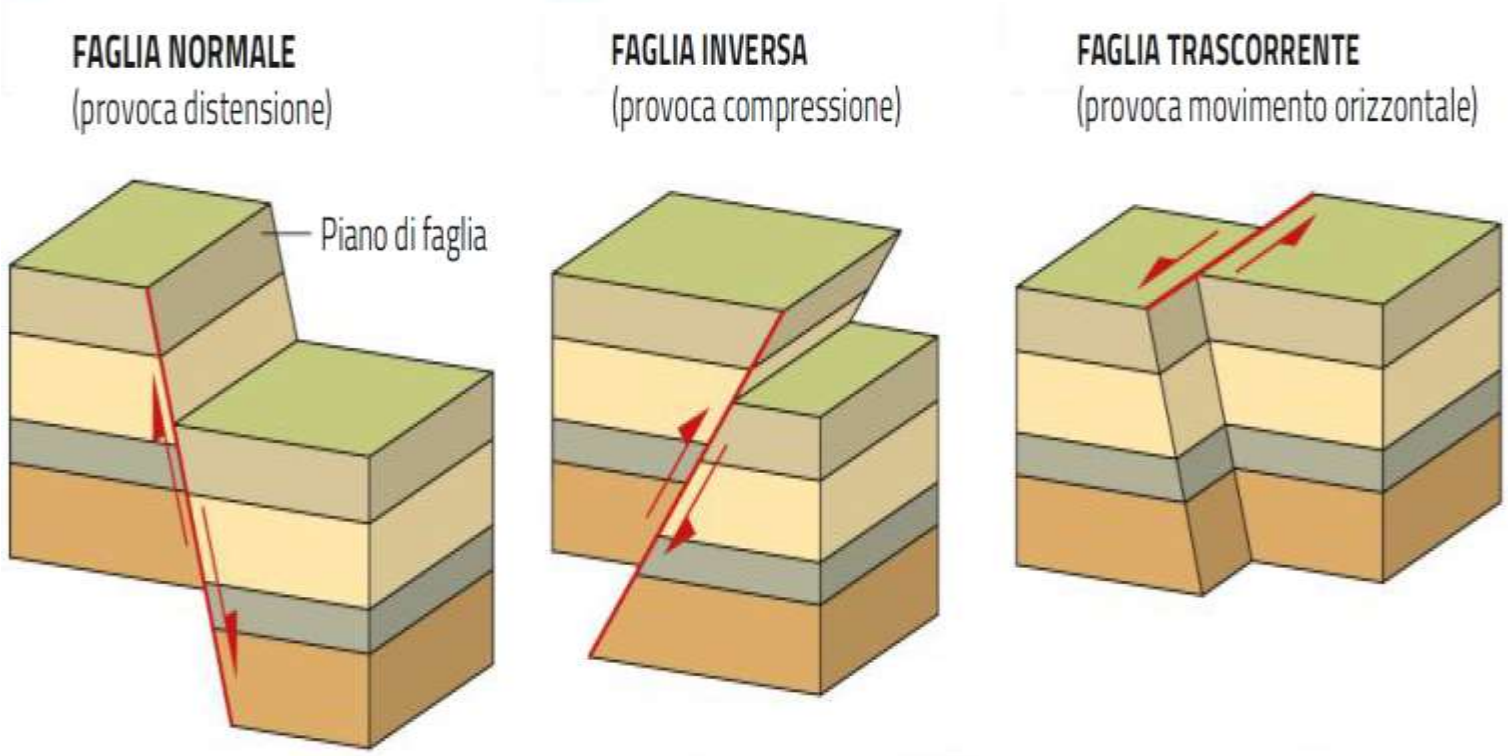


- Fuoco: punto nel quale si ha lo scorrimento
- Epicentro: proiezione sulla superficie terrestre del fuoco
- Profondita': < 70 km superficiali
  70-300 km intermedi
  > 300 km profondi

- Terremoti superficiali: sono i piu' devastanti
- I terremoti moderati e forti sono seguiti da aftershocks
- Alcuni terremoti sono preceduti da foreshocks

Faglia

- Superficie dove si verificano rotture movimenti relativi della crosta terrestre
- La rottura può o no raggiungere la superficie terrestre
- Le dimensioni di una faglia vanno da pochi metri a chilometri
- Faglie attive ed inattive



Onde sismiche

- Onde P (Primarie)

  sono le + veloci

  attraversano solidi e liquidi

- Onde S (Secondarie)

