

**EDIFICI IN AGGREGATO**  
**Conoscenza e possibilità di intervento**

**INU - GdL “VULNERABILITA’ SISMICA URBANA E RISCHI TERRITORIALI”**



# ● Di cosa parliamo ...

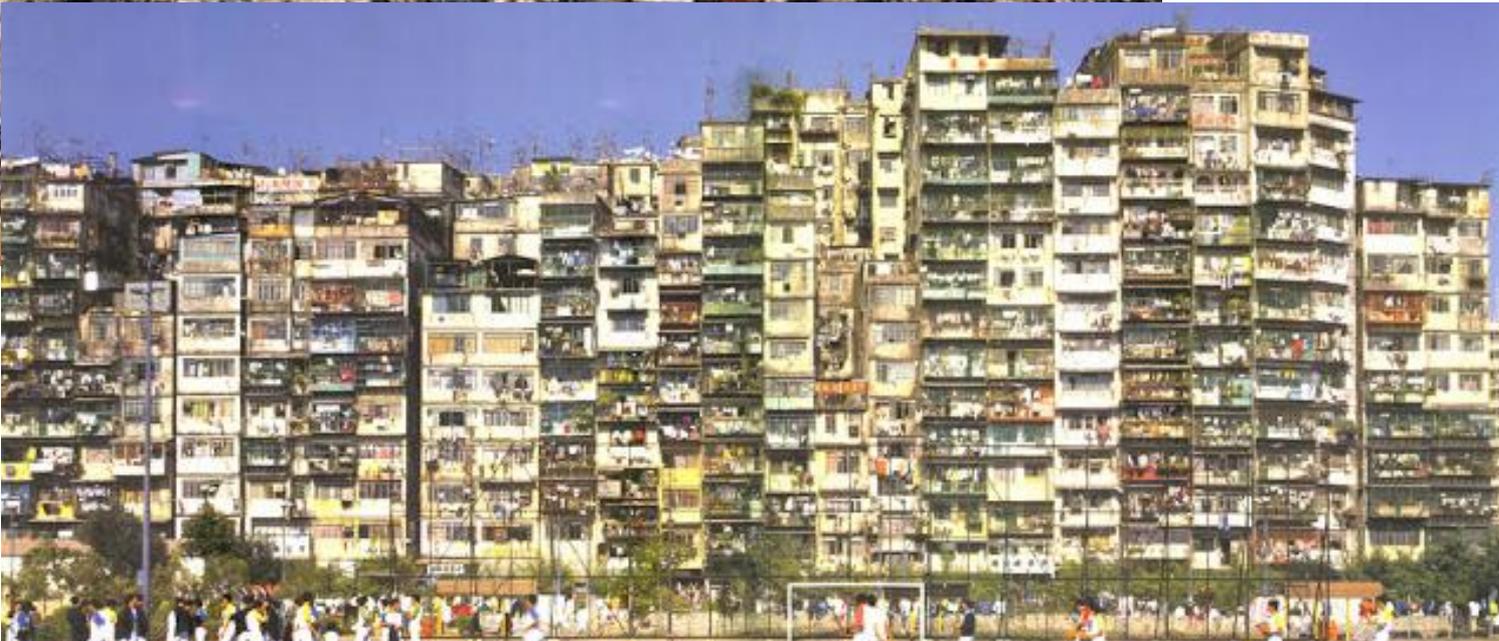
## Definizione di AGGREGATO



Dall'enciclopedia Treccani:

