



**VALUTAZIONE INTEGRATA DI RISCHIO SISMICO DEGLI
ELEMENTI NON STRUTTURALI – Il nuovo approccio integrato**

Andrea Maffei, Paolo Lavagnilio - Milano, 29/09/2017

Agenda

Vulnerabilità
sismica degli
elementi non
strutturali

**Il nuovo
approccio
integrato**

Cenni generali sui fenomeni sismici di interesse

La scomposizione dei danni a seguito del sisma

Vulnerabilità sismica degli elementi non-strutturali

Analisi sismica di elementi non strutturali

Metodologia «performance based»

Procedura di Assessment e Analisi per
l'Adeguamento

Tecniche di Retrofit e Acceptance Criteria (esempi)

Cenni generali sui fenomeni sismici di interesse

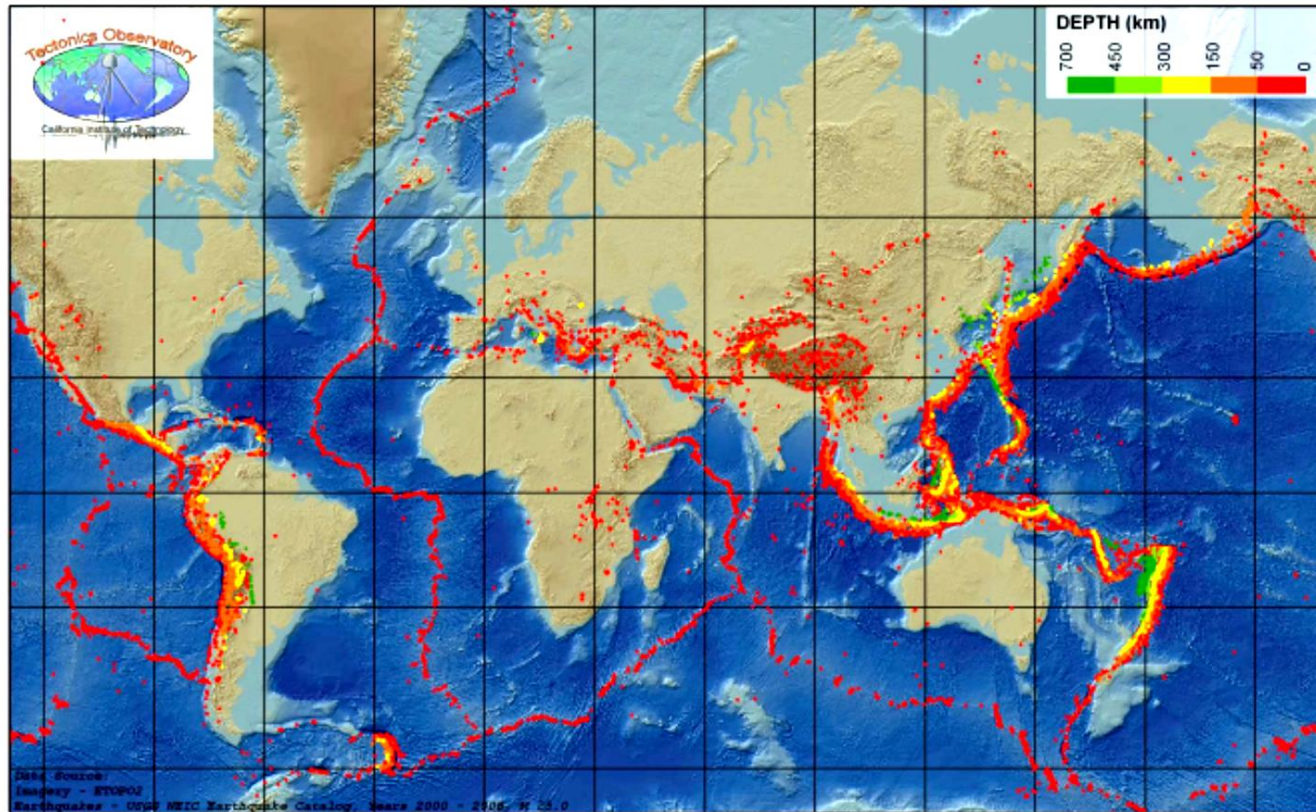
La sismicità nel mondo

La misura della sismicità

La sismicità in Italia

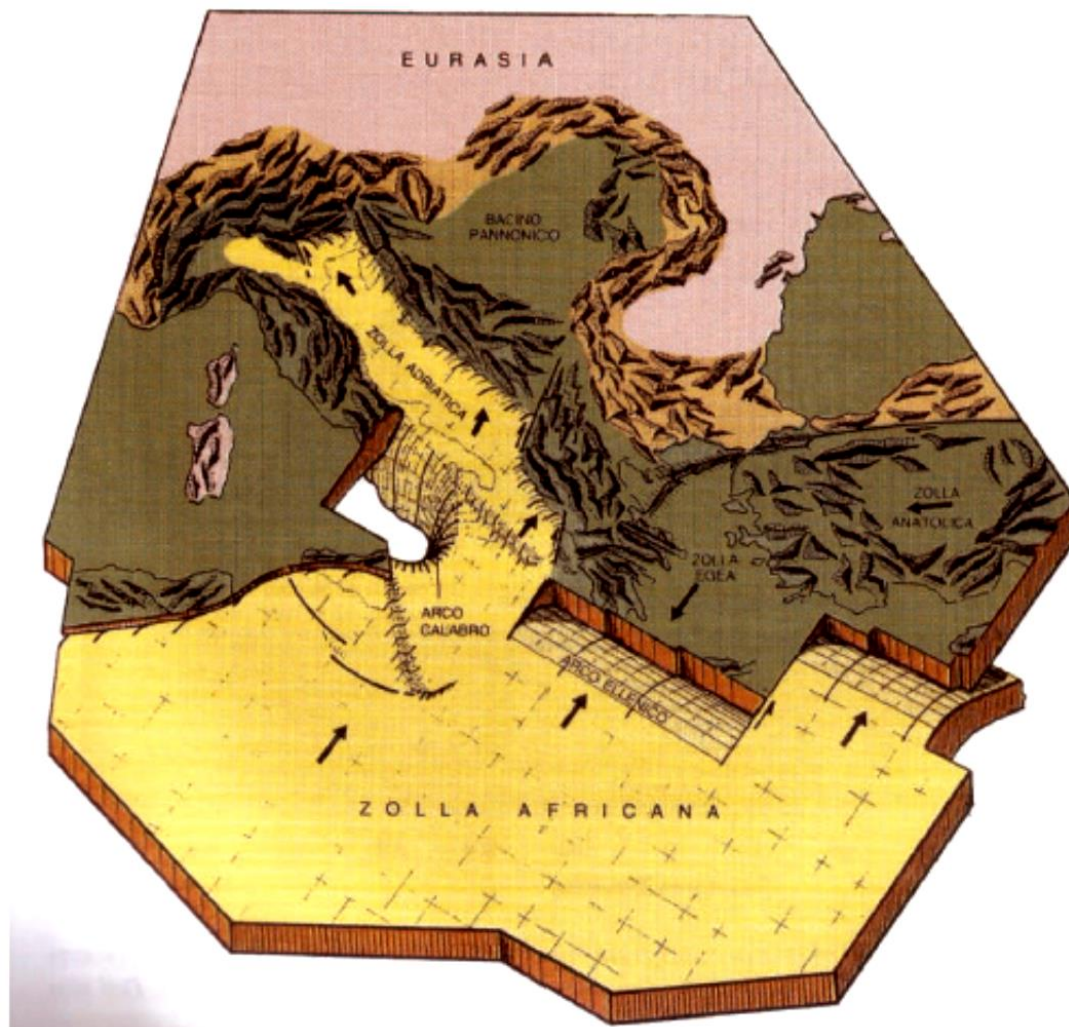
La macrozonazione in Italia

Seismicity of the Earth 2000-2008



Tettonica Italia

(Mantovani, 1985)