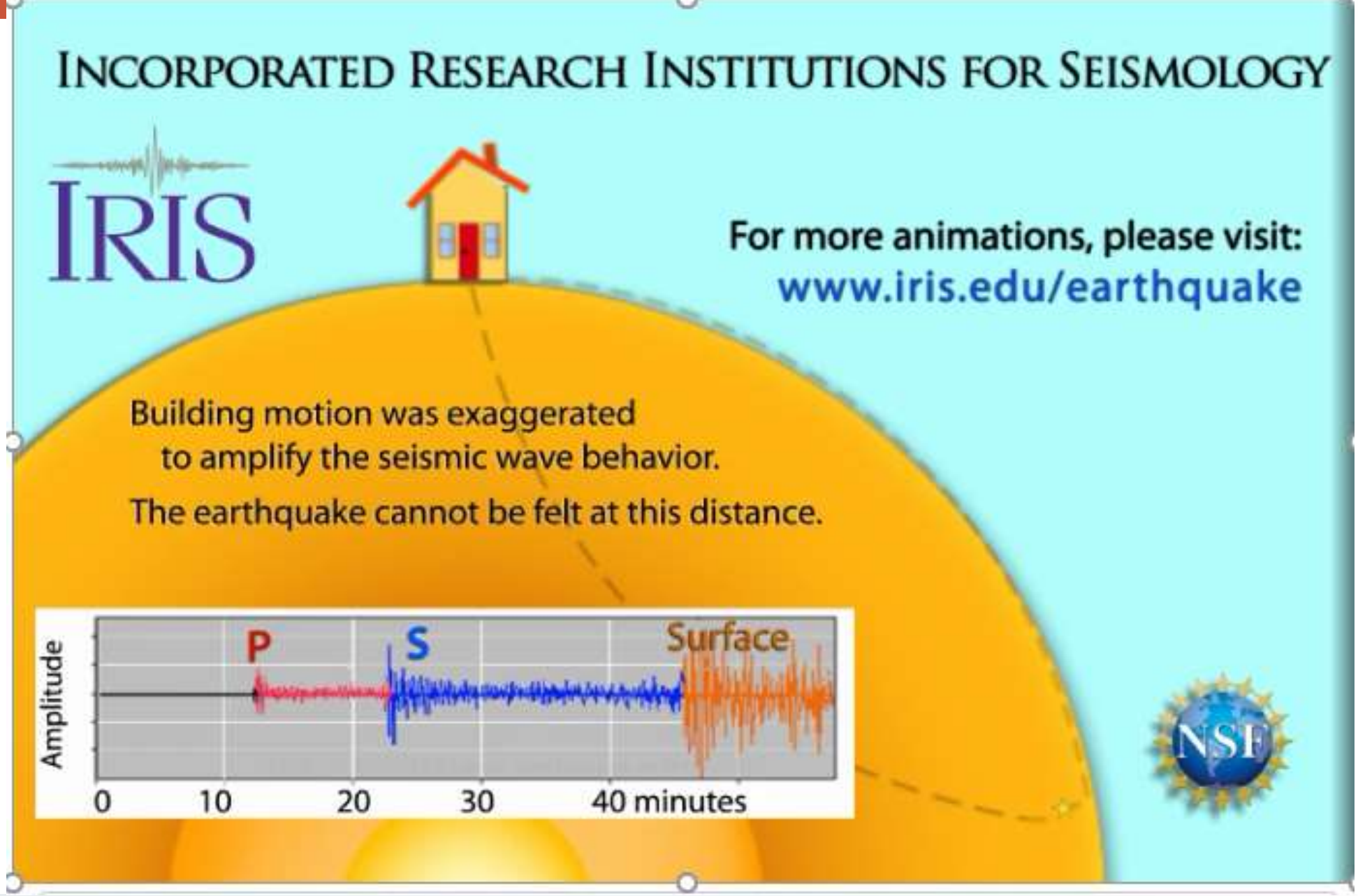
  sono – veloci delle P

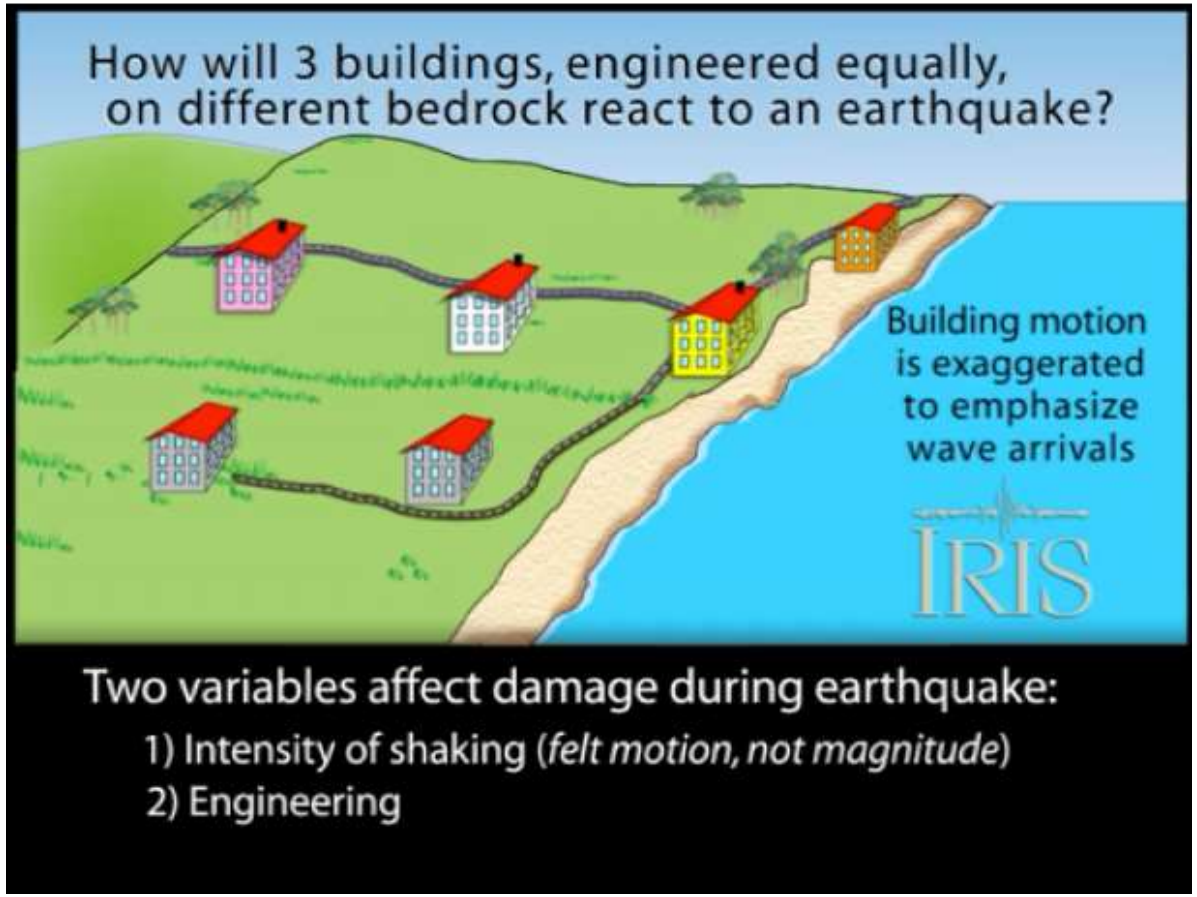
  attraversano solo solidi

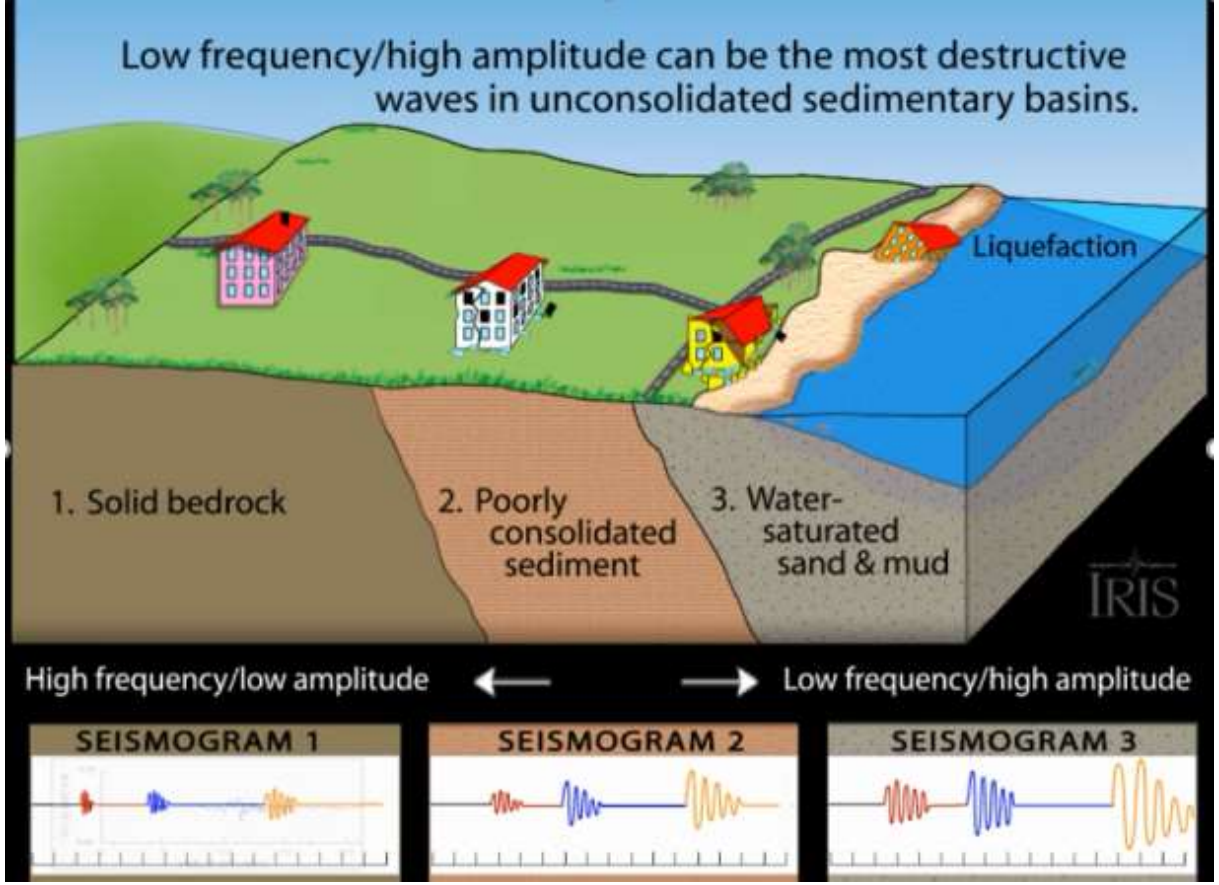
- Onde Superficiali

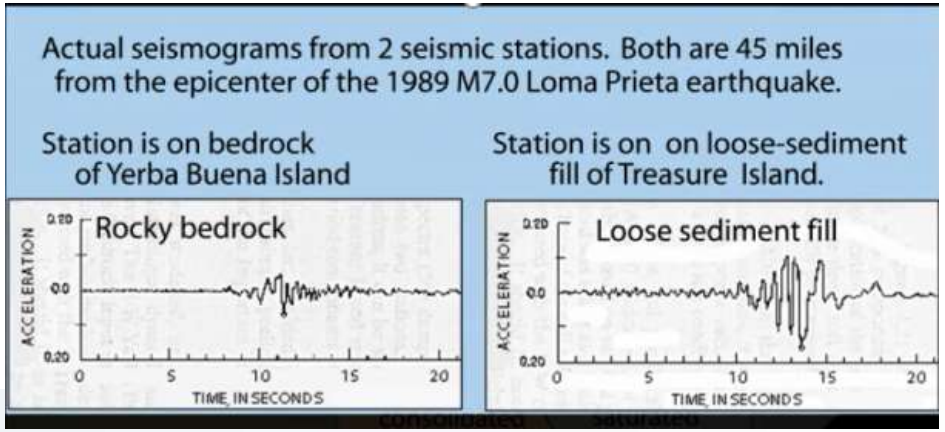
  (come sulla superficie dell'acqua)

  - Rayleigh
  - Love


INCORPORATED RESEARCH INSTITUTIONS FOR SEISMOLOGY
IRIS
For more animations, please visit:
www.iris.edu/earthquake
Building motion was exaggerated
to amplify the seismic wave behavior.
The earthquake cannot be felt at this distance.
Amplitude
P
S
Surface
0
10
20
30
40 minutes
NSF


How will 3 buildings, engineered equally, on different bedrock react to an earthquake?
Building motion is exaggerated to emphasize wave arrivals
IRIS
Two variables affect damage during earthquake:
1) Intensity of shaking (felt motion, not magnitude)
2) Engineering


Low frequency/high amplitude can be the most destructive waves in unconsolidated sedimentary basins.
Liquefaction
1. Solid bedrock
2. Poorly consolidated sediment
3. Water-saturated sand & mud
IRIS
High frequency/low amplitude
Low frequency/high amplitude
SEISMOGRAM 1
SEISMOGRAM 2
SEISMOGRAM 3


Actual seismograms from 2 seismic stations. Both are 45 miles from the epicenter of the 1989 M7.0 Loma Prieta earthquake.
Station is on bedrock of Yerba Buena Island
Station is on on loose-sediment fill of Treasure Island.
Rocky bedrock
Loose sediment fill
ACCELERATION
TIME IN SECONDS

Come si misurano i terremoti?

- Intensità: misura danni ad opere umane
  - Misura soggettiva
  - Scala Mercalli (prossima pagina)
- Magnitudo
  - Scala Richter

$$M_L = \log_{10} A$$

A = ampiezza in micron delle onde misurate da un sismografo Wood-Anderson a 100 km di distanza dall'epicentro

Scala Mercalli

Grado	Scossa	Descrizione
I	impercettibile	Avvertita solo dagli strumenti sismici.
II	molto leggera	Avvertita solo da qualche persona in opportune condizioni.
III	leggera	Avvertita da poche persone. Oscillano oggetti appesi con vibrazioni simili a quelle del passaggio di un'automobile.
IV	moderata	Avvertita da molte persone; tremito di infissi e cristalli, e leggere oscillazioni di oggetti appesi.
V	piuttosto forte	Avvertita anche da persone addormentate; caduta di oggetti.
VI	forte	Qualche leggera lesione negli edifici e finestre in frantumi.
VII	molto forte	Caduta di fumaioli, lesioni negli edifici.
VIII	rovinosa	Rovina parziale di qualche edificio; qualche vittima isolata.
IX	distruttiva	Rovina totale di alcuni edifici e gravi lesioni in molti altri; vittime umane sparse ma non numerose.
X	completamente distruttiva	Rovina di molti edifici; molte vittime umane; crepacci nel suolo.
XI	catastrofica	Distruzione di agglomerati urbani; moltissime vittime; crepacci e frane nel suolo; maremoto.
XII	apocalittica	Distruzione di ogni manufatto; pochi superstiti; sconvolgimento del suolo; maremoto distruttivo, dislocamento della crosta terrestre.

Scala Richter

- In teoria non ha limite superiore
- L'energia rilasciata da un terremoto è proporzionale all'ampiezza di oscillazione elevata a 3/2. Quindi, in termini di energia rilasciata, una differenza di magnitudo pari a 1,0 è equivalente a un fattore 31,6
- In realta' pochissimo terremoti con M_L>8
- La scala e' stata modificata e si applica altri tipi di sismografi

  - M_s: basata sulla misura di onde S con periodo di 20 secondi
  - m_b: basata sulla ampiezza delle onde P (questo perche' terremoti profondi hanno onde S insignificanti)
  - M_W: magnitudo del momento (e' una misura dell'energia rilasciata dal terremoto

$$M_W = (\log M_0)/1{,}5 - 10{,}7$$

$M_0 = \mu AD$

μ = rigidezza del materiale
A = area di scorrimento
D = scorrimento

Scala Richter

Magnitudo	TNT equivalente	Energia	Frequenza	Esempio
0	15 grammi	63 kJ	Circa 8 000 al giorno	
1	0,48 chilogrammi	2 MJ		
1,5	2,7 chilogrammi	11 MJ		Impatto sismico della tipica piccola esplosione utilizzata nelle costruzioni
2	15 chilogrammi	63 MJ	Circa 1 000 al giorno	Esplosione della West Fertilizer Company
2,5	85 chilogrammi	355 MJ		
3	477 chilogrammi	2.0 GJ	Circa 130 al giorno	Attentato di Oklahoma City, 1995
3,5	2,7 tonnellate	11 GJ		Disastro di PEPCON, 1988
4	15 tonnellate	63 GJ	Circa 15 al giorno	GBU-43 Massive Ordnance Air Blast bomb
4,5	85 tonnellate	355 GJ		
5	477 tonnellate	2 TJ	2-3 al giorno	
5,5	2 682 tonnellate	11 TJ		
6	15 000 tonnellate	63 TJ	120 all'anno	Bomba atomica Little Boy sganciata su Hiroshima (~ 16 kt)