### **Aggregato** ↔ **Complessità**

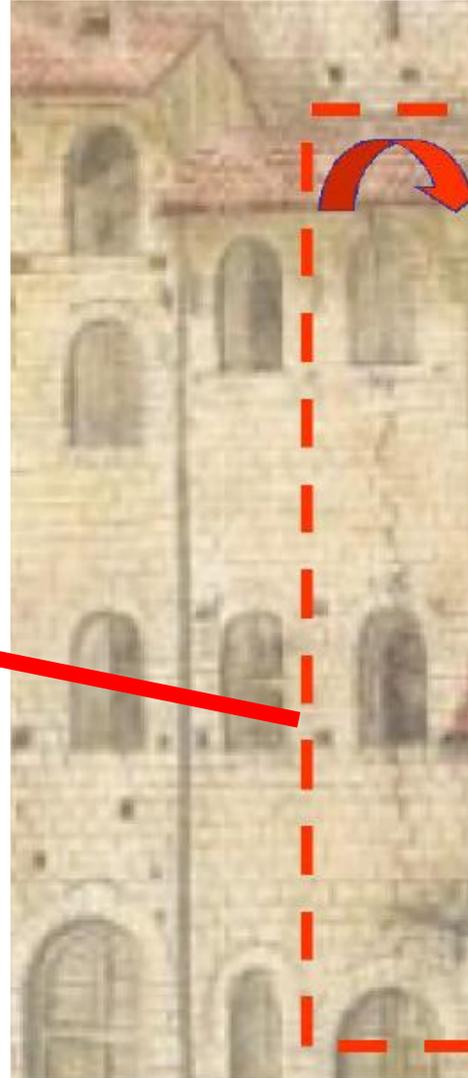
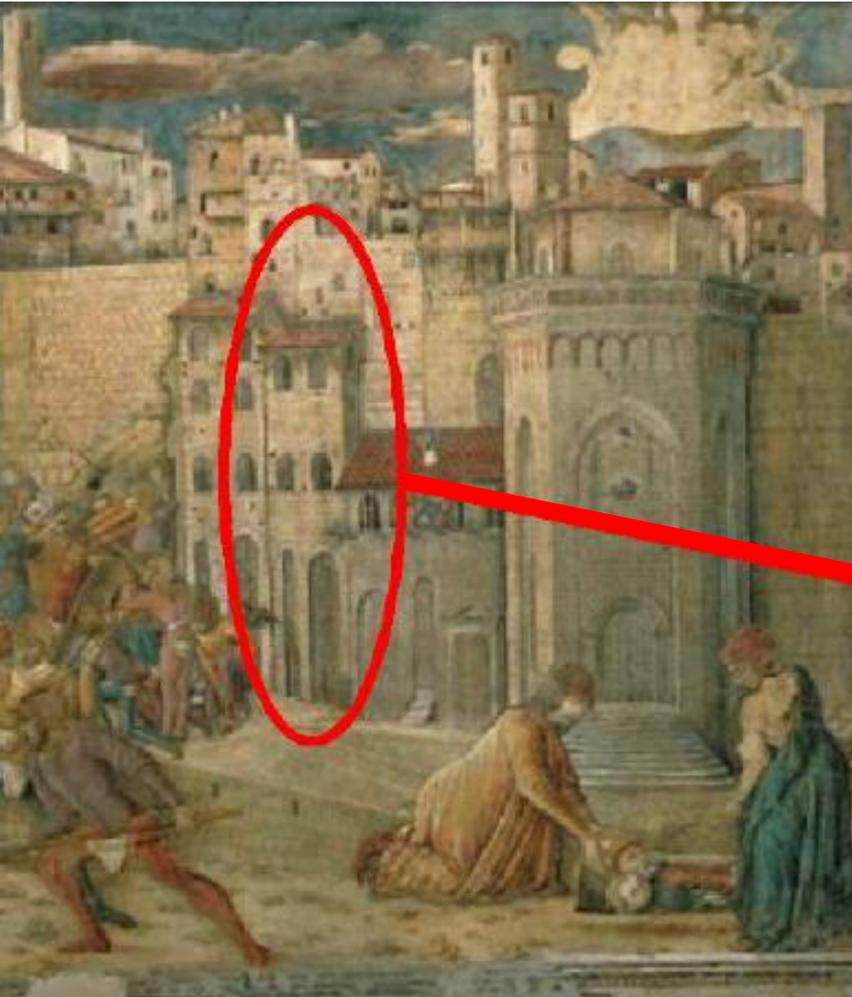
Caratteristica di un sistema (perciò detto complesso), concepito come un *aggregato* organico e strutturato di parti tra loro interagenti, in base alla quale il comportamento globale del sistema non è immediatamente riconducibile a quello dei singoli costituenti, dipendendo dal modo in cui essi interagiscono.



Kowloon Walled City – Hong Kong

# ● Di cosa parliamo ...

*Benedetto Bonfigli "Totila ed il chierico traditore" 1450 circa  
Perugia, palazzo dei priori*



- Tipologie
- La normativa
- L'azione sismica
- Conoscenza dell'edificio
- Incidenza delle variabili



# ● Tipologie di AGGREGATO

Centri storici



Ingegneria delle Strutture

Andrea Barocci

[www.ingegneriadellestrutture.it](http://www.ingegneriadellestrutture.it)