Scala Mercalli modificata



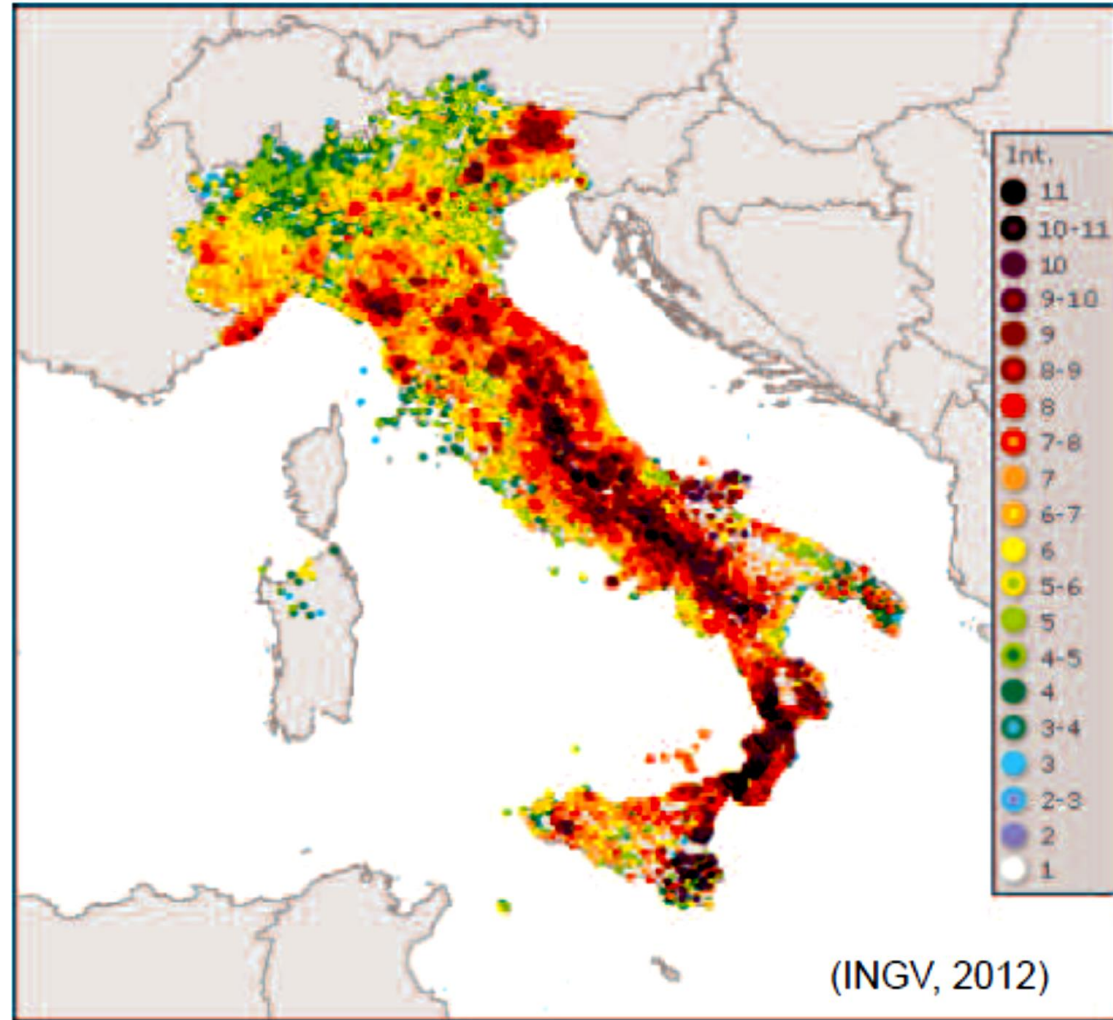
GRADO	SCOSSA	DESCRIZIONE
I	Impercettibile	Avvertita solo dagli strumenti sismici.
II	Molto leggera	Avvertita solo da qualche persona in opportune condizioni.
III	Leggera	Avvertita da poche persone.
IV	Moderata	Avvertita da molte persone; tremito di infissi e cristalli, e leggere oscillazioni di oggetti 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 fumaioni, lesioni negli edifici.
VIII	Rovinoso	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	Molto 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; fuoriuscita di lava dal terreno.

La scala «Mercalli modificata» è una scala non assoluta in cui le descrizioni dei gradi sono di tipo qualitativo, spesso riferite agli effetti del sisma sugli elementi non strutturali.

Mappa intensità macrosismica

Terremoti di grado IX
(epoca pre-strumentale)

- Val di Noto
(1693)
- Calabria (1700)
- Messina (1908)



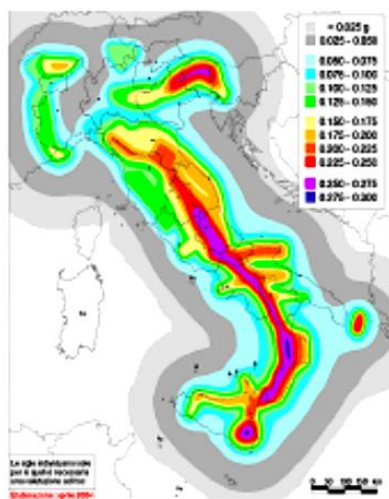
Pericolosità

Vulnerabilità

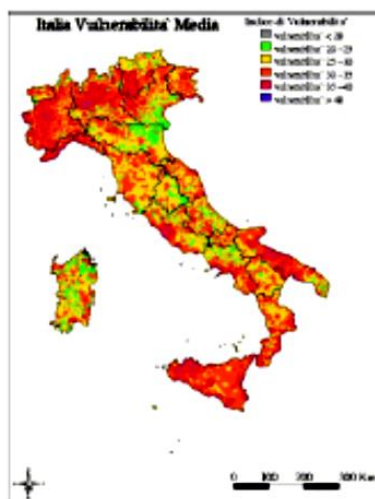
Esposizione

RISCHIO SISMICO

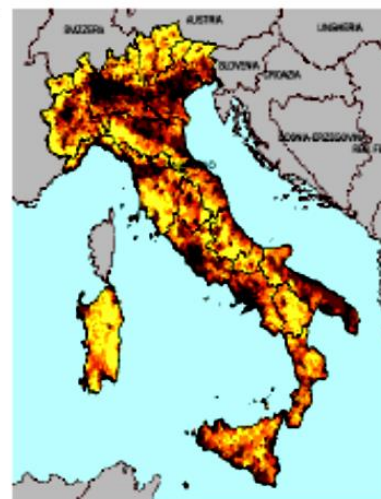
Studi di macrozonazione



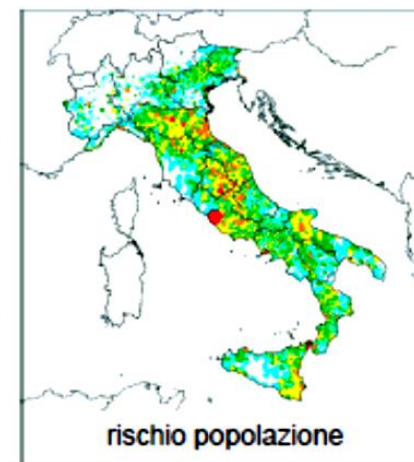
Accelerazione
attesa al suolo



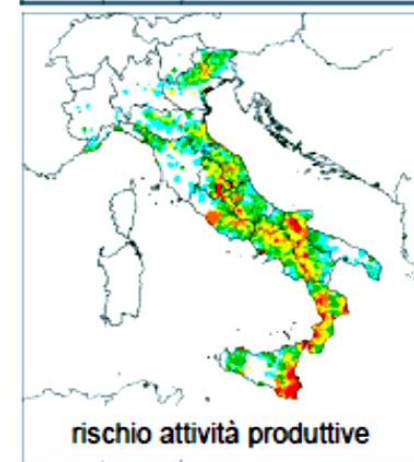
Valutazione
prestazioni del
costruito



Densità di
popolazione o
attività produttive



rischio popolazione



rischio attività produttive

RISCHIO SISMICO

La scomposizione
dei danni
occorrenti

A)

DANNI SUL TESSUTO EDILIZIO
/ STRUTTURALE

B)

DANNI SUGLI ELEMENTI **NON**
STRUTTURALI

C)