Scala Richter

Magnitudo	TNT equivalente	Energia	Frequenza	Esempio
6,5	85 000 tonnellate	354 TJ		
7	477 000 tonnellate	2 PJ	18 all'anno	
7,5	2,7 milioni di tonnellate	11 PJ		
8	15 milioni di tonnellate	63 PJ	1 all'anno	Evento di Tunguska
8,35	50,5 milioni di tonnellate	211 PJ		Bomba Zar - l'arma termonucleare più grande mai testata. La maggior parte dell'energia è stata dissipata nell'atmosfer La scossa sismica è stata stimata in 5,0-5,2
8,5	85 milioni di tonnellate	355 PJ		
9	477 milioni di tonnellate	2 EJ	1 ogni 20 anni	
9,15	800 milioni di tonnellate	3,35 EJ		Catastrofe di Toba 75 000 anni fa; il più grande evento vulcanico a noi noto
9,5	2,7 miliardi di tonnellate	11 EJ		Terremoto del Cile del 1960
10	15 miliardi di tonnellate	63 EJ	Sconosciuto	
13	476 880 miliardi di tonnellate	2 YJ		Impatto della Penisola dello Yucatan in Messico (Cratere di Chicxulub) 65 milioni di anni fa

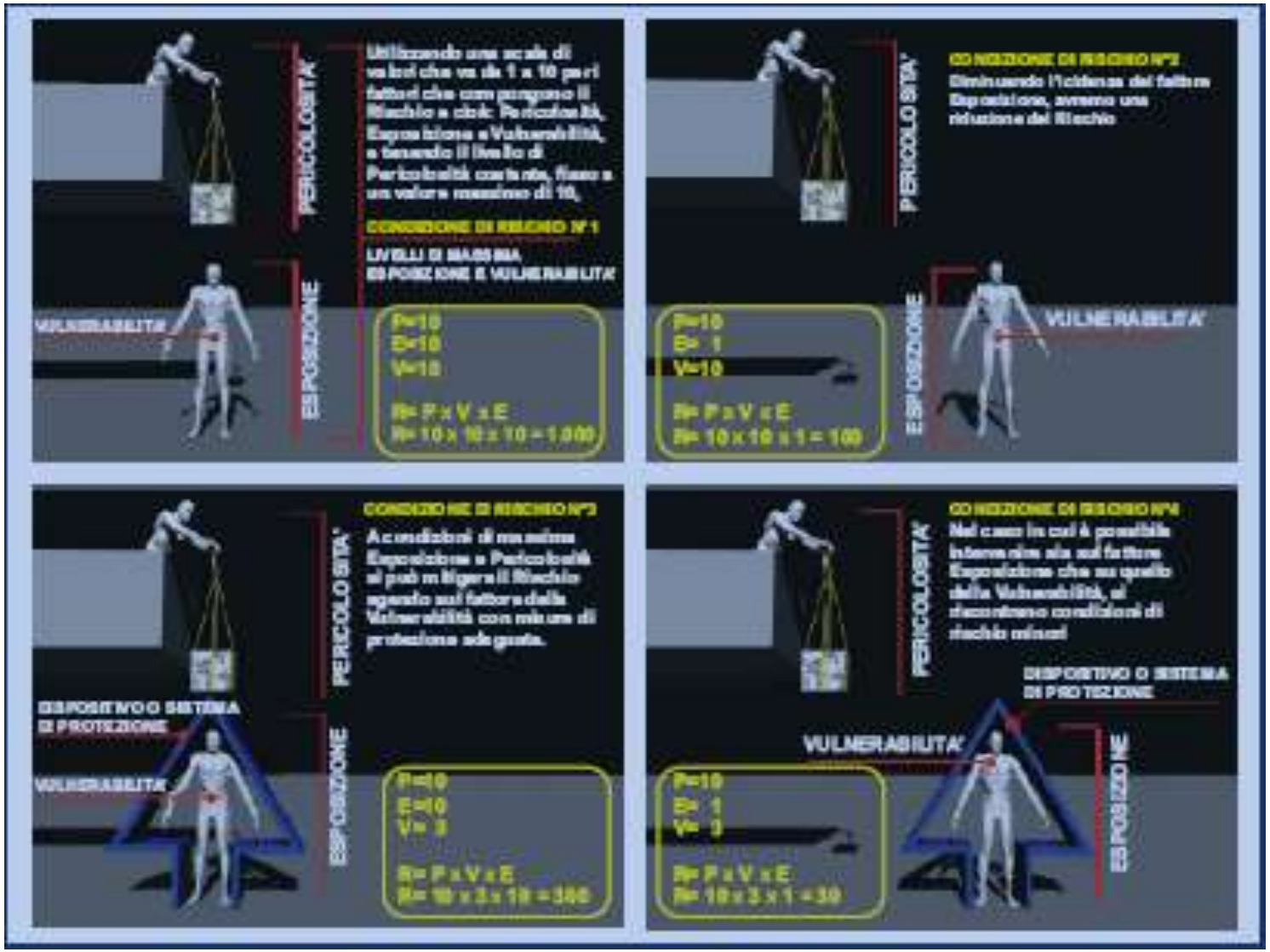
Rischio Sismico

Rischio sismico

Misura (probabilistica) degli effetti (perdite umane, feriti, danni alle proprietà e perturbazioni alle attività economiche) che i terremoti in una data zona determinano sugli elementi esposti

Fonte: Prof. Mauro Dolce – Protezione Civile

Rischio Sismico



Pericolosità

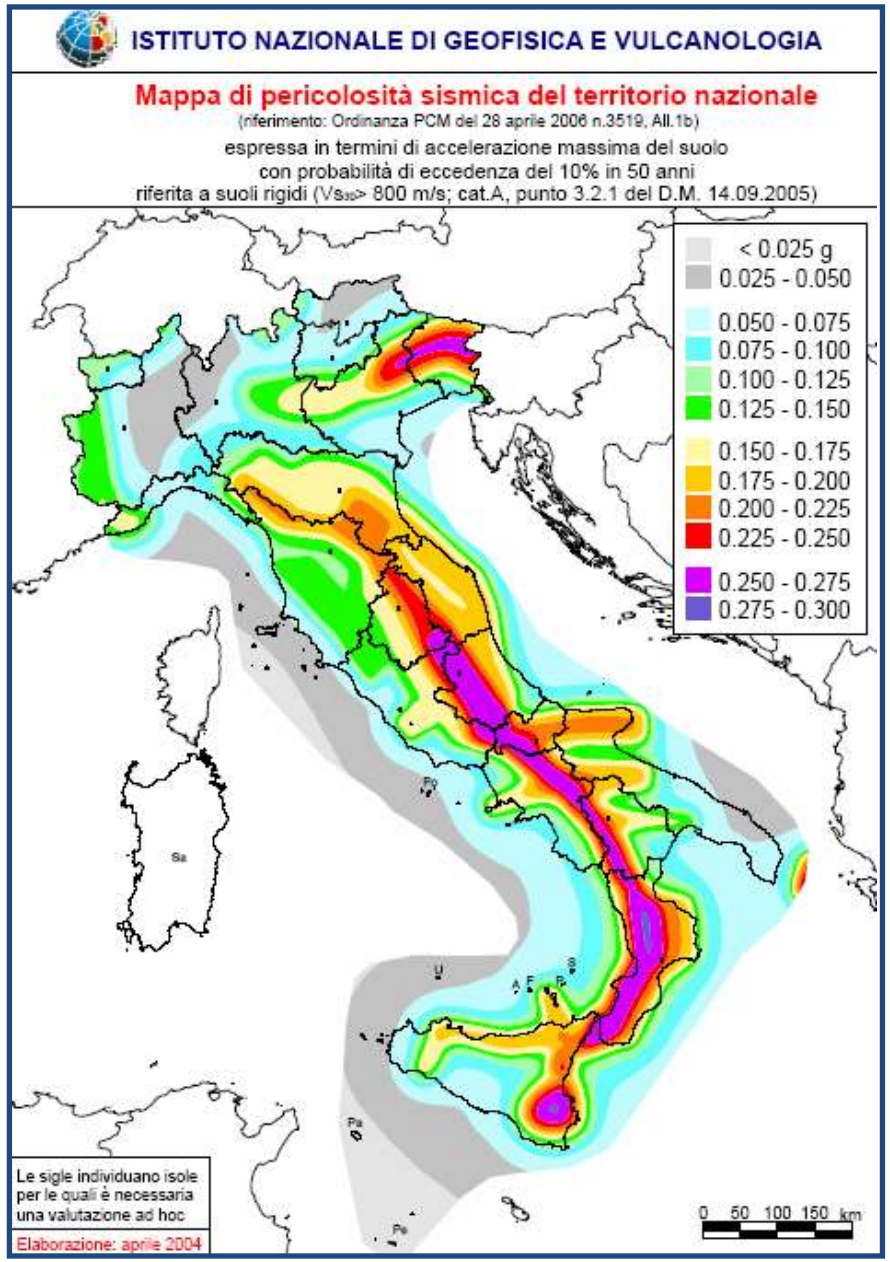
Sismicità concentrata nella parte centro-meridionale della penisola, in alcune aree settentrionali e nel tratto compreso tra l'Etna e le coste della Calabria

Pericolosità

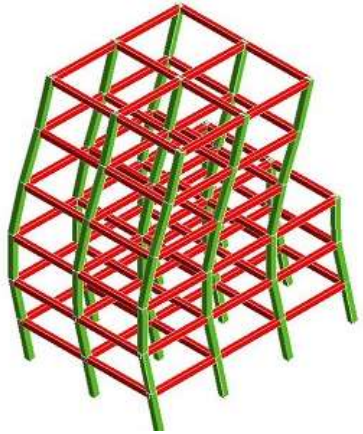
Mappa relativa ad una
Probabilità di superamento del
10% in 50 anni