# ● Tipologie di AGGREGATO

Aggregati urbani o rurali



# ● Tipologie di AGGREGATO

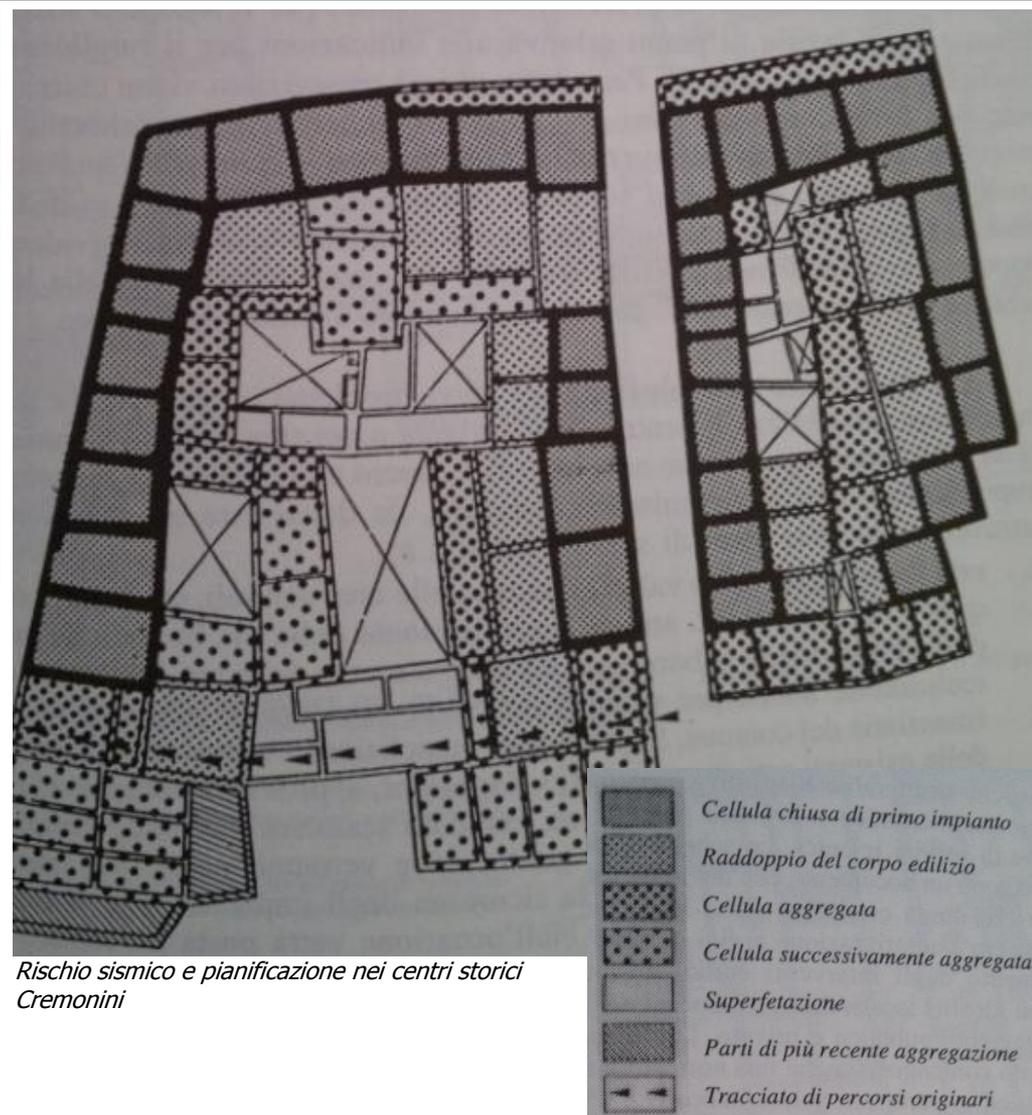
Aggregati urbani o rurali



# ● Tipologie di AGGREGATO



*Lettura dell'edilizia di base – Caniggia/Maffei*



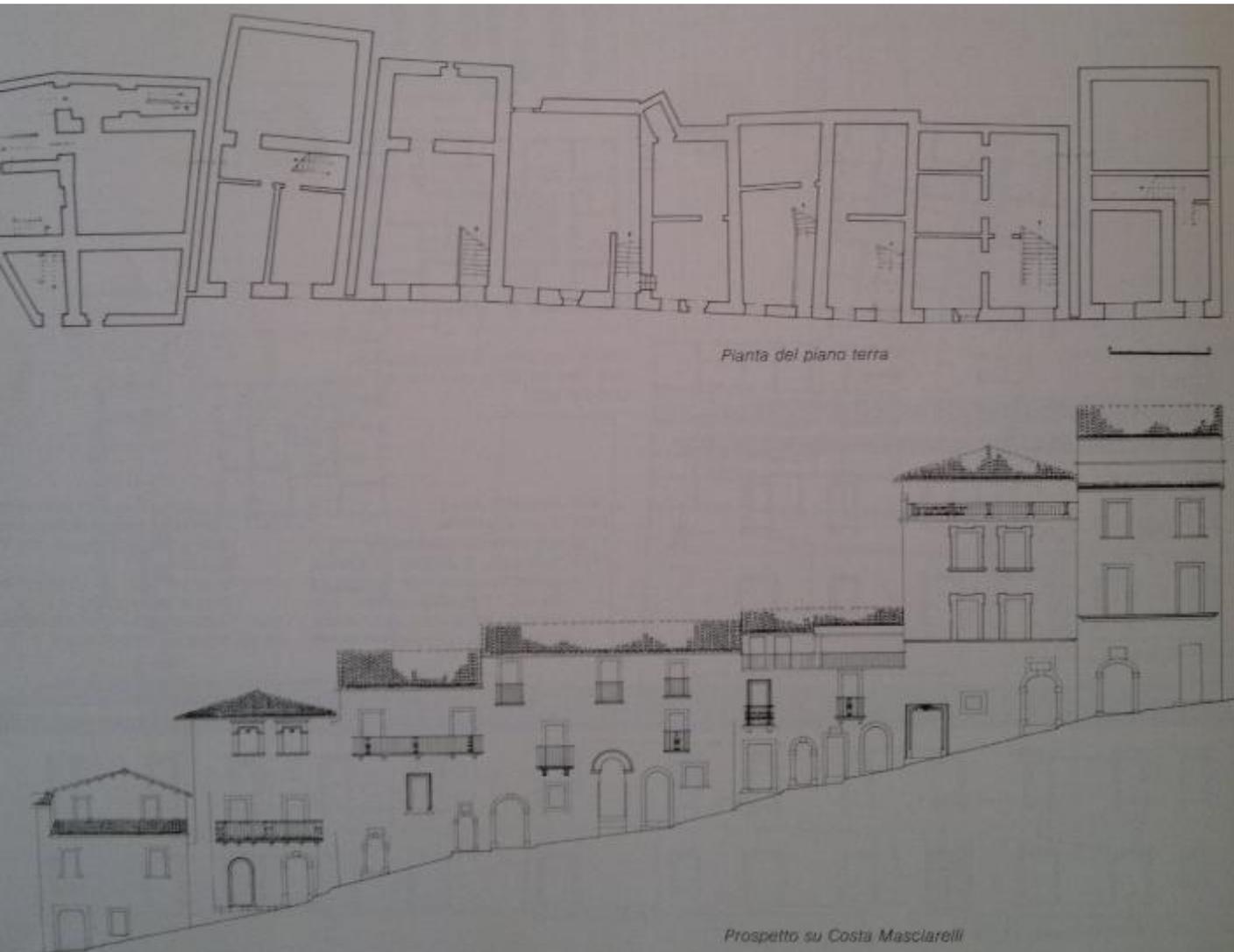
*Rischio sismico e pianificazione nei centri storici Cremonini*