DANNI SUGLI ELEMENTI
CONTENUTI NELL'EDIFICIO

SCOMPOSIZIONE ECONOMICA DEL DANNO

Uffici → 82 %

Hotel → 87 %

Ospedali → 92 %

Quota parte non legata ai
danni alle strutture

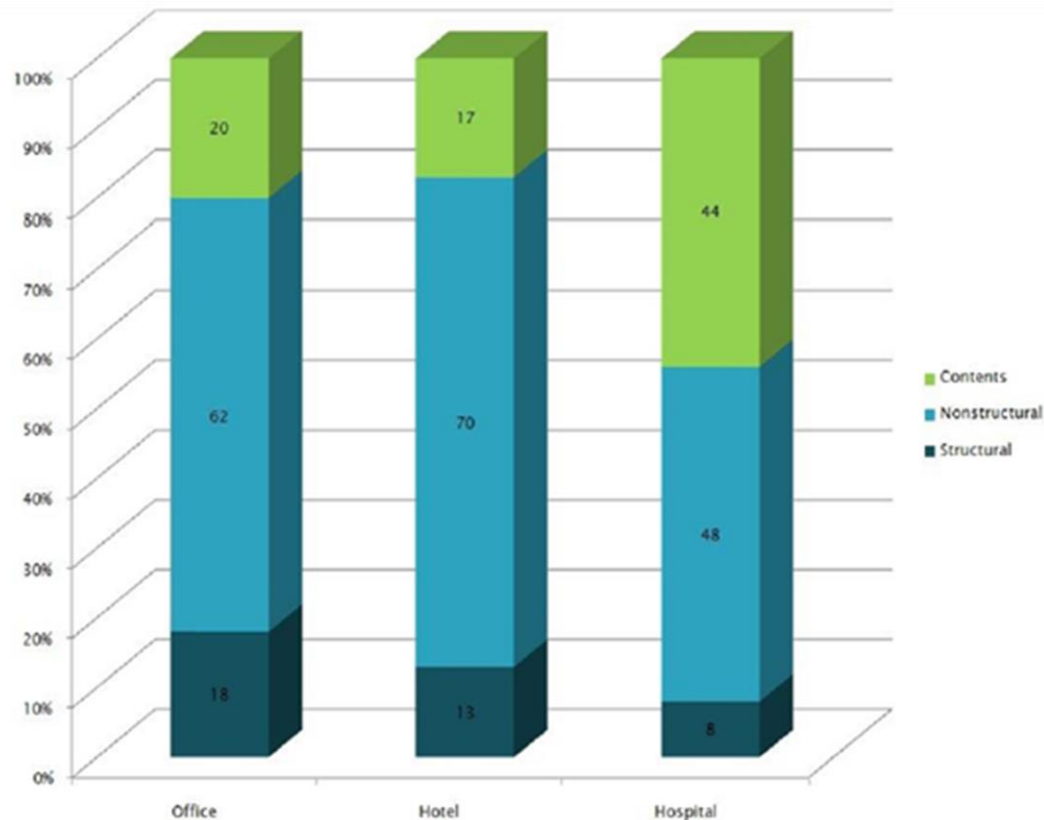
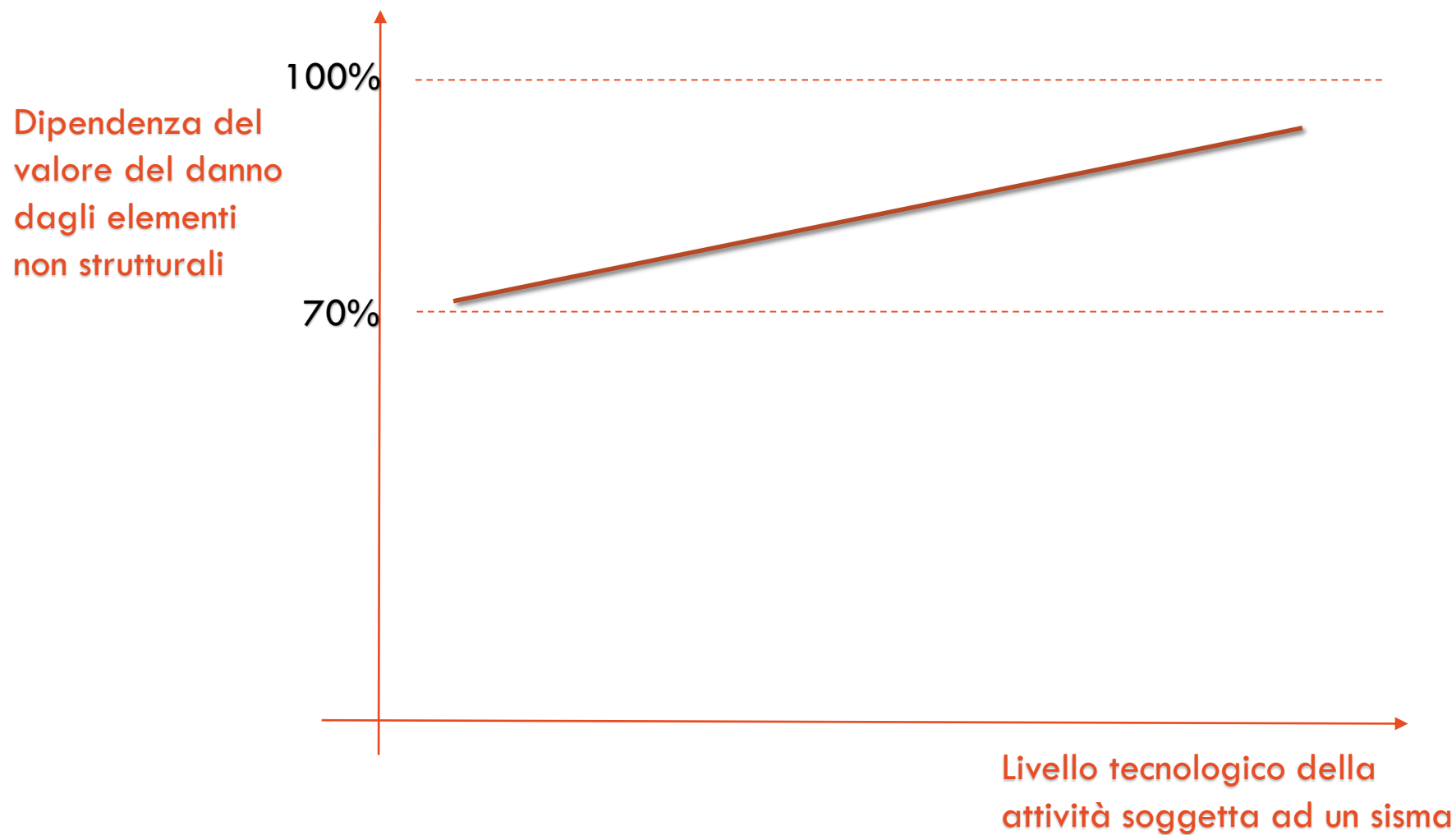


*Figura 1: Onere di investimento tipico per edifici del terziario
[Fema E-74]*

FOCUS SUGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI



Valutazione del rischio sismico

Definizione del problema

La Valutazione del rischio sismico è quindi una matrice multidimensionale che deve considerare:



Vulnerabilità sismica degli elementi non-strutturali

Definizione del problema

VULNERABILITA' SISMICA

Propensione di un bene a danneggiarsi sotto l'azione di un sisma di data intensità

A)

Cosa si intende per
ELEMENTI NON STRUTTURALI

B)

PERDITE VITE UMANE (SOCIALI)

C)

PERDITE ECONOMICHE

D)

TIPOLOGIE DI DANNO

ELEMENTI NON STRUTTURALI

Elementi architettonici

- tamponature interne ed esterne,
- controsoffitti,
- vetrine,
- pareti in vetro,
- finestre, infissi, vetri,
- rivestimenti,
- impiallaccature,
- camini,
- recinzioni,
- ornamenti architettonici,
- pareti in cartongesso,
- porte tagliafuoco,
- coperture ,
- paramenti,
- cordoli,
- gronde,
- ringhiere,
- parapetti;

Impianti meccanici, elettrici, tubature

- pompe,
- sistemi antincendio,
- refrigeratori, ventilatori, UTA, condotte per l'aria fancoils,
- centri controllo motori, cabine elettriche, quadri elettrici, trasformatori,
- linee di servizio, sistemi di distribuzione,
- antenne, parabole,
- sistemi di messa a terra e protezione da scariche atmosferiche,
- impianti di adduzione dell'acqua e del gas,
- sistemi di scarico,
- serbatoi e tramogge,
- impianti ascensori, montacarichi e per trasporto orizzontale in genere;

Contenuti, arredi, attrezzature

- arredi,
- scaffalature,
- macchine per la produzione,
- macchine medicali,
- librerie,
- merci,
- armadi per server,
- computer,
- elettrodomestici,
- tavoli e sedie,
- televisori e monitor,
- cucine,
- impianti per officine,
- materiali pericolosi stoccati,
- artefatti da museo e da collezione.