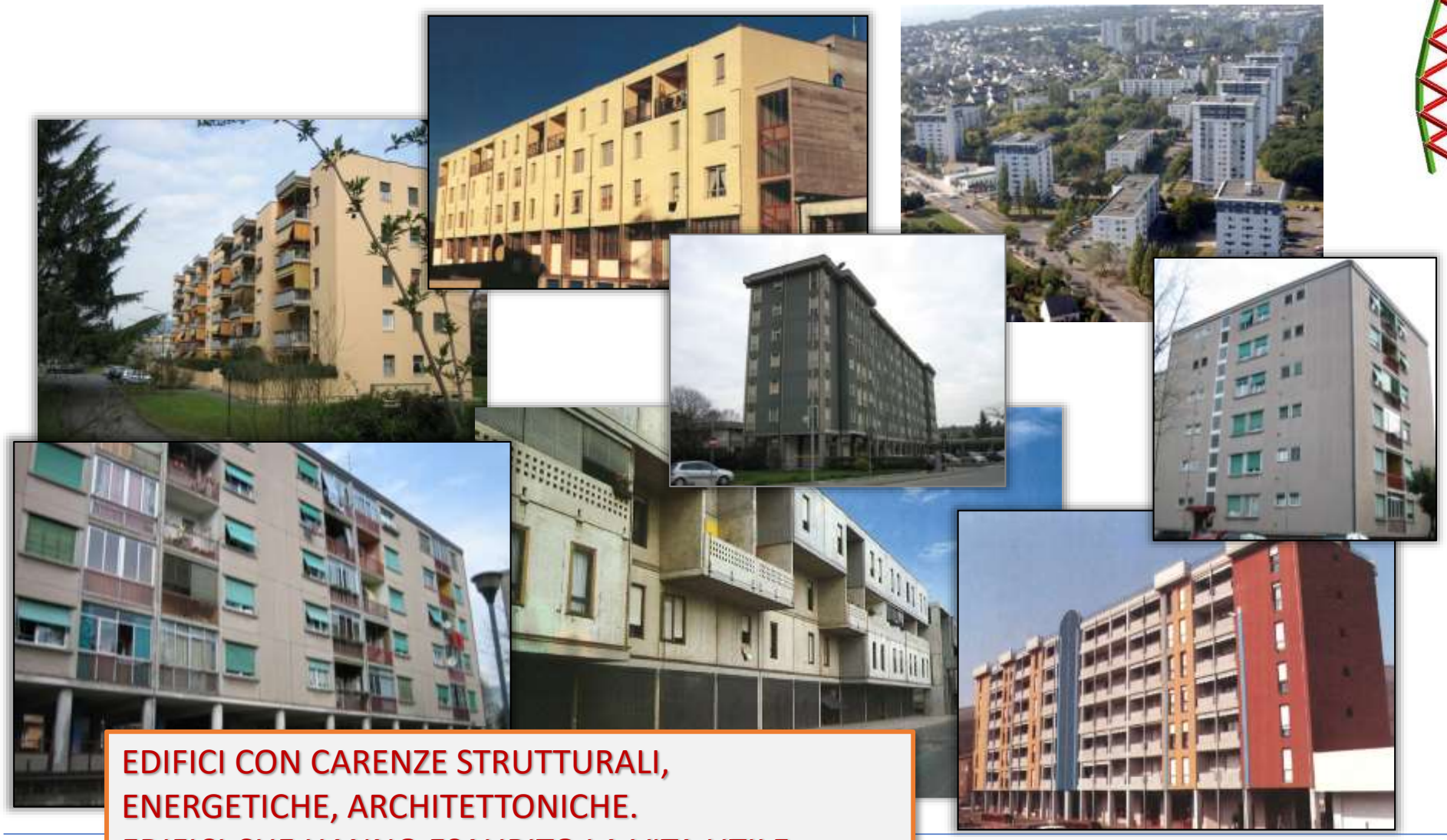
Ovvero

Periodo di ritorno
T_R=475 anni



Vulnerabilità





EDIFICI CON CARENZE STRUTTURALI,
ENERGETICHE, ARCHITETTONICHE.
EDIFICI CHE HANNO ESAURITO LA VITA UTILE

Vulnerabilità

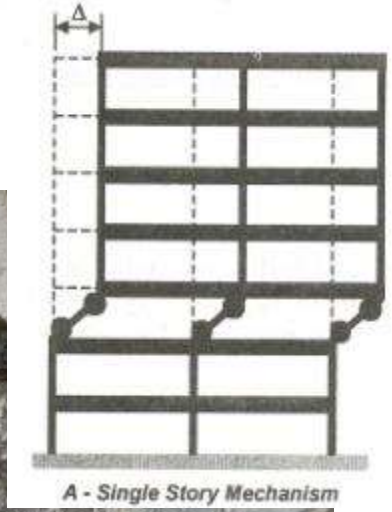
-Irregolarità nella distribuzione planimetrica

Vulnerabilità

Vulnerabilità

-Irregolarità in elevazione

Vulnerabilità



Telai in c.a.: piano debole

Vulnerabilità

Irregolarità in elevazione

Vulnerabilità

Telai in una sola direzione

Vulnerabilità

Vulnerabilità

- Regolarità in pianta: l'edificio di Pettino (AQ)

Si associa anche una irregolarità in elevazione prodotta dalle tamponature al piano terra.

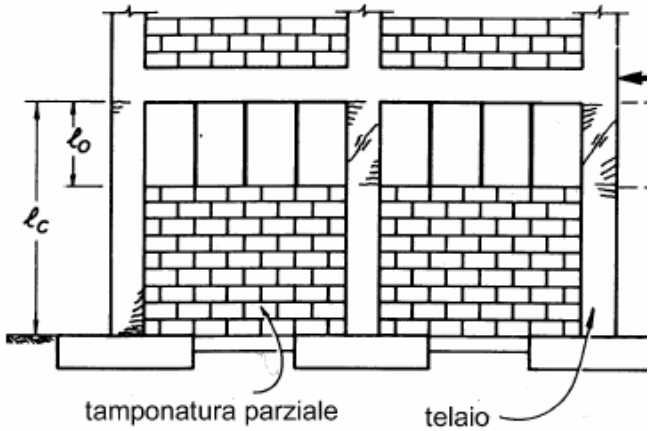
Vulnerabilità

Cerniere plastiche estremità pilastri: Insufficiente armatura nodi

Vulnerabilità

Interazione telaio-tamponamenti:
Positiva o Negativa?

Vulnerabilità

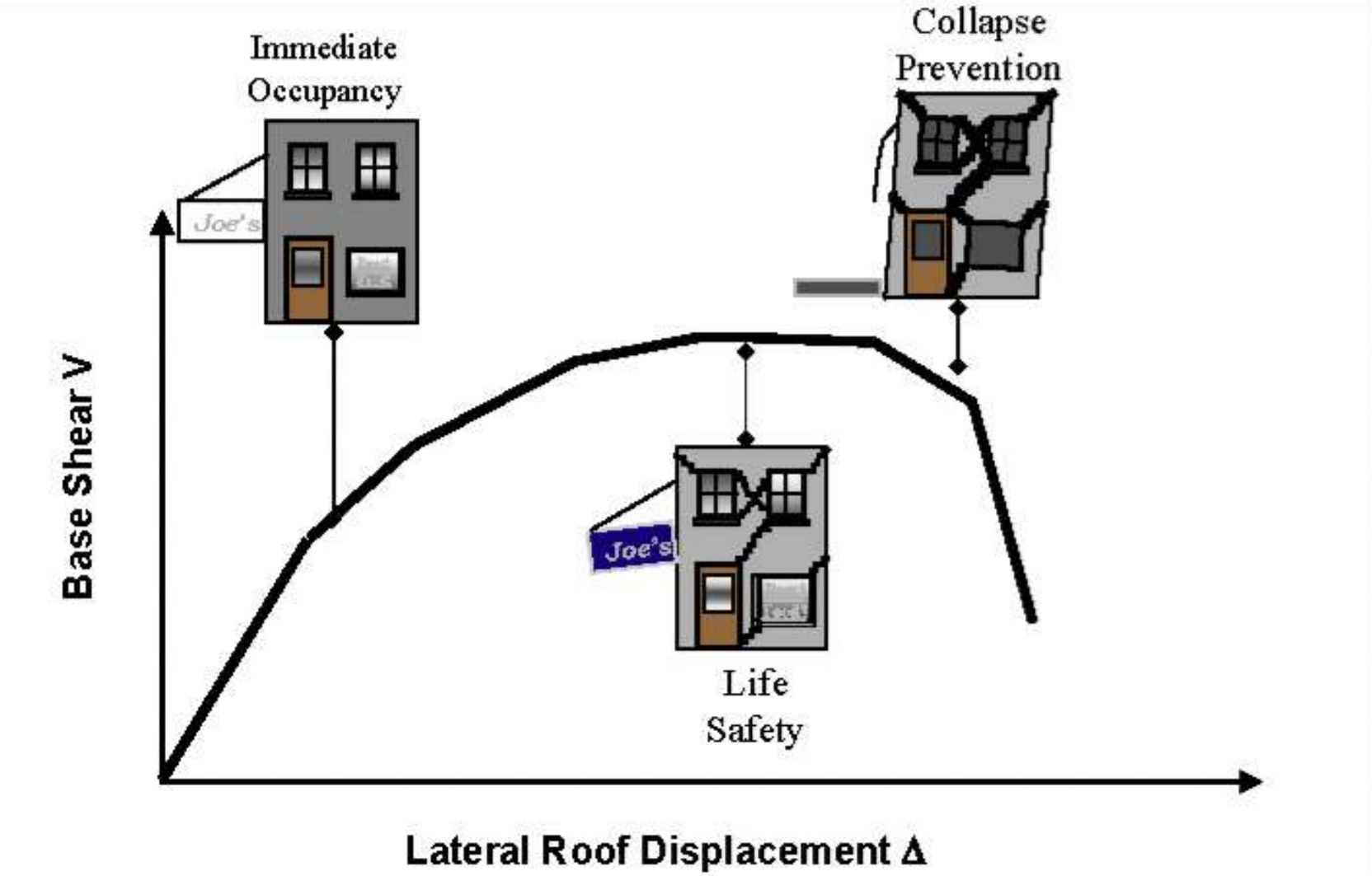


Tamponatura parziale

Vulnerabilità

Principi di Progettazione Antisismica

PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE



Tipici Stati Limite e Livelli Prestazionali Associati con Probabilità di Occorrenza (FEMA)