- Cellula chiusa di primo impianto
- Raddoppio del corpo edilizio
- Cellula aggregata
- Cellula successivamente aggregata
- Superfetazione
- Parti di più recente aggregazione
- Tracciato di percorsi originari



# ● Tipologie di AGGREGATO

Coste



*L'Aquila 1753-1983 Il restauro della città Centofanti*

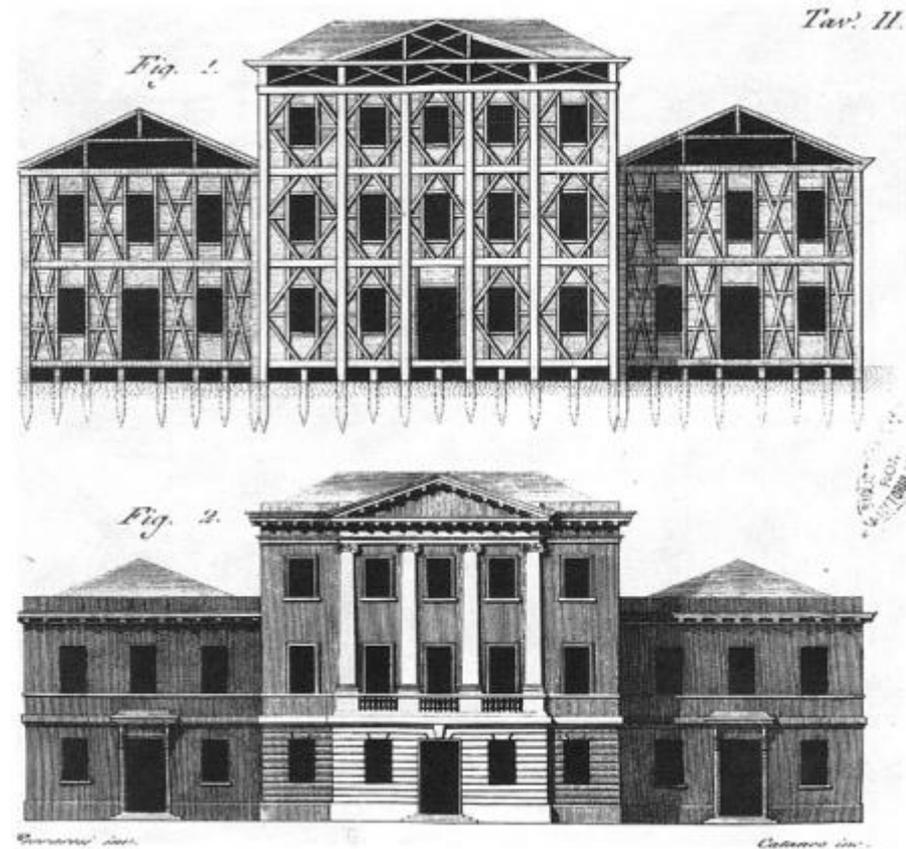
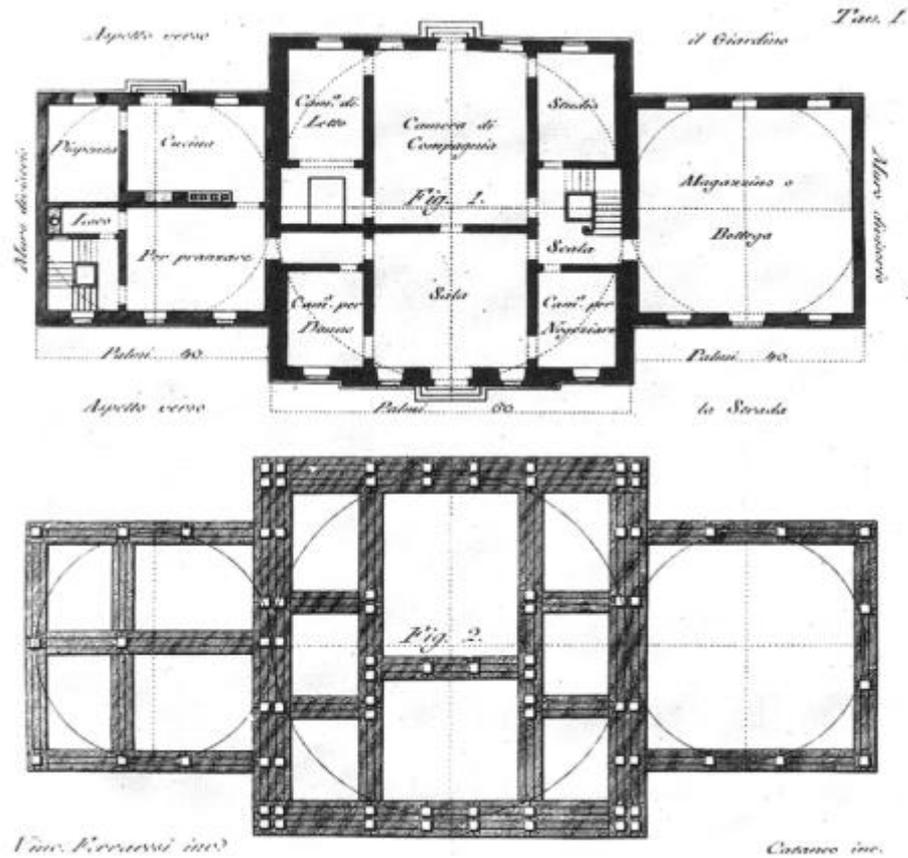