PERDITE SOCIALI

Pericolose cadute di oggetti

Ostruzione delle vie di fuga

Effetti indiretti pericolosi

TIPOLOGIE DI DANNO

Life Safety (LS)

- Evitare che le persone possono essere severamente ferite o uccise dalla caduta di elementi, oppure dal blocco delle uscite, o ancora dal mancato funzionamento degli impianti antincendio nell'estinguere un incendio sviluppatosi a seguito del sisma e così via.

Position Retention e Property Loss (PL)

- Salvaguardare le proprietà ed i beni, nonché gli impianti di un edificio, i quali possono rappresentare oltre l'80% del valore dello stesso, quindi risulta fondamentale porsi la domanda "se, e quanto è estesa la perdita potenziale, conseguente al sisma". Se si pensa agli speciali macchinari ospedalieri, ad esempio, ci si rende conto di quanto può essere elevata la perdita in termini economici per la sostituzione e/o per il ripristino.

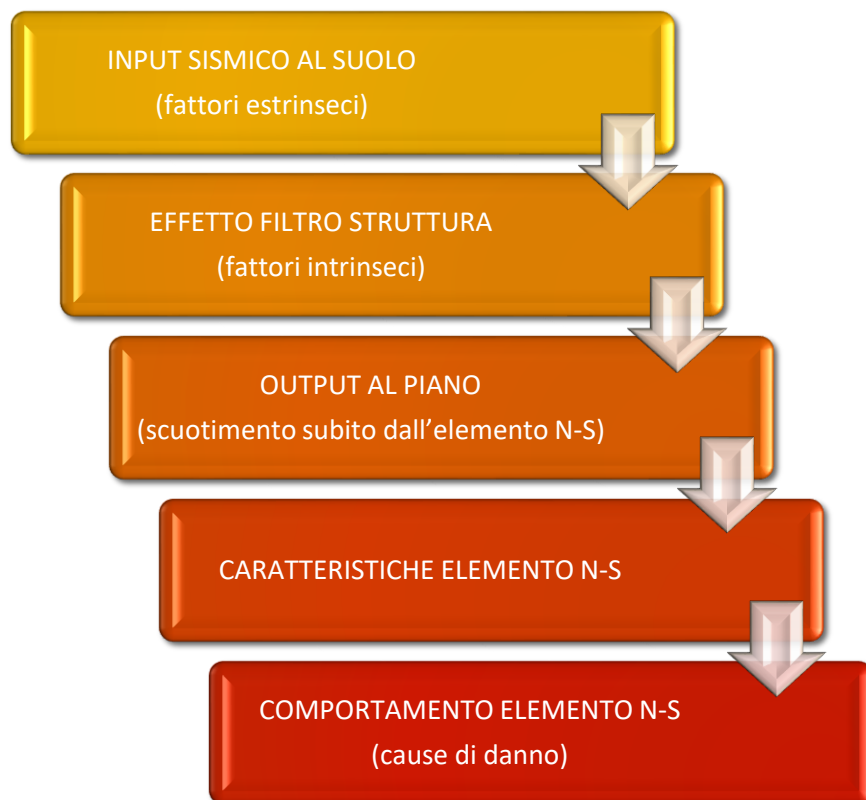
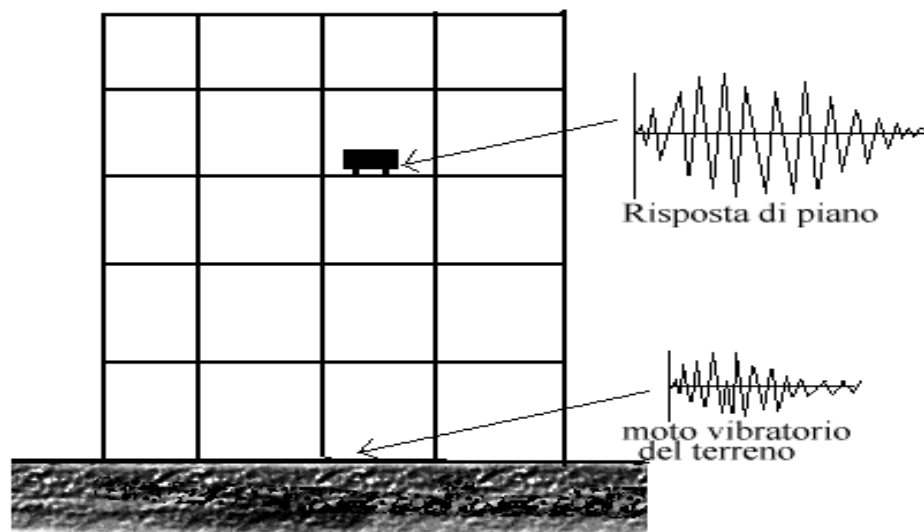
Ops Continuity Functiona Loss (FL)

- Garantire l'operatività subito dopo il sisma, in quanto il tempo di recupero dell'agibilità e della funzionalità rappresenta il fattore di rischio maggiore. Basti pensare che il mancato funzionamento di un impianto elettrico che serve un locale server può causare delle perdite economiche incommensurabili ogni ora (*in Emilia a seguito del terremoto, 1/3 delle perdite economiche è stato causato dal fermo produzione*)