Stato Limite	Obiettivi		Criterio Prestazionale	Probabilità Evento Sismico
	Funzionale	Danneggiamento		
Servizio	Occupazione continua delle strutture senza significative interruzioni di servizio	Nessun danno significativo alle strutture, agli elementi non-strutturali, o al contenuto dell'edificio	Forze inferiori al valore di snervamento (comp.elastico). Spostamenti e sbandamento inferiori alla soglia di danno. Accelerazioni limitate per minimizzare il rischio di crolli.	x_1% in y_1 anni (50% in 30 anni) Frequente (43 anni)
Danno	Possibilità di continuare ad usufruire delle strutture, dopo qualche interruzione di servizio.	Danno limitato agli elementi non-strutturali ed al contenuto dell'edificio, ma nessun danno significativo alle strutture. Struttura riparabile.	Forze appena superiori al limite elastico. Spostamenti e sbandamenti leggermente superiori alla soglia di danno. Accelerazioni limitate per minimizzare il rischio di crolli.	x_2% in y_2 anni (50% in 50 anni) Raro (73 anni)
Ultimo	Occupanti non corrono rischi vitali. Mantenere la potenziale operatività degli utenti o del proprietario.	Sopravvivenza degli occupanti. Nessun collasso o significativi rischi di crolli. Limitare il danno strutturale alla soglia che ne consenta una riparazione economicamente conveniente.	Meccanismo di deformazione plastico, con rotazioni plastiche inferiori alla soglia di capacità ultima. Limitare sbandamento e spostamenti per evitare instabilità. Limitare le accelerazioni per evitare crolli o aggiungere elementi che consentano di prevenire il distacco e la caduta di parti. Limitare rotazioni e spostamenti a valori che consentano la riparazione. Localizzare il danno a zone facilmente riparabili.	x_3% in y_3 anni (10% in 50 anni) Raro (475 anni)
Pre Collasso	Occupanti non corrono rischi vitali, ma l'edificio difficilmente può essere riparato	Danno severo, ma collasso strutturale impedito. Elementi non strutturali possono collassare, Riparazione generalmente non possibile.	Meccanismo di deformazione plastico, con rotazioni plastiche appena inferiori alla soglia di capacità ultima. Limitare sbandamento e spostamenti per evitare instabilità. Ci possono essere crolli parziali.	x_4% in y_4 anni (10% in 100 anni) Molto Raro (970 anni)

PERFORMANCE BASED DESIGN – APPROCCIO INTERDISCIPLINARE

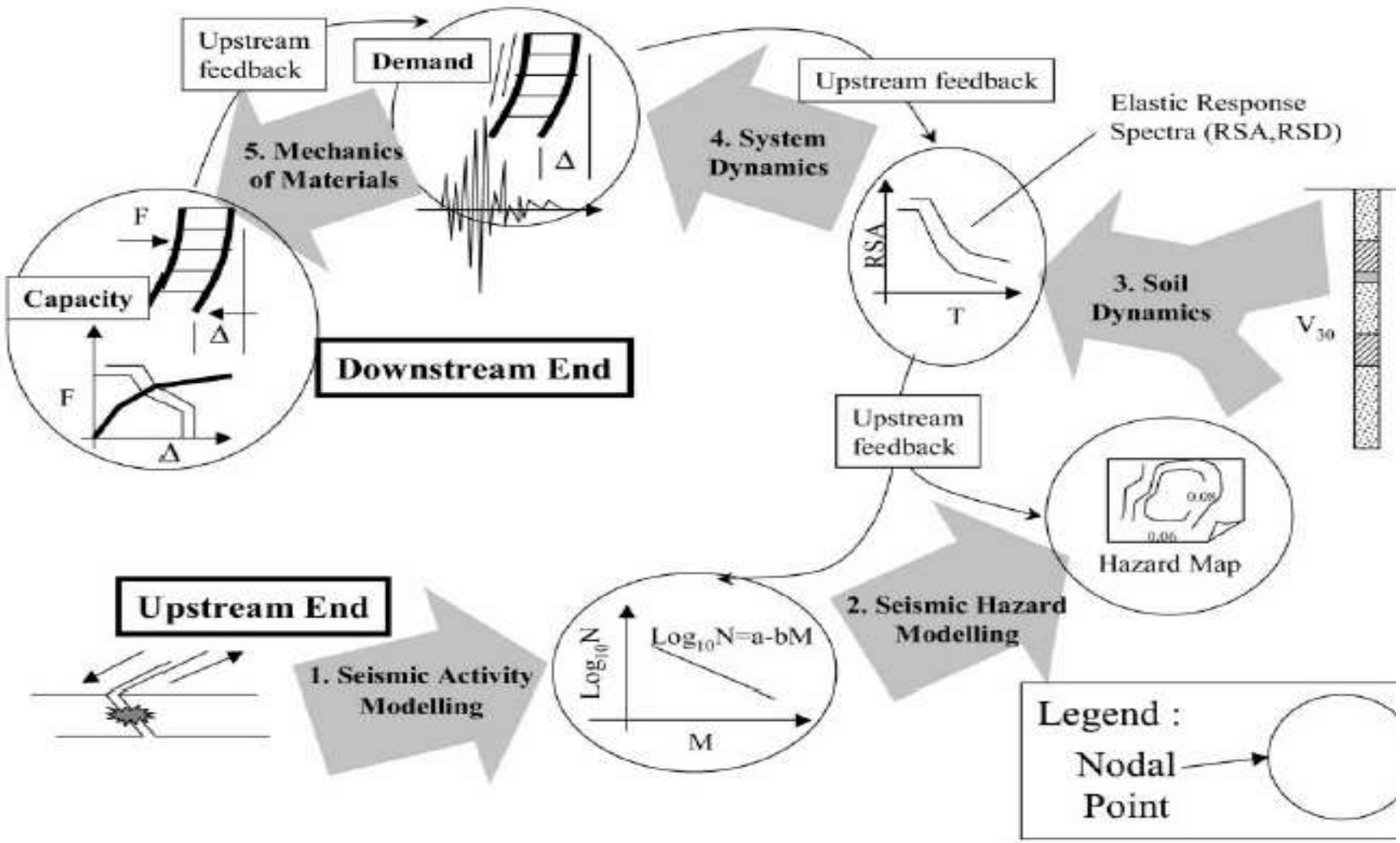


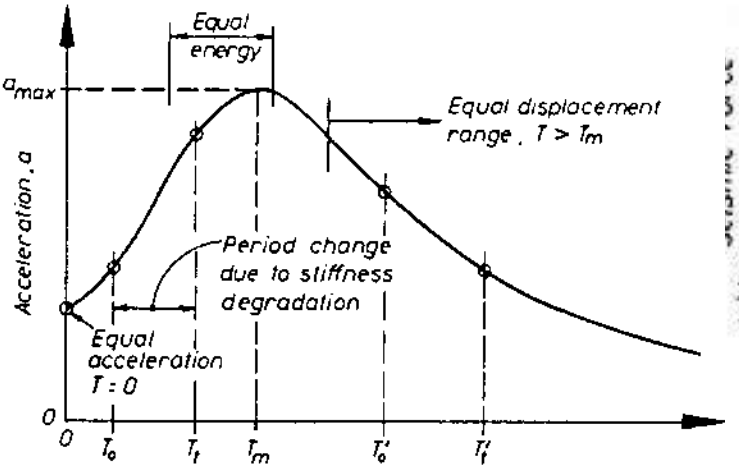
Diagramma di flusso che illustra le discipline che contribuiscono alla "Performance Based Seismic Engineering" e le connessioni che intercorrono tra esse (Chandler & Lam, 2001).

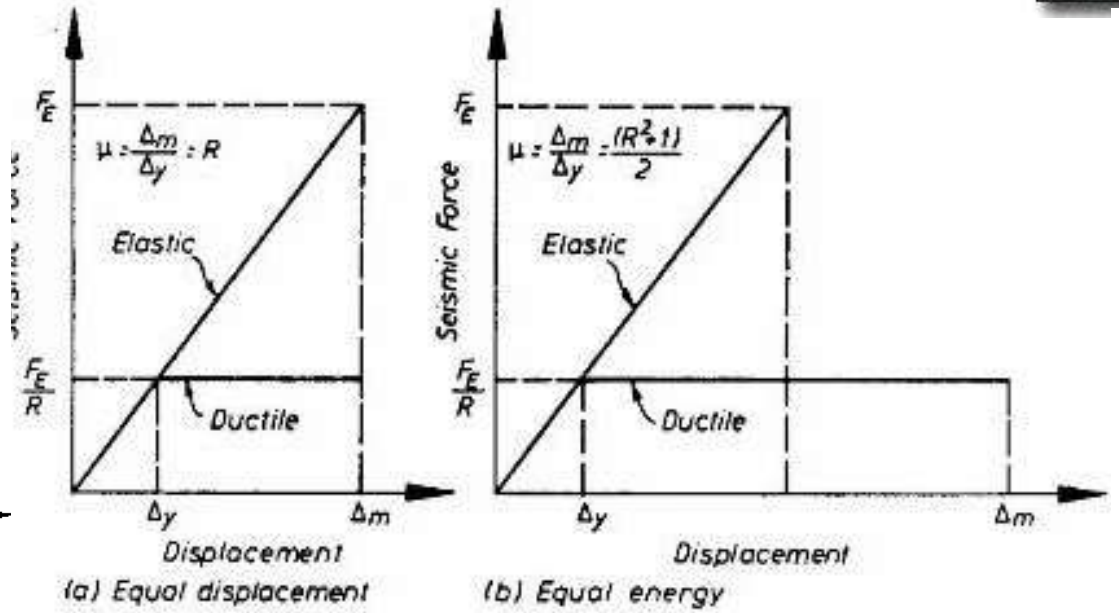
Approcci alla Progettazione Antisismica

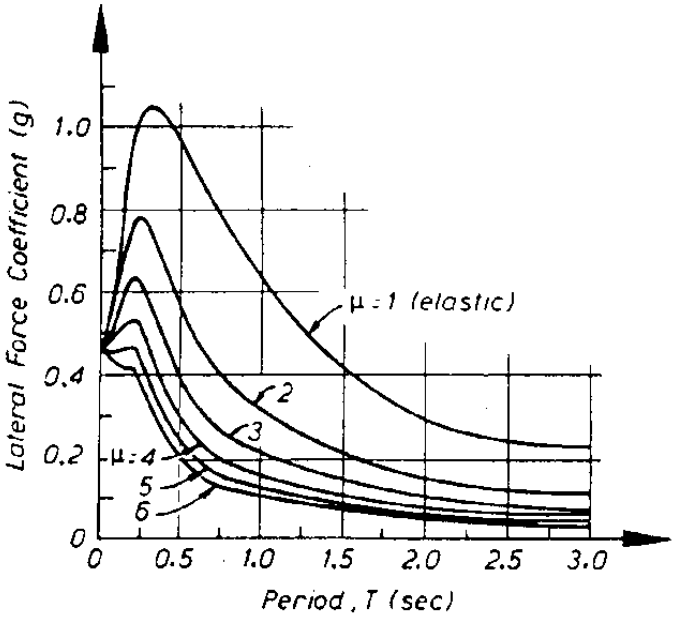
Progettazione convenzionale:

→ la stabilità è conseguita <u>aumentando la resistenza strutturale o aumentandone la duttilità</u>, inibendo i meccanismi di collasso fragili e favorendo la formazione di meccanismi plastici caratterizzati da comportamento duttile e stabile