Ingegneria delle Strutture

Andrea Barocci

[www.ingegneriadellestrutture.it](http://www.ingegneriadellestrutture.it)





**1627** – 1° Decreto relativo la sismica

Dopo il gravissimo terremoto che colpì la Campania, fu definito un metodo costruttivo detto "sistema baraccato alla beneventana" basato su una struttura intelaiata in legno, con ritti infissi in un basamento di muratura e con le specchiature dei telai chiuse con materiali leggeri (canne, legname) cementate con malta ed intonacate



**1784** – Legge del Marzo 1784 emanata da Ferdinando IV di Borbone "Istruzioni per la ricostruzione di Reggio". Tale legge confermava l'utilizzo del "sistema baraccato" alla luce delle conseguenze del terremoto del Febbraio 1783 di Messina e della Calabria. Attraverso una circolare illustrativa si definiva l'altezza dello zoccolo di fondazione (circa 130 cm), si fissava lo spessore delle murature (circa 65 cm), si imponeva l'uso di mattoni o di pietre di piccole dimensioni ("Abbracciabili dalla mano"). La struttura di copertura doveva poggiare su cordoli alla sommità della muratura, collegati in modo da formare "... quasi un telaro".

**1859** – Il Governo Pontificio di Pio IX, a seguito degli eventi sismici che colpirono il Napoletano nel 1857 (con 12000 vittime) e il territorio di Norcia nel 1859, emanò un regolamento edilizio. In tale regolamento si fissavano alcuni limiti, quali: 1) si fissava a 8.5 m l'altezza massima della struttura; 2) si fissava a 60 cm lo spessore minimo delle murature (anche interne); 3) si imponeva che le murature esterne dovevano avere una scarpata di almeno un ventesimo dell'altezza; 4) si prescriveva il collegamento tra muri interni ed esterni "... onde facciano una massa unica". Ma soprattutto veniva richiesto che le aperture di porte e finestre fossero a distanza conveniente dagli angoli dei muri esterni e dalle estremità dei muri di tramezzature e che le aperture risultassero verticalmente allineate.

**1884** – Legge n. 1985 del 5 Marzo 1884 e Regio Decreto n. 2600 del 29 Agosto 1884. A seguito del terremoto di Casamicciola (Isola d'Ischia) del 28 Luglio 1883. In tale decreto venivano: 1) limitate le altezze delle nuove costruzioni a 10 m; 2) vietate le strutture spingenti; 3) limitati gli aggetti dei balconi a 60 cm.

**1906** – Decreto Reale n. 511 del 16 Settembre 1906. A seguito del terremoto della Calabria e di Messina del 1905.

**1909** – Regio Decreto n. 193 del 18 Aprile 1909 (G.U. n. 95 del 22 Aprile 1909) "Norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei luoghi colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri precedenti elencati nel R.D. 15 aprile 1909 e ne designa i Comuni." Circolare n. 2664 del 20 Aprile 1909 "Istruzioni tecniche". "Relazione della commissione incaricata a studiare e proporre norme edilizie obbligatorie per i comuni colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 ed altre anteriori" contenente le prime norme sismiche del 1909. Normative sviluppate a seguito del terremoto del 28 Dicembre 1908 che distrusse completamente Messina e Reggio Calabria con più di centomila vittime. In tale decreto si prescriveva: 1)l'esclusione delle strutture spingenti; 2)il collegamento fra le strutture; 3)la limitazione di 5 metri tra le strutture portanti; 4)che le costruzioni fossero realizzate con "... una ossatura in legno, di ferro, di cemento armato o di muratura armata", limitando la muratura, in mattoni o in blocchi di pietra squadrata o listata, alle costruzioni di un solo piano; 5)esclude l'edificabilità su siti inadatti (paludosi, franosi, ecc...).Tale norma prescrive inoltre di considerare forze statiche orizzontali e verticali proporzionali ai pesi. Tali forze vengono introdotte ma non quantificate nel dettaglio. In particolare, le azioni statiche dovute al peso proprio ed al sopraccarico, aumentate di una percentuale che rappresenti l'effetto delle vibrazioni sussultorie, mentre, le azioni dinamiche dovute al moto ondulatorio vengono rappresentate attraverso accelerazioni applicate alle masse del fabbricato nelle due direzioni agenti in entrambi i sensi di ogni direzione. A seguito di tale terremoto molte costruzioni vennero realizzate attraverso sistemi di muratura armata ma, tale tipologia venne purtroppo dimentica dopo poco. Tale normativa è stata inoltre la prima a fornire l'individuazione delle zone sismiche in Italia.

**1912, 1915, 1916, 1924, 1925, 1926, 1927, 1930, 1933, 1935, 1937, 1939** – Regi Decreti, Decreti Ministeriali (norme e classificazione)

**1962** – Legge n. 1684 del 25 Novembre 1962 (G.U. n. 326 del 22/12/1962) "Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Tale normativa introduce: 1)la riduzione dell'azione sismica per condizioni geologiche favorevoli; 2)nuovi limiti per le altezze massime ed il numero di piani; 3)l'obbligo di introdurre le norme del buon costruire nei piani regolatori comunali.