Tipologie di danno tratte da FEMA E-74

Analisi sismica di elementi non strutturali

Definizione delle dinamiche di danneggiamento



Analisi sismica di elementi non strutturali

Fattori intrinseci



Fattori estrinseci

PGA

- accelerazione di picco al suolo

PGV

- velocità di picco al suolo

PGD

- spostamento di picco al suolo

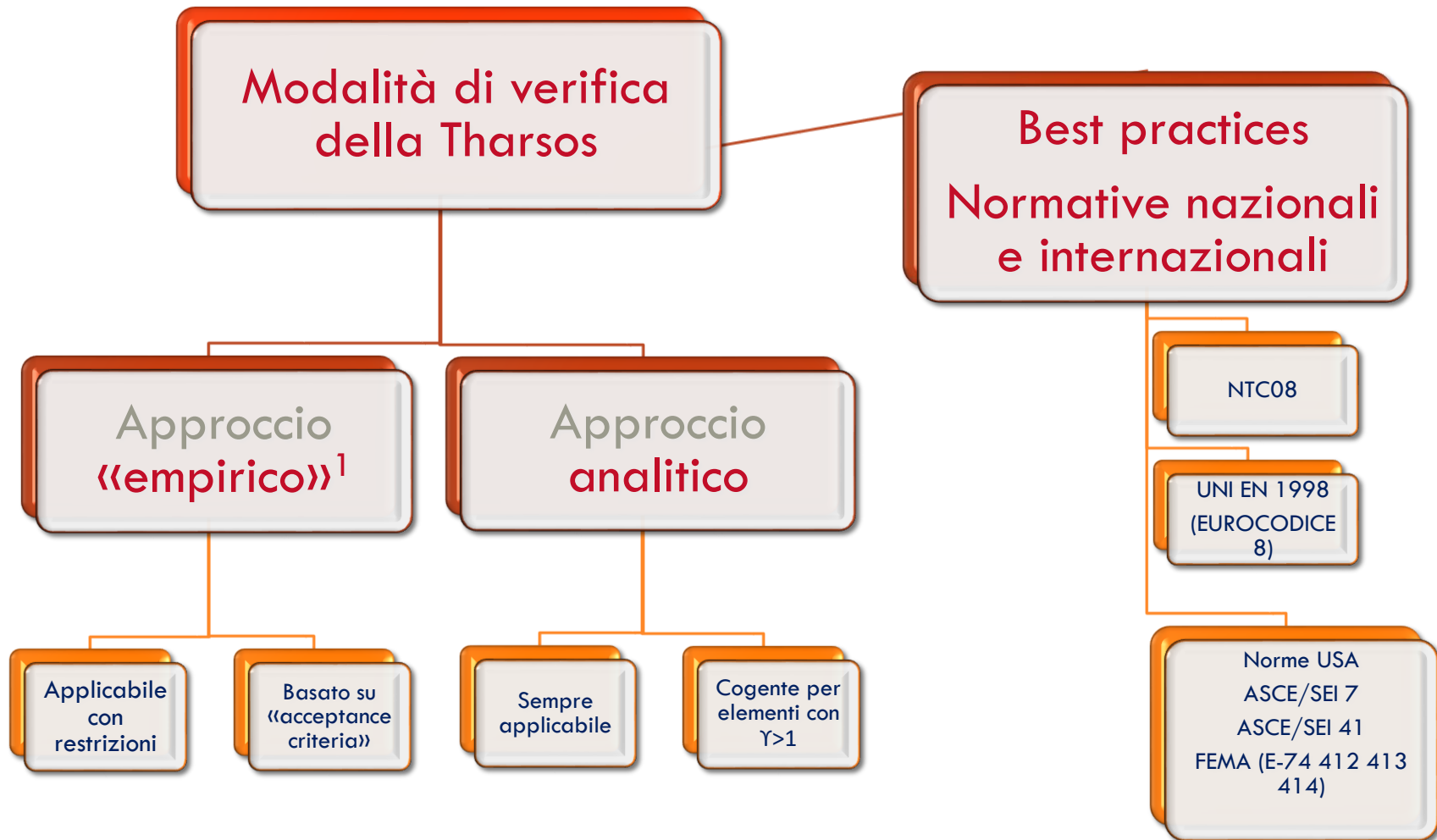
M DS

- magnitudo e durata significativa

Categoria di suolo e condizioni di sito

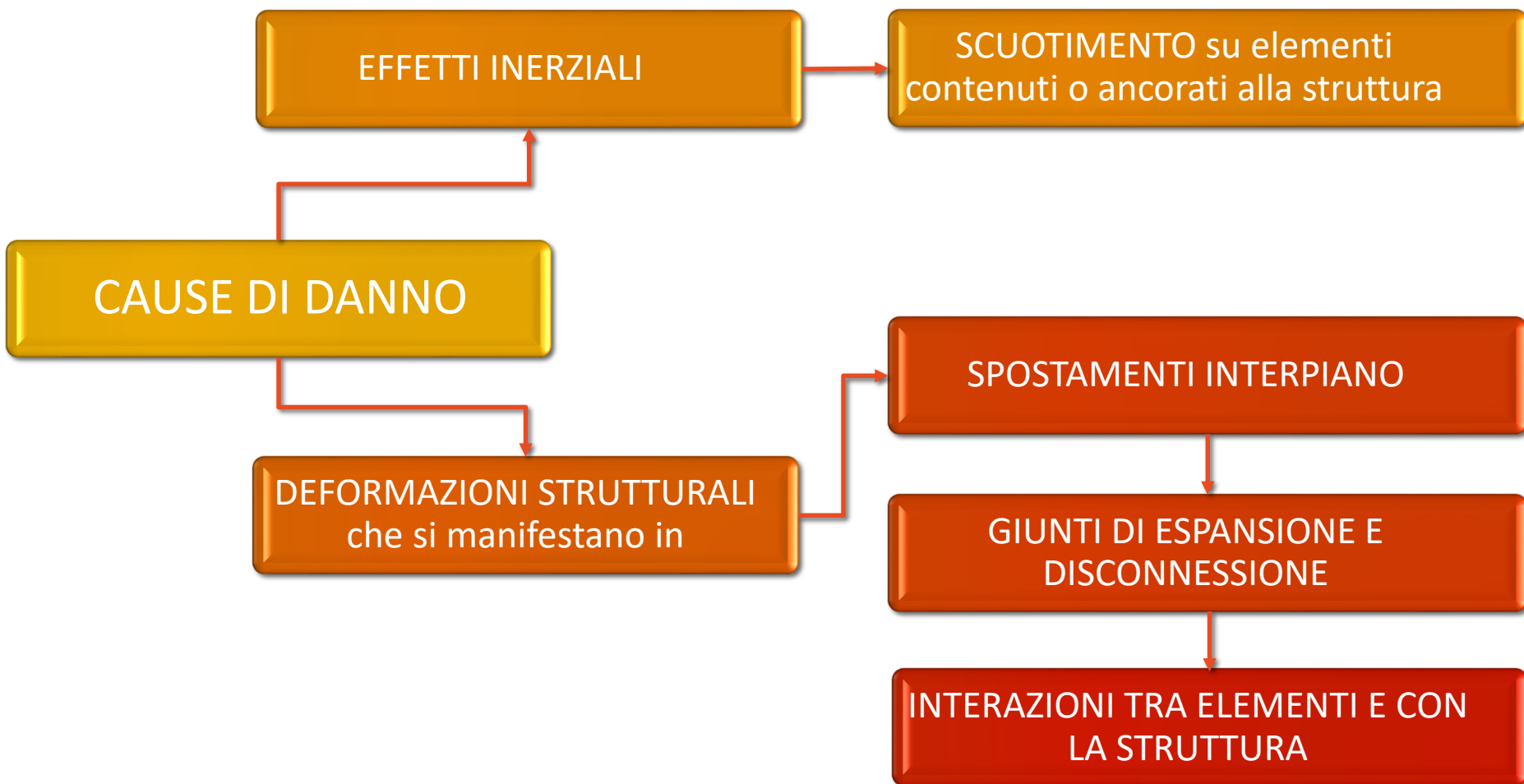
- condizioni stratigrafiche e topografiche

Analisi sismica di elementi non strutturali



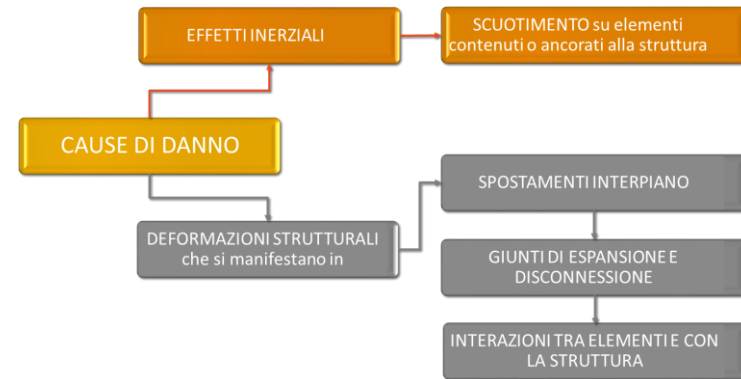
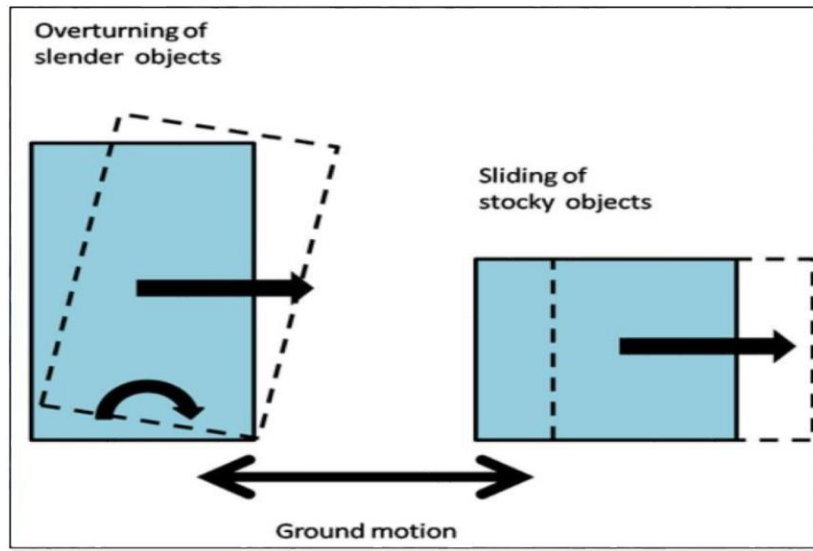
1) Basato su valori codificati e comprovati, accettati nelle principali best practices internazionali