→ Allo SLU il collasso è impedito, ma i danni strutturali sono ammessi







Confronto tra un progetto secondo RD1939 e DM2008

Nodo RD1939

Nodo DM2008

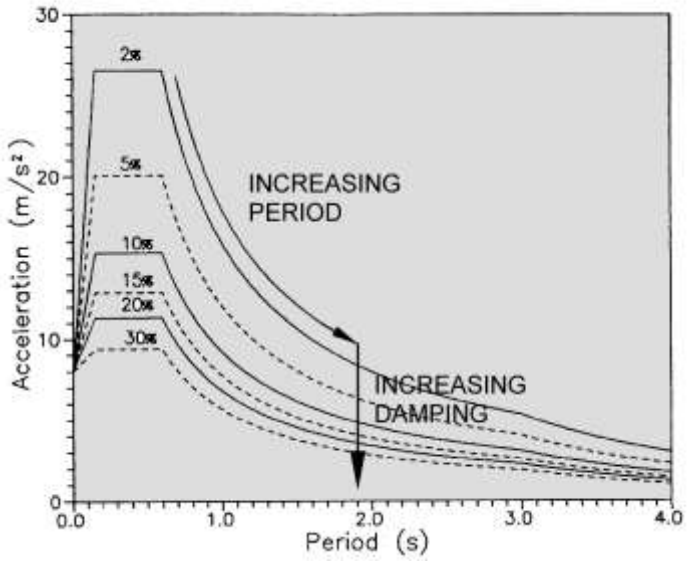
Approcci alla Progettazione Antisismica

Progettazione tecnologicamente avanzata:

→ la stabilità è conseguita <u>riducendo la risposta sismica</u>

→ Eventuali danni sono concentrati nei dispositivi

→ La struttura ed il suo contenuto sono protetti dal danneggiamento grazie a richieste di spostamento interpiano molto contenute

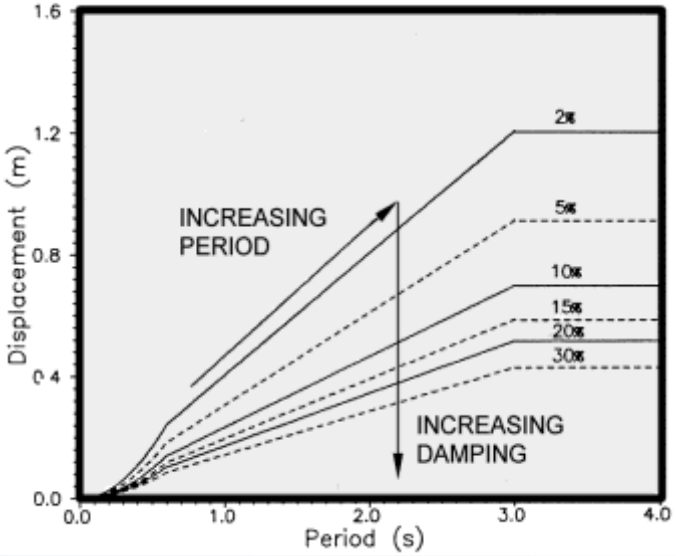


COME?

→ Aumentando il periodo proprio della struttura

→ Aumentando la capacità dissipativa

→ Combinazione di entrambe le strategie



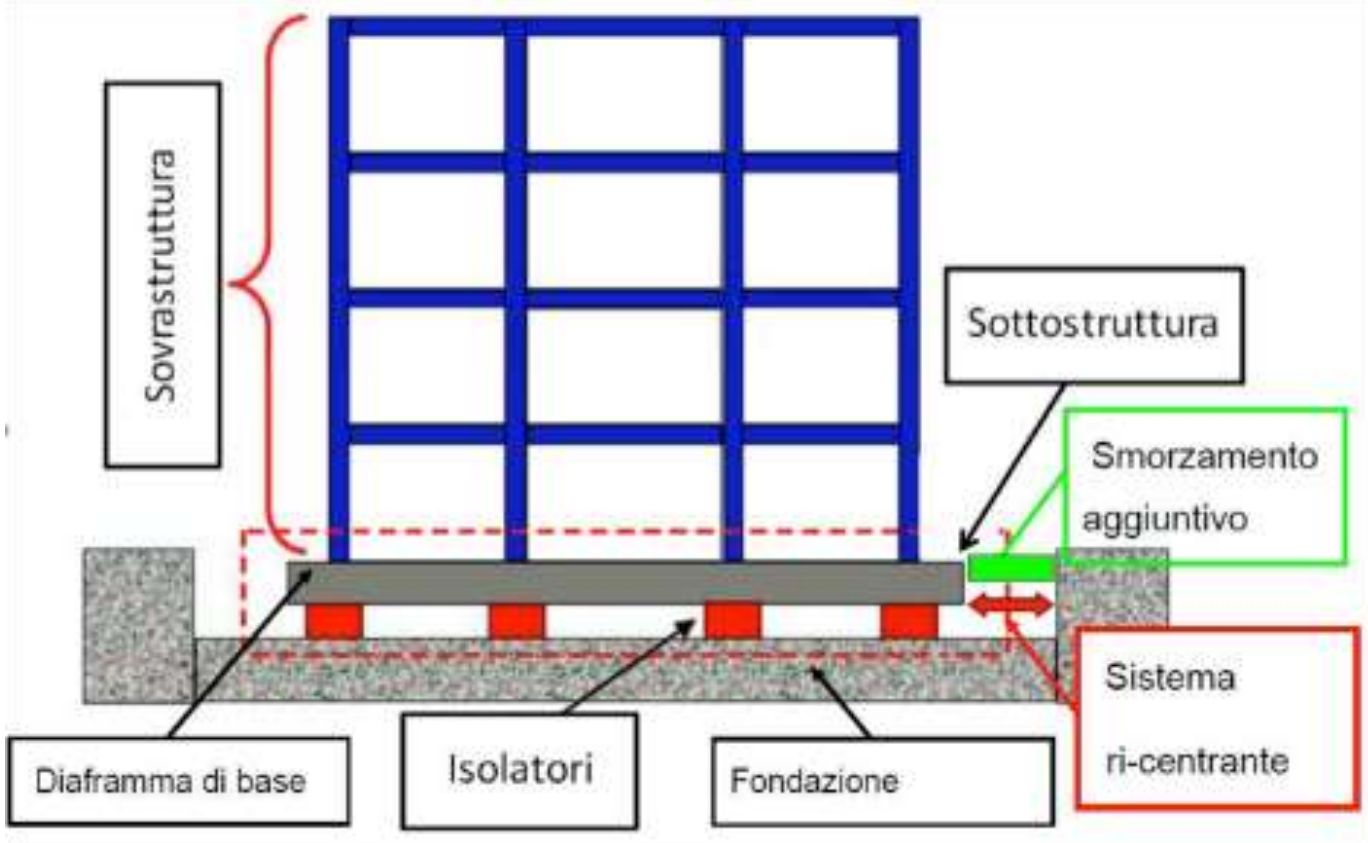
Progettazione Tecnologicamente Avanzata

ISOLAMENTO SISMICO

Riduce la deformazione dell'edificio concentrando la domanda di spostamento all'interno del sistema di isolamento interposto tra terreno e struttura.

OBIETTIVI:

- Disaccoppiare il moto della sovrastruttura e del terreno (riducendo l'energia in ingresso)
- Limitare i danni alla struttura
- Assenza di danneggiamento dei dispositivi di isolamento
- Possibilità di autoricentraggio della struttura
- Possibilità di dissipare l'energia tramite dissipatore aggiuntivo



Esempi di Applicazione

ISOLATORI A SCORRIMENTO

Il progetto C.A.S.E. a L'Aquila
(ALGA, Fip Industriale)

Esempi di Applicazione

ISOLATORI A SCORRIMENTO

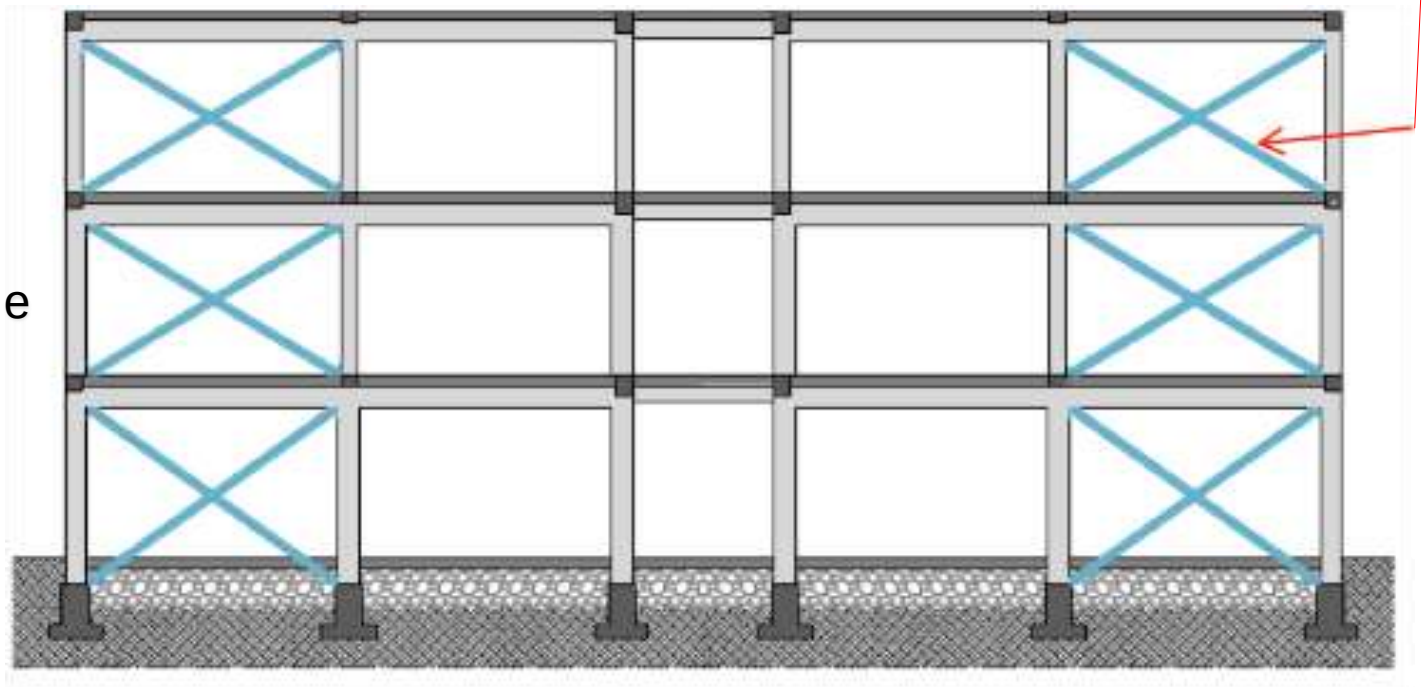
Il progetto C.A.S.E. a L'Aquila (ALGA, Fip Industriale)