**1967** – Circolare Ministro LL.PP. n. 3797 del 6 Novembre 1967 "Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni."

**1969** – Circolare Ministeriale LL.PP. n. 6090 dell'11 Agosto 1969 "Norme per la progettazione, il calcolo, la esecuzione e il collaudo di costruzioni con strutture prefabbricate in zone asismiche e sismiche". A seguito del terremoto di Belice del 1968. Tale circolare fu il riferimento per le costruzioni in muratura armata e a pannelli prefabbricati degli anni Ottanta.



## **LEGGE 5 Novembre 1971, n. 1086**

*Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica*

## **LEGGE 2 Febbraio 1974, n. 64**

*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*

### NORME PER LE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE

#### Capo I

#### NUOVE COSTRUZIONI

##### Art. 3

##### *Opere disciplinate e gradi di sismicità*

Tutte le costruzioni la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità, da realizzarsi in zone dichiarate sismiche ai sensi del secondo comma lettera *a*) del presente articolo, sono disciplinate, oltre che dalle norme di cui al presente art. 1, da specifiche norme tecniche che verranno emanate con successivi decreti dal Ministro per i lavori pubblici, di concerto col Ministro per l'interno, sentito il consiglio superiore dei lavori pubblici, che si avvarrà anche della collaborazione del consiglio nazionale delle ricerche, entro sei mesi dall'entrata in vigore della presente legge ed aggiornate con la medesima procedura ogni qualvolta occorra in relazione al progredire delle conoscenze dei fenomeni sismici.

**1975, 1976, 1977, 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1992** – Decreti Ministeriali, Leggi Regionali, Leggi per lo snellimento, Circolari, istruzioni CNR (*norme e classificazione*)



### **Decreto del Ministero Lavori Pubblici del 16 Gennaio 1996**

*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*



#### **C.9.1.1. ADEGUAMENTO.**

[...] L'esecuzione di un complesso di opere sufficienti per rendere l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche.

E' obbligatorio in caso di:

- Sopraelevazioni o ampliamenti
- Variazioni di destinazione d'uso con incremento di carichi
- Opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente o che alterino in maniera sostanziale il comportamento globale dell'edificio.



#### **C.9.1.2. MIGLIORAMENTO.**

[...] L'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza, peraltro, modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale. [...] Tale tipologia d'intervento si applica, in particolare, al caso degli edifici di carattere monumentale, [...] in quanto compatibile con le esigenze di tutela e di conservazione del bene culturale.



#### **C.9.10. COMPLESSI EDILIZI.**

Nel caso di complessi edilizi privi di giunti tra gli edifici, il progetto esecutivo dell'intervento deve documentare la situazione statica degli edifici contigui, a dimostrazione che gli interventi previsti non arrechino aggravii a tale situazione.

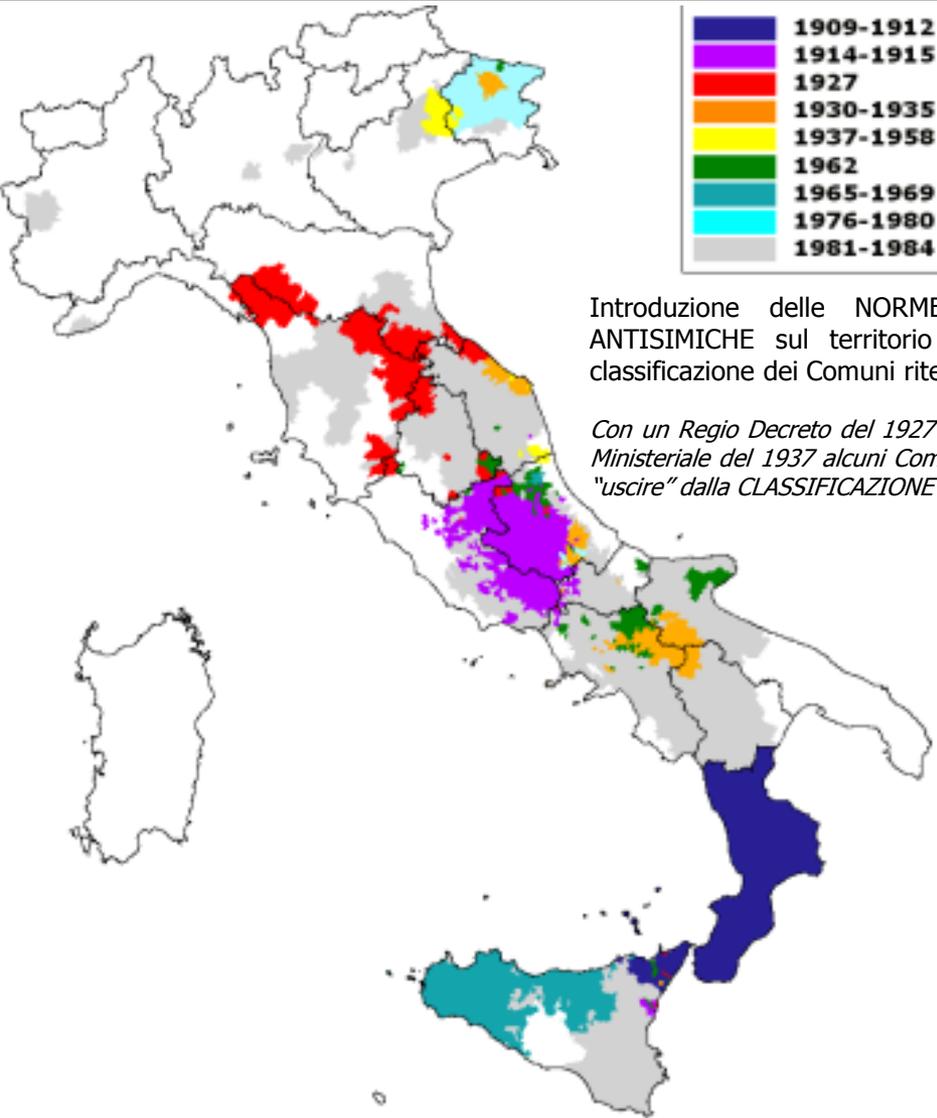
#### *Circ. Min. LLPP 10/04/1997* **C.9.10. COMPLESSI EDILIZI.**