Analisi sismica di elementi non strutturali



Analisi sismica di elementi non strutturali

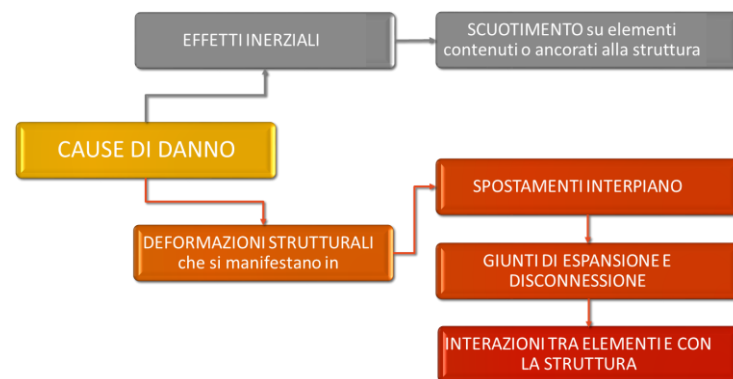
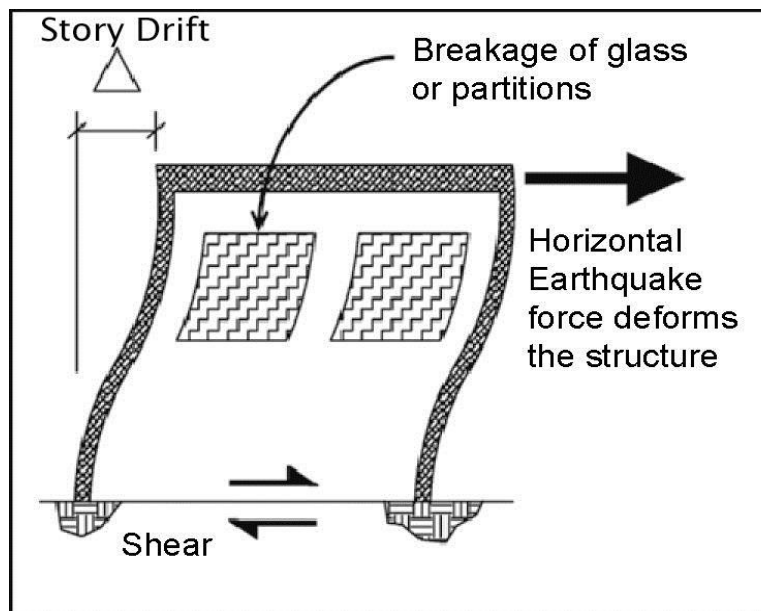
EFFETTI INERZIALI e SCUOTIMENTO



- Per gli elementi non strutturali sensibili ad inerzia e scuotimento, sia la normativa italiana che quella internazionale prevede la verifica a ribaltamento e scorrimento, considerando una **FORZA ORIZZONTALE pseudostatica F_a** , applicata nel baricentro dell'elemento
- La normativa americana ASCE, prevede anche l'applicazione di un **sistema di forze** risultante dalla combinazione lineare di una **$F_a + F_v$** (VERTICALE)

Analisi sismica di elementi non strutturali

DEFORMAZIONI STRUTTURALI



- Per gli elementi non strutturali sensibili alle deformazioni strutturali (in tutte e tre le tipologie di manifestazione elencate), sia la normativa italiana che quella internazionale prevede la limitazione del danneggiamento dell'elemento, verificando che gli spostamenti interpiano possano essere assorbiti dall'elemento stesso.

Analisi sismica di elementi non strutturali

DEFORMAZIONI STRUTTURALI

THARSOS

DA «DRIFT RATIO» (prescrittivo)

A «SPOSTAMENTO RICHIESTO» (performante)

- I limiti di spostamento interpiano (drift) non sempre risultano conformi ai valori di norma

dato che...

quindi...

- Il valore medio di spostamento da norma si applica ad un gran numero di condizioni ed elementi esistenti

- Per alti livelli di performance richiesti bisogna adeguare gli elementi **in funzione degli spostamenti calcolati**
- I valori prescrittivi devono fornire un ordine di grandezza

Esempi: criticità elementi architettonici



Controsoffitti

Superfici vetrate

[Fema E-74]



Esempi: criticità elementi architettonici



Danneggiamento
rivestimento a soffitto

Caduta
paramento

[Fema E-74]



Esempi: criticità elementi architettonici



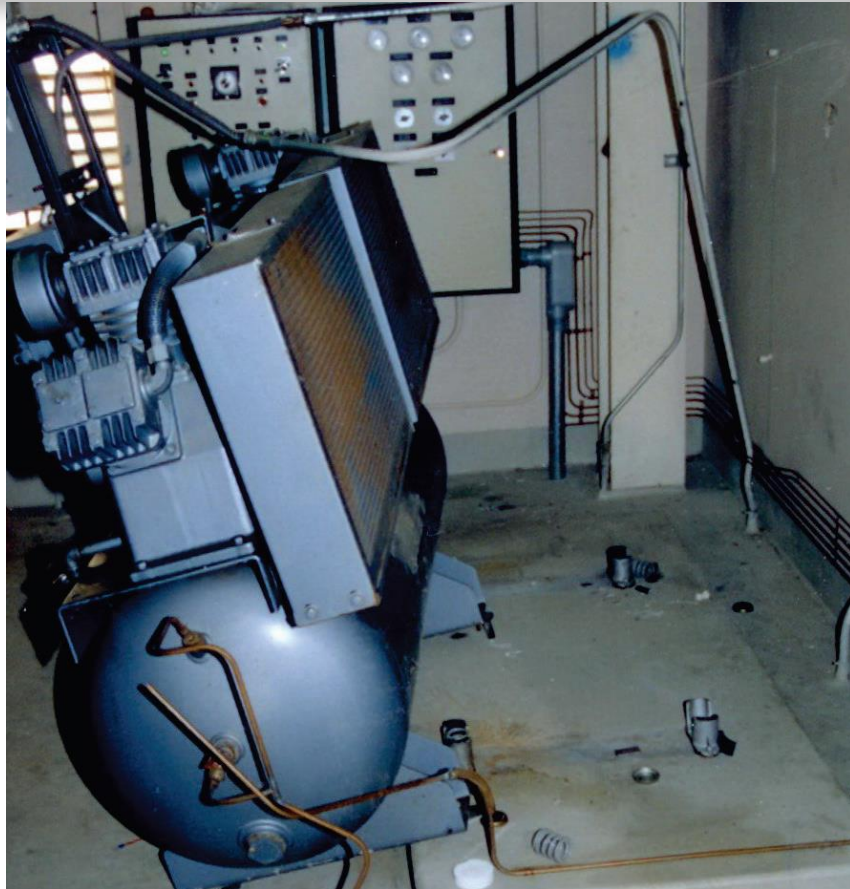
Danneggiamento
comignolo

Distacco corpo
illuminante

[Fema E-74]



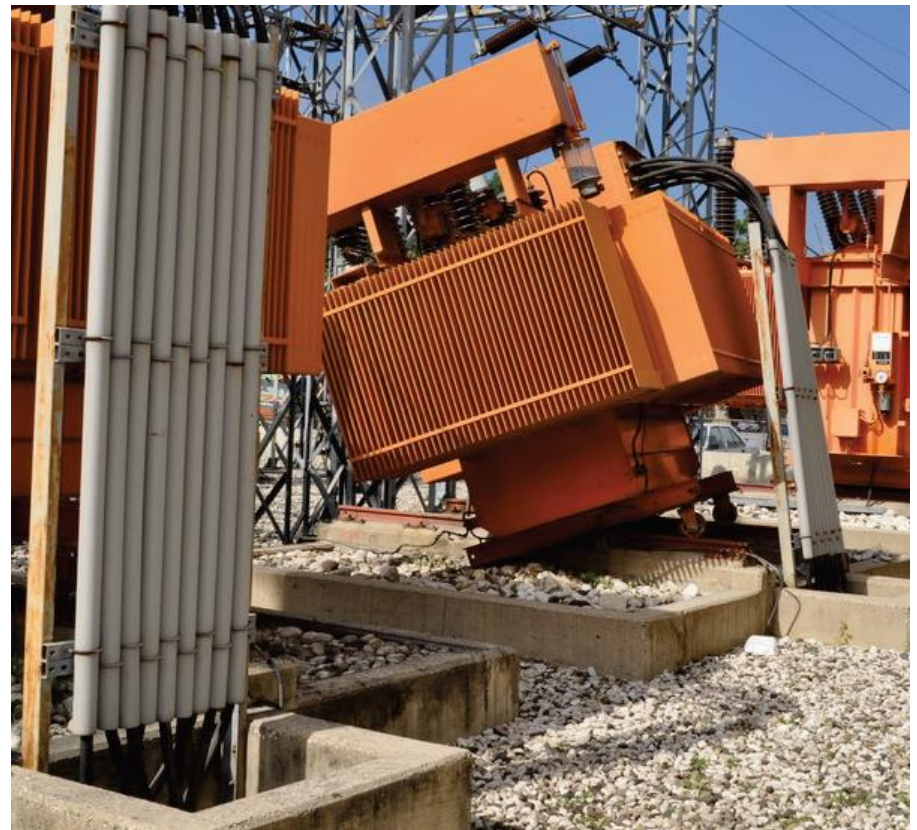
Esempi: criticità elementi d'impianto



Ribaltamento generatore

Caduta trasformatore

[Fema E-74]