Progettazione Tecnologicamente Avanzata

SISTEMA DISSIPATIVO

Fornisce alla struttura la capacità di dissipare una consistente parte dell'energia in entrata senza ricorrere al danneggiamento degli elementi strutturali portanti i carichi verticali.

controvento dissipativo



OBIETTIVI:

- Limitare le deformazioni negli elementi strutturali
- Migliorare lo smorzamento, la rigidezza e la resistenza della struttura
- Possibilità di localizzare il danno in dispositivi facilmente sostituibili

Esempi di Applicazione

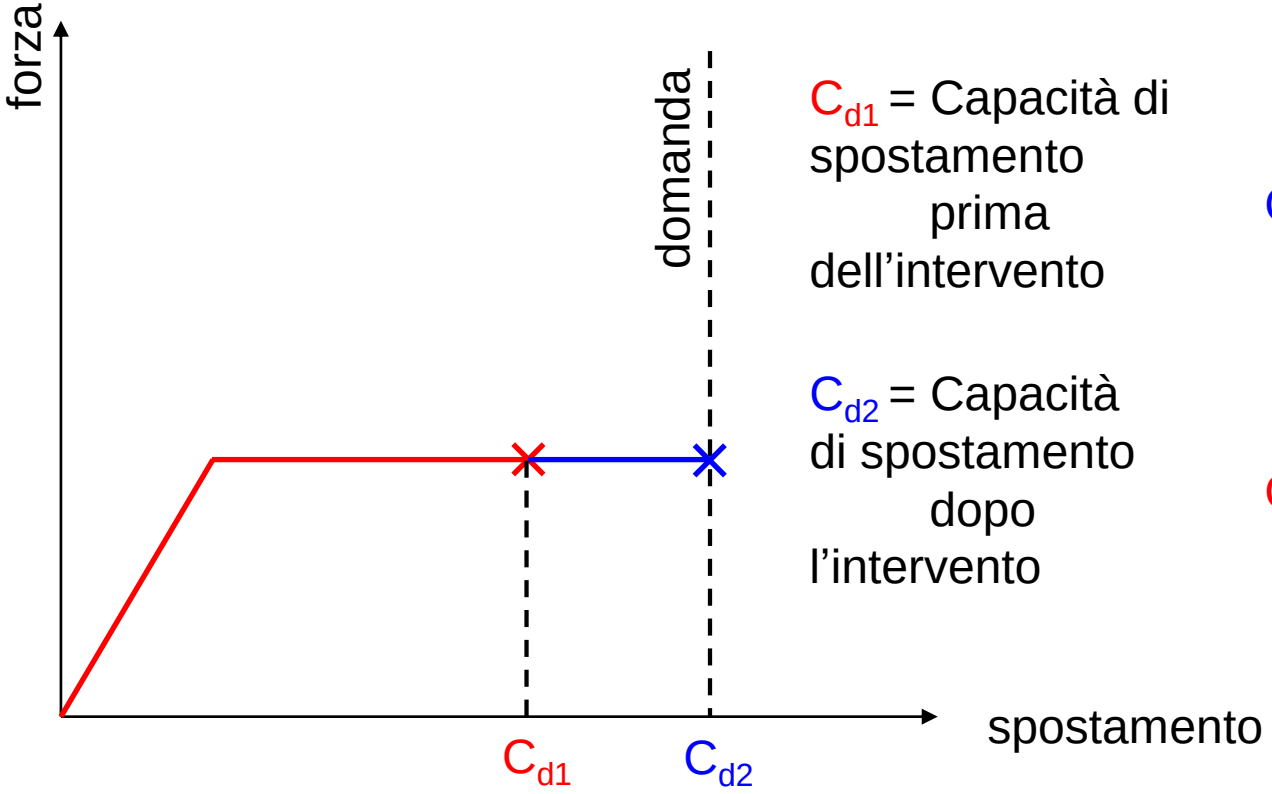
DISPOSITIVI DIPENDENTI DALLO SPOSTAMENTO

Scuola Elementare Domiziano Viola, Potenza (TIS, Ing. Braga, 2003)

Interventi su Edifici Esistenti

AUMENTO DELLA DUTTILITA'