Per quanto riguarda i complessi edilizi, nel caso di assenza di giunti, i calcoli di verifica devono tenere conto, anche con valutazioni approssimate, delle eventuali azioni trasmesse dagli edifici contigui. Per gli edifici in muratura ciò può essere fatto aumentando le forze orizzontali di progetto [...]

# ● La NORMATIVA

## Le normative tecniche vigenti

### La classificazione sismica



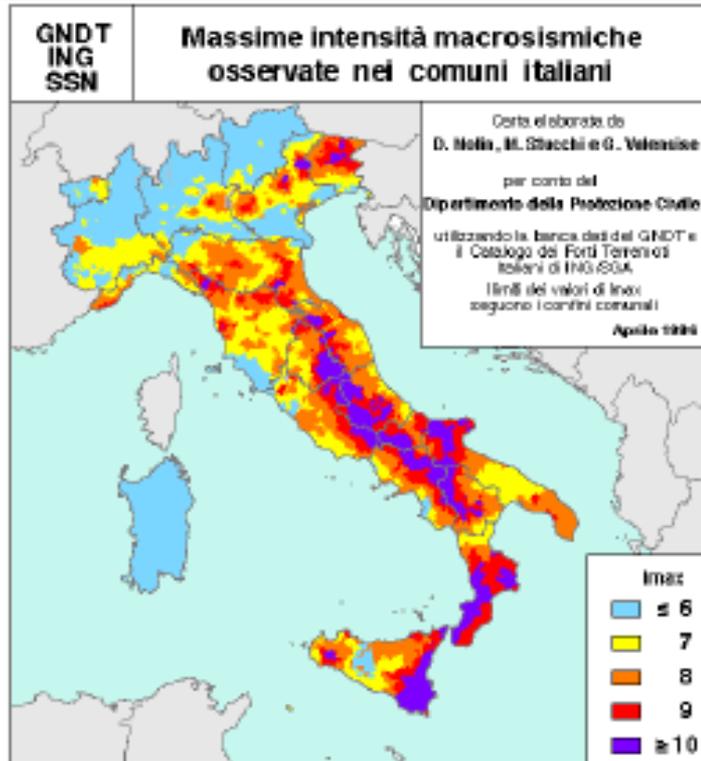
|           |
|-----------|
| 1909-1912 |
| 1914-1915 |
| 1927      |
| 1930-1935 |
| 1937-1958 |
| 1962      |
| 1965-1969 |
| 1976-1980 |
| 1981-1984 |

OPCM 3274 /2003  
"macrozonazione"

Introduzione delle NORME TECNICHE ANTISISMICHE sul territorio nazionale e classificazione dei Comuni ritenuti SISMICI

Con un Regio Decreto del 1927 ed un Decreto Ministeriale del 1937 alcuni Comuni decisero di "uscire" dalla CLASSIFICAZIONE SISMICA

|                     |     |
|---------------------|-----|
| zona 3              | 214 |
| zona 4              | 22  |
| n. Comuni coinvolti |     |
| zona 2              | 96  |
|                     | 16  |



GNDT  
ING  
SSN

Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani

Carta elaborata da  
D. Natta, M. Stacchi e G. Valentini  
per conto del  
Dipartimento della Protezione Civile  
utilizzando la banca dati del GNDT e  
il Catalogo dei Forti Terremoti  
italiani di INIS-SSA.  
I limiti dei valori di linea  
seguono i confini comunali  
Aprile 1984

|      |
|------|
| Imax |
| ≤ 6  |
| 7    |
| 8    |
| 9    |
| ≥ 10 |



# ● La NORMATIVA

## Le normative tecniche vigenti

A quale santo votarsi?



SANT'EMIDIO V. e M.  
Protettore contro il terremoto

Cit. Dott.sa Viviana Castelli - INGV



### Emidio di Ascoli 203 – 309 d.c.

Sicuramente il più famoso è il miracolo del terremoto di cui esistono diverse versioni:

-Nella città di Ascoli, Emidio fu condotto con la forza, all'interno di un tempio pagano per rinnegare la sua fede cristiana, ma un improvviso terremoto distrusse il tempio.

-Un'altra versione vuole che Emidio appena arrivato ad Ascoli, toccasse le mura della città e subito tutti e soli i templi pagani crollarono in conseguenza di un violentissimo terremoto.

-Infine, l'ultima versione dice che nel 1703 un violento terremoto sconvolse le Marche ma non colpì la città di Ascoli, si dice, protetta dal suo patrono.



### Rimini – chiesa del Suffragio (P.zza Ferrari)

Il terremoto del giorno di Natale del 1786 danneggiò la chiesa di S. Francesco Saverio (o del Suffragio).

Sul transetto di sinistra, nel 1793, fu quindi fatta dipingere a G. S. Brancaloni la tela dal titolo "S. Emidio protegge Rimini"

## Decreto del Ministero Infrastrutture del 14 Gennaio 2008

*Norme tecniche per le costruzioni (NTC2008)*



### 8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

- interventi di **adeguamento** atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle presenti norme;
- interventi di **miglioramento** atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme;
- **riparazioni o interventi locali** che interessino elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Gli interventi di adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico.

Per i beni di interesse culturale in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del D. lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza.



### 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorra anche una delle seguenti situazioni:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura [...]
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità.

La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano gli interventi strutturali di cui al punto 8.4, e dovrà determinare il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento. Il Progettista dovrà esplicitare, in un'apposita relazione, i livelli di sicurezza attuali o raggiunti con l'intervento e le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

... **RICORDIAMOCI CHE**, gli interventi sono necessari e improcrastinabili nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio; più complessa è la situazione che si determina nel momento in cui si manifesti l'inadeguatezza di un'opera rispetto alle azioni ambientali, non controllabili dall'uomo e soggette ad ampia variabilità nel tempo ed incertezza nella loro determinazione. Per le problematiche connesse, non si può pensare di imporre l'obbligatorietà dell'intervento o del cambiamento di destinazione d'uso o, addirittura, la messa fuori servizio dell'opera, non appena se ne riscontri l'inadeguatezza. Le decisioni da adottare dovranno necessariamente essere calibrate sulle singole situazioni (in relazione alla gravità dell'inadeguatezza, alle conseguenze, alle disponibilità economiche e alle implicazioni in termini di pubblica incolumità).

## 8.7 VALUTAZIONE E PROGETTAZIONE IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

In presenza di **edifici in aggregato**, contigui, a contatto od interconnessi con edifici adiacenti, i metodi di verifica di uso generale per gli edifici di nuova costruzione possono non essere adeguati. Nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti. A tal fine dovrà essere individuata l'**unità strutturale (US)** oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue.

L'US dovrà avere continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi.

### Circ 617 METODI DI ANALISI

In presenza di **edifici in aggregato**, caso tipico nei centri storici, e di edifici a struttura mista, frutto di sistemi costruttivi relativamente moderni o di trasformazioni successive recenti, **gli usuali metodi non sempre sono adeguati ed è opportuno seguire appropriati criteri di modellazione e di verifica.**

Negli antichi edifici in muratura sono spesso assenti sistematici elementi di collegamento tra le pareti, a livello degli orizzontamenti; ciò comporta una possibile vulnerabilità nei riguardi di **meccanismi locali**, che possono interessare non solo il collasso fuori dal piano di singoli pannelli murari, ma più ampie porzioni dell'edificio (ribaltamento di intere pareti mal collegate, ribaltamento di pareti sommitali in presenza di edifici di diversa altezza, collassi parziali negli edifici d'angolo degli aggregati edilizi, etc.). **È indispensabile valutare la sicurezza dell'edificio nei confronti di tali meccanismi.**

Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, **dovranno essere valutati gli effetti di: spinte non contrastate causate da orizzontamenti falsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti; effetti locali causati da prospetti non allineati, o da differenze di altezza o di rigidità tra US adiacenti, azioni di ribaltamento e di traslazione che interessano le pareti nelle US di testata delle tipologie seriali (schiere).** Dovrà essere considerato inoltre il possibile martellamento nei giunti tra US adiacenti.

**Nel caso di solai sufficientemente rigidi**, la verifica convenzionale allo Stato limite di salvaguardia della vita e allo Stato limite di esercizio di un edificio (unità strutturale) in aggregato può essere svolta, anche per edifici con più di due piani, mediante l'analisi statica non lineare analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio, e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica. Con l'esclusione di unità strutturali d'angolo o di testata, così come di parti di edificio non vincolate o non aderenti su alcun lato ad altre unità strutturali (es. piani superiori di un edificio di maggiore altezza rispetto a tutte le US adiacenti), l'analisi potrà anche essere svolta trascurando gli effetti torsionali, ipotizzando che i solai possano unicamente traslare nella direzione considerata dell'azione sismica.

**Qualora i solai dell'edificio siano flessibili** si procederà all'analisi delle singole pareti o dei sistemi di pareti complanari che costituiscono l'edificio, ciascuna analizzata come struttura indipendente, soggetta ai carichi verticali di competenza ed all'azione del sisma nella direzione parallela alla parete. In questo caso l'analisi e le verifiche di ogni singola parete seguiranno i criteri esposti al §7.8.2.2 delle NTC per gli edifici in muratura ordinaria di nuova costruzione, con le integrazioni riportate al § 8.7.1.5.



| TIPI DI COSTRUZIONE |  | Vita Nominale<br>$V_N$ (in anni) |
|---------------------|--|----------------------------------|
| 1                   | Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>                   | $\leq 10$                        |
| 2                   | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | $\geq 50$                        |
| 3                   | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica    | $\geq 100$                       |

## 2.4.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

## 2.4.2 CLASSE D'USO