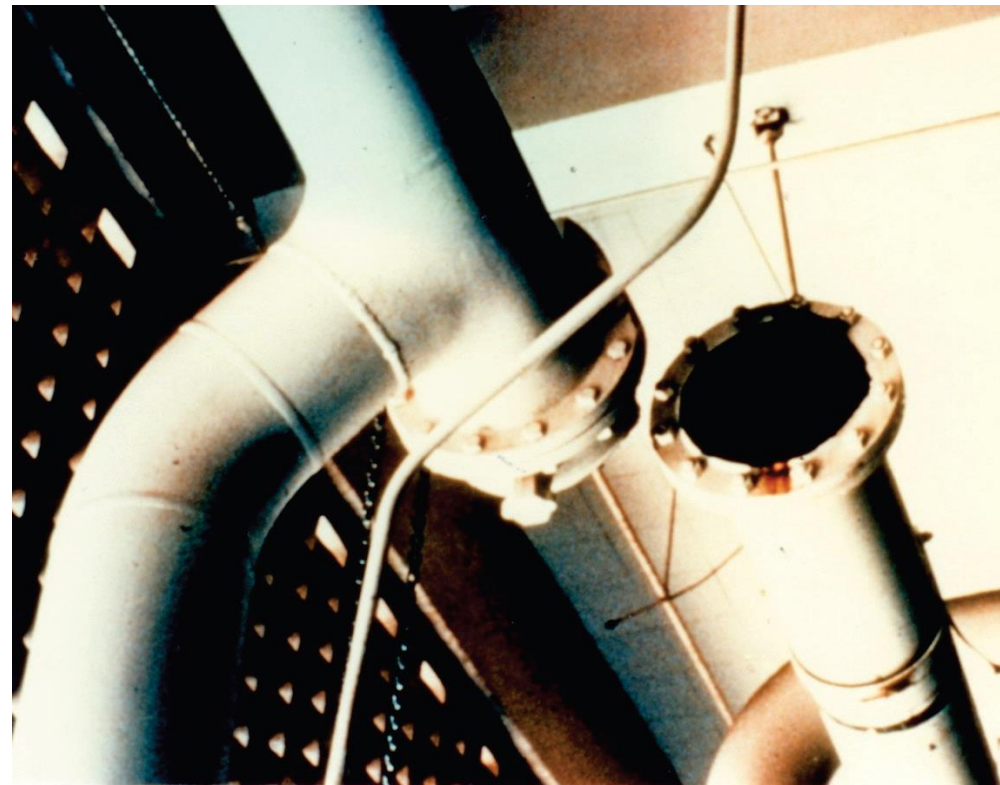
Esempi: criticità elementi d'impianto



Caduta impianto HVAC

Rottura giunto
condotta

[Fema E-74]



Esempi: criticità elementi d'impianto



Caduta scala mobile



Buckling silos

[Fema E-74]

Esempi: criticità contenuti



Ribaltamento
scaffalature



Danneggiamento
servers



Esempi: criticità contenuti



Ribaltamento armadietti

Rovesciamento
liquidi medicali



Esperimento tavola vibrante (NIED)



National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (JP)

Metodologia «PERFORMANCE BASED»

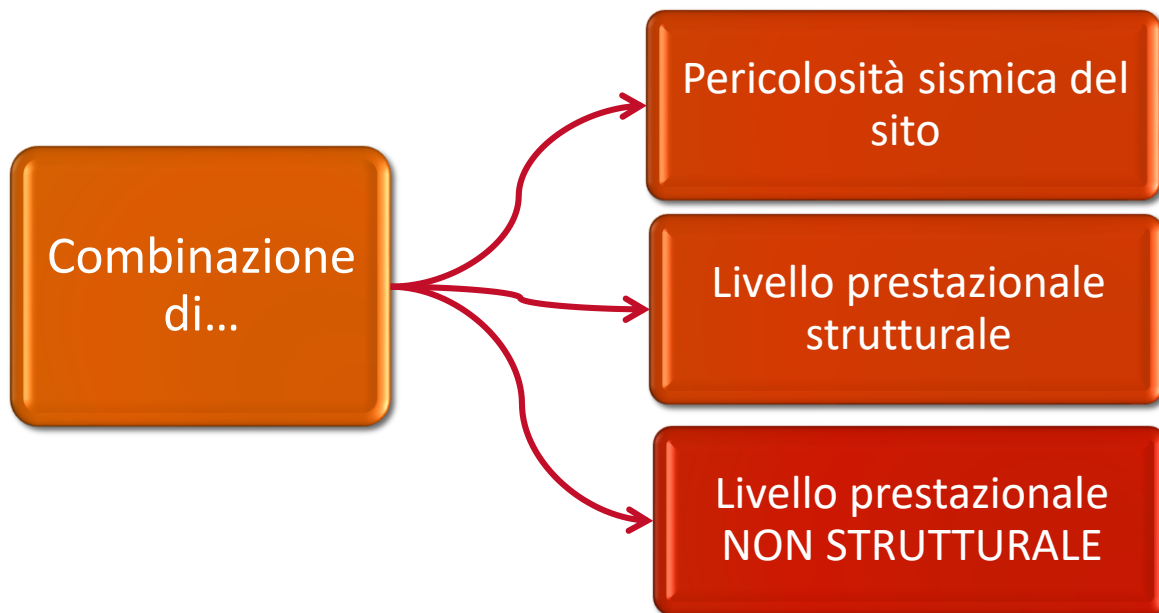
OBIETTIVI PRESTAZIONALI

La METODOLOGIA PROPOSTA

THARSOS propone una metodologia comprovata basata sul garantire un obiettivo di prestazione dell'edificio in tutte le sue parti concordato con il committente, rifacendosi alle norme nazionali e internazionali, rappresentanti lo «stato dell'arte» nel settore

DEFINIZIONE (ASCE 41-13 § 2.2)

Un «obiettivo prestazionale» può essere definito come la condizione di danno o **STATO LIMITE** che si vuole ottenere come **MASSIMO** a seguito di uno **SPECIFICO SISMA DI PROGETTO**



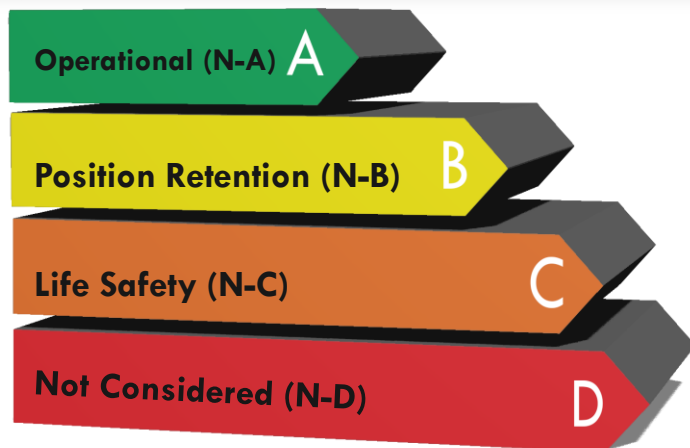
LIVELLI PRESTAZIONALI: elementi strutturali

DEFINIZIONE (ASCE 41-13 § 2.2)

Definizione del comportamento atteso della struttura durante il sisma di progetto in termini di livelli di danno agli elementi strutturali e non strutturali



LIVELLI PRESTAZIONALI: elementi non strutturali



I livelli definiscono gli obiettivi da raggiungere in seguito all'adeguamento dei componenti degli elementi non strutturali, oppure gli obiettivi da verificare che indirizzano il professionista nella fase decisionale

LIVELLI PRESTAZIONALI: edificio (elementi strutturali e non strutturali)

N \ S	Immediate occupancy (S-1)	Damage Control (S-2)	Life Safety (S-3)	Limited safety (S-4)	Collapse Prevention (S-5)	Not considered (S-6)
Operational (N-A)	Operational (1-A)	2-A	Non raccomandato	NR	NR	NR
Position Retention (N-B)	Imm. Occup. (1-B)	2-B	3-B	4-B	NR	NR
Life Safety (N-C)	1-C	2-C	Life Safety 3-C	4-C	5-C	6-C
Not Considered (N-D)	NR	NR	3-D	4-D	Collapse prev. 5-D	NO

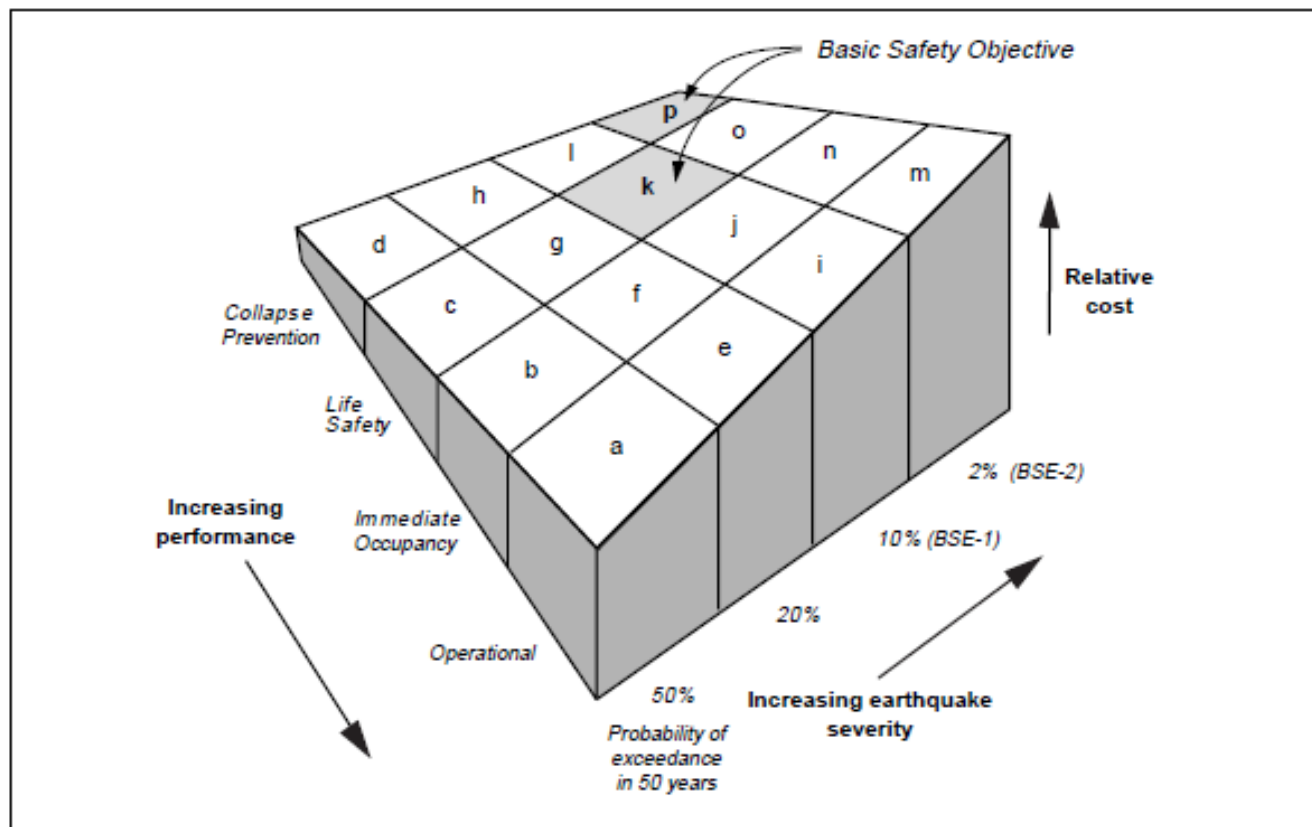


Figure C2-2 Surface Showing Relative Costs of Various Rehabilitation Objectives

Fonte ASCE 41 – Fig. C2-2

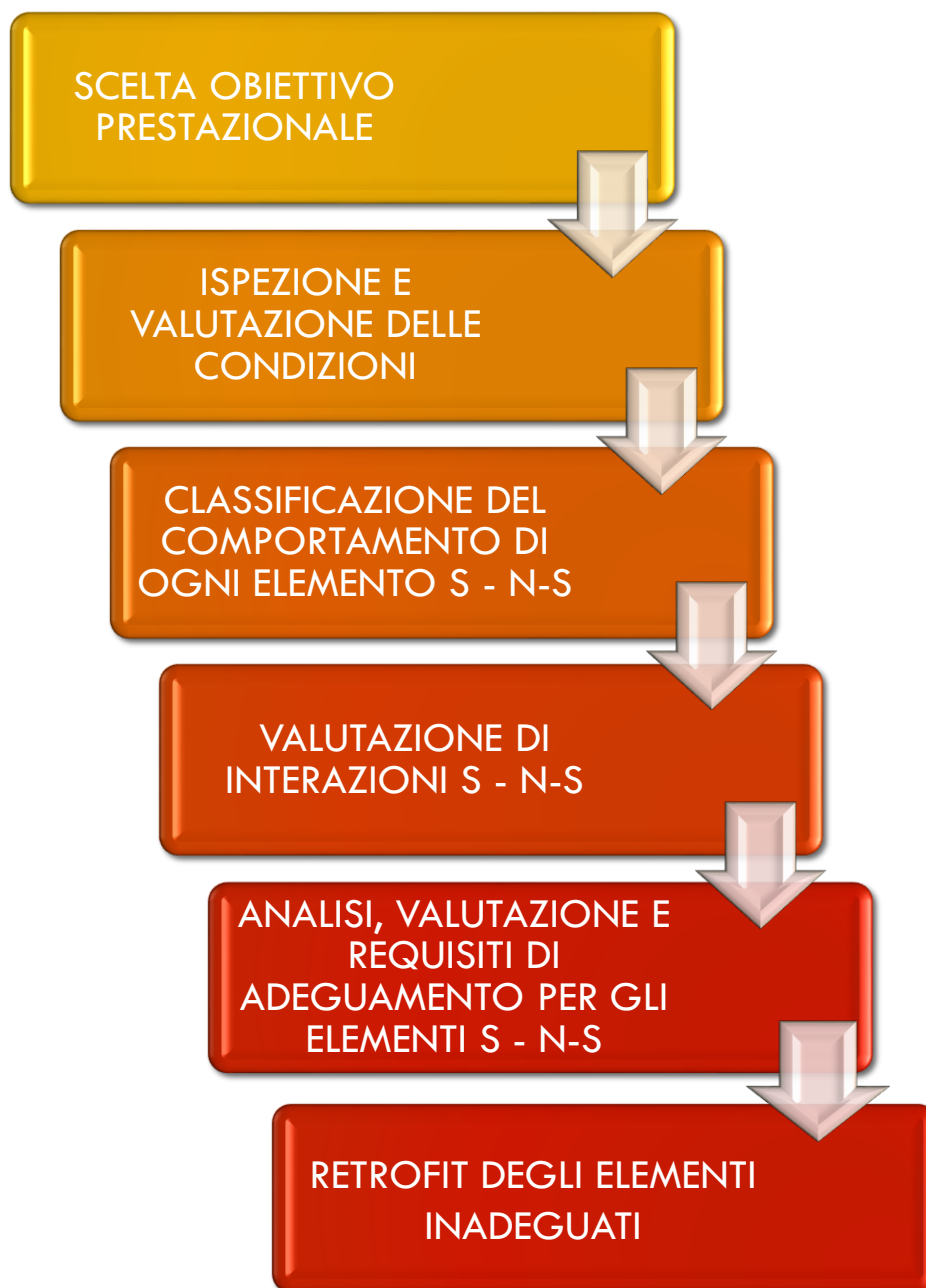
PROCEDURA DI ASSESSMENT

I passaggi
necessari ad una
corretta analisi
delle opportunità



PROCEDURA DI ANALISI PER L'ADEGUAMENTO

I passaggi
necessari ad una
corretta messa in
sicurezza





SCELTA OBIETTIVO PRESTAZIONALE

SEVERITA' DEL SISMA

LIVELLO PRESTAZIONALE
STRUTTURALE

LIVELLO PRESTAZIONALE NON
STRUTTURALE