resistenza invariata

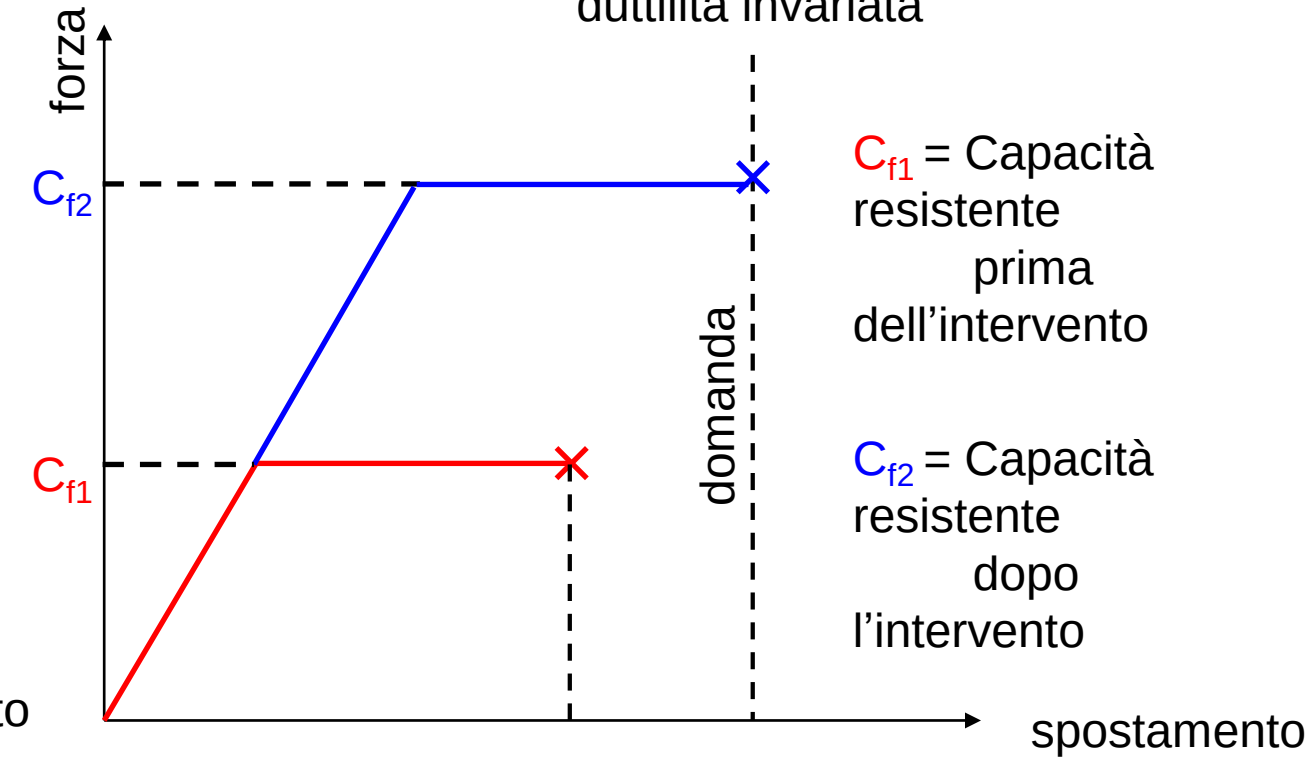


C_{d1} = Capacità di spostamento prima dell'intervento

C_{d2} = Capacità di spostamento dopo l'intervento

AUMENTO DELLA RESITENZA

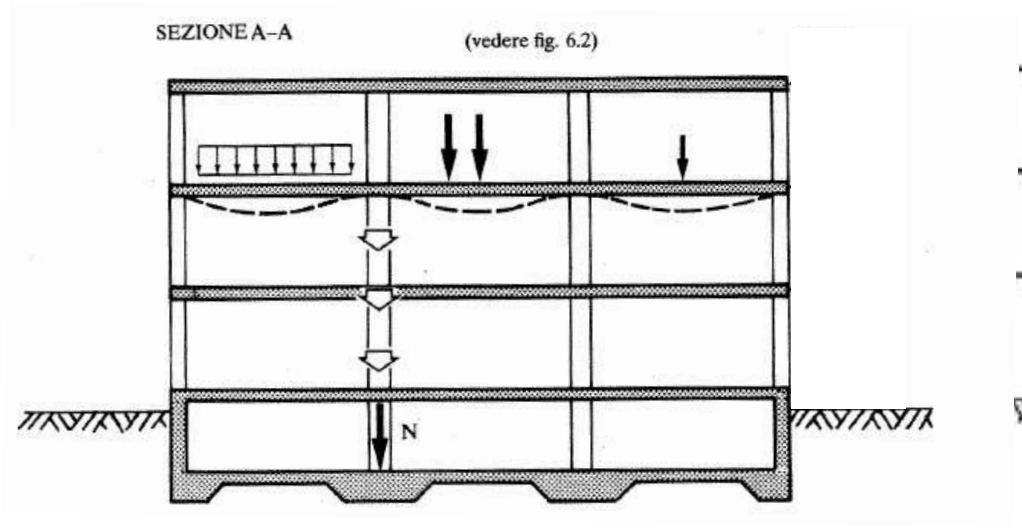
duttilità invariata

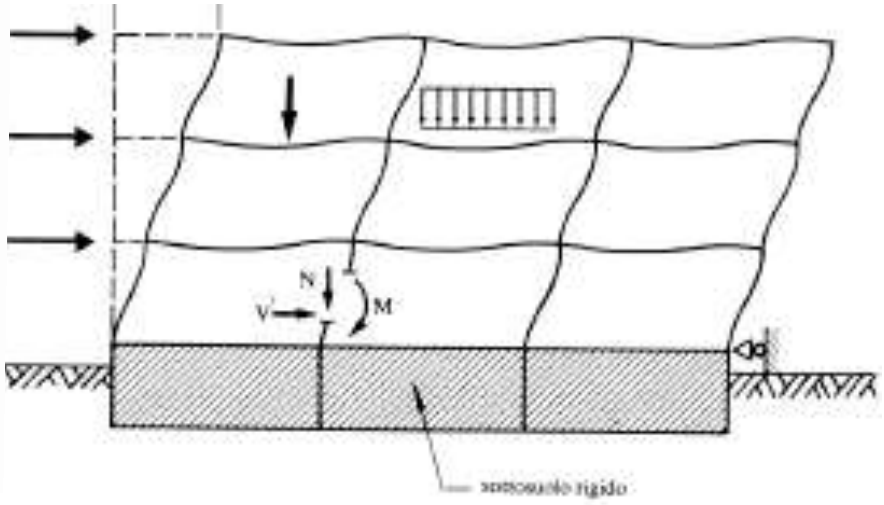


C_{f1} = Capacità resistente prima dell'intervento

C_{f2} = Capacità resistente dopo l'intervento

Interventi su Edifici Esistenti

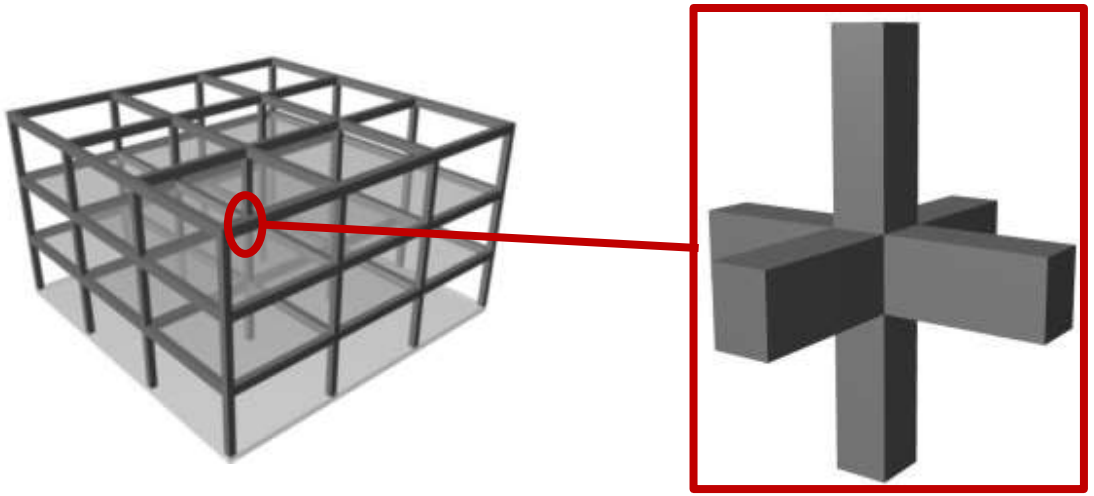




- L'edificio subisce notevoli deformazioni orizzontali
- Danneggiamenti localizzati ai nodi
- Possibile collasso dei pilastri (no capacity design)
- Il rinforzo degli elementi spesso non è sufficiente
- Spesso non è possibile organizzare telai tridimensionali

Interventi su Edifici Esistenti

- Intervento locale su componenti strutturali



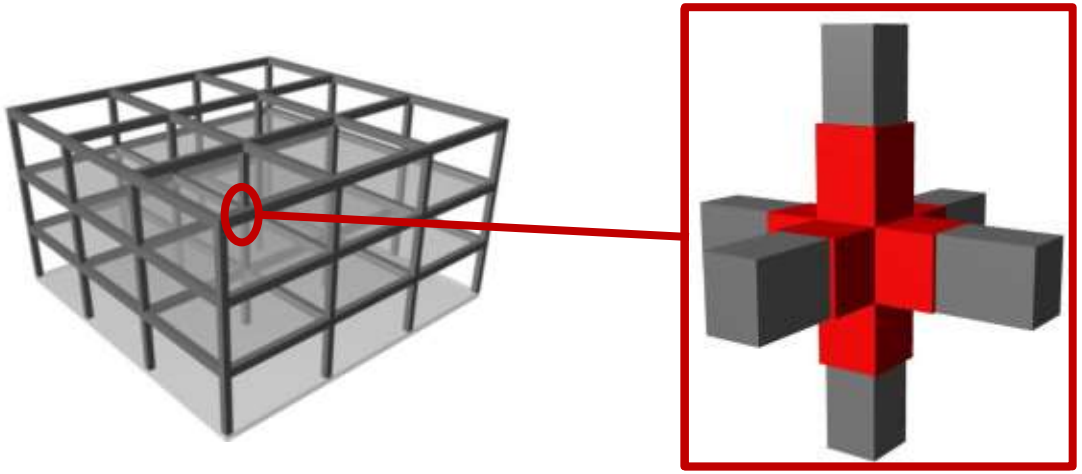
Obiettivo: aumentare la capacità di deformazione degli elem. strutturali per passare da modi di rottura fragili a duttili

- Intervento globale sul sistema strutturale

Obiettivo: limitare la domanda di def. nei componenti fragili aumentando la rigidezza laterale, riducendo la massa, introducendo isolatori o dissipatori

Interventi su Edifici Esistenti

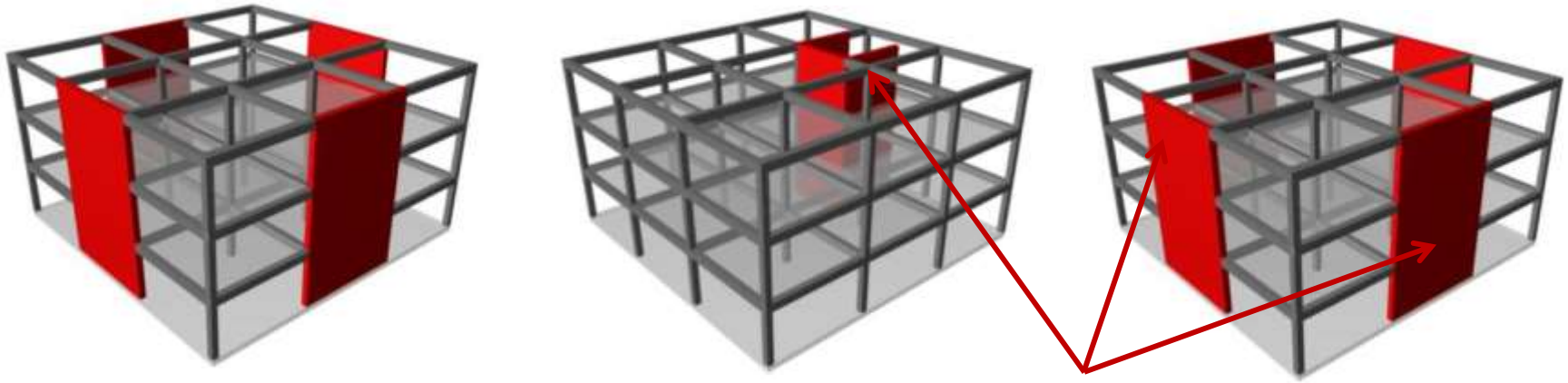
- Intervento locale su componenti strutturali



Obiettivo: aumentare la capacità di deformazione degli elem. strutturali per passare da modi di rottura fragili a duttili

Il rinforzo dei nodi è raramente percorribile

- Intervento globale sul sistema strutturale



Esempi di Applicazione

Master thesis by Sgotti and Foti, co-tutored by B. Angi and M. Montuori

Esempi di Applicazione

Tesi di laurea: M. Battisti, *Retrofitting adattivo e design di facciata per Social Housing. Il «Caso Tintoretto».* Relatore: M. Montuori - Correlatori: B. Angi, S. Verma

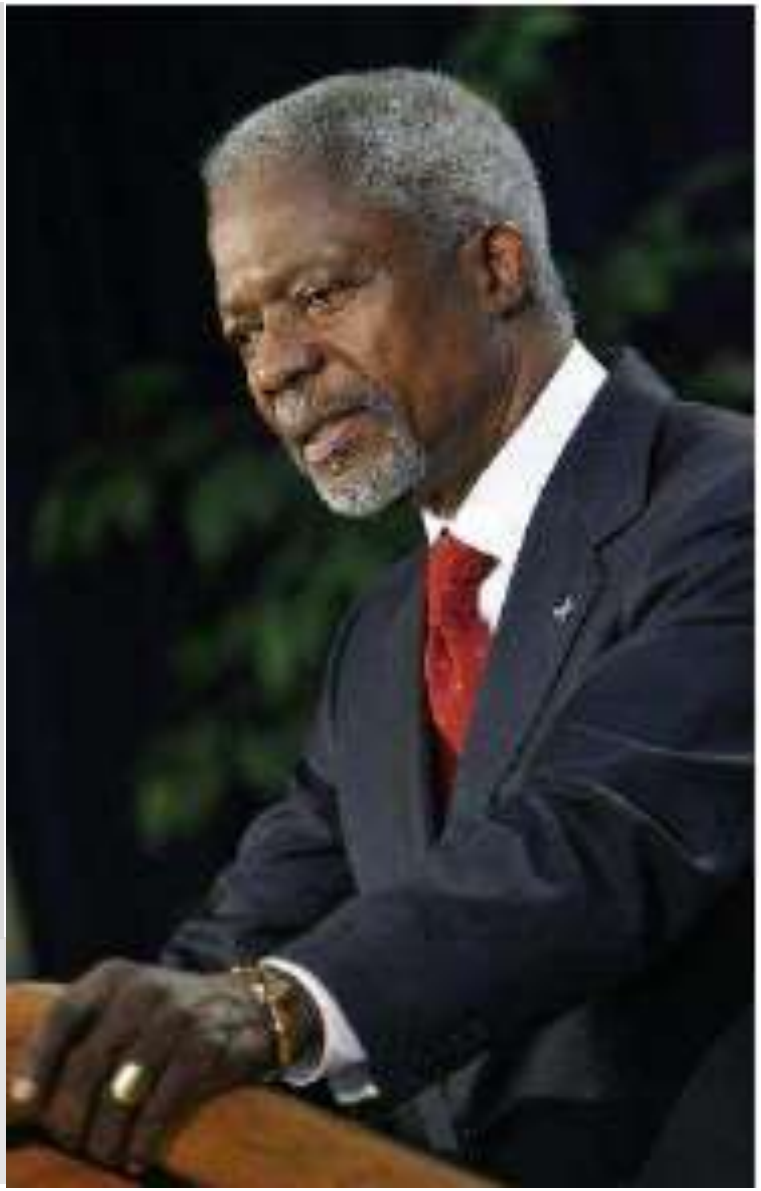
Esempi di Applicazione

Project thesis. Combined Bachelor and Master degree courses in Architectural Engineering
Graduates: Stefano Abbatinali, Gianpiero Piccirilli
Supervisor: Marina Montuori - Assistant Supervisor: Barbara Angi, Marco Preti, Paul Stouten
(Delft University of Tecnology)

“Strategie di prevenzione più efficaci farebbero non solo risparmiare decine di miliardi di dollari ma salverebbero decine di migliaia di vite.

Costruire una cultura di prevenzione non è facile.
Mentre i costi della prevenzione
debbono essere pagati nel presente,
i suoi benefici si avvertono in un futuro distante.
Per di più, i benefici non sono tangibili:
SONO I DISASTRI NON AVVENUTI”

Kofi Annan, WSSD 2002



…grazie per l’attenzione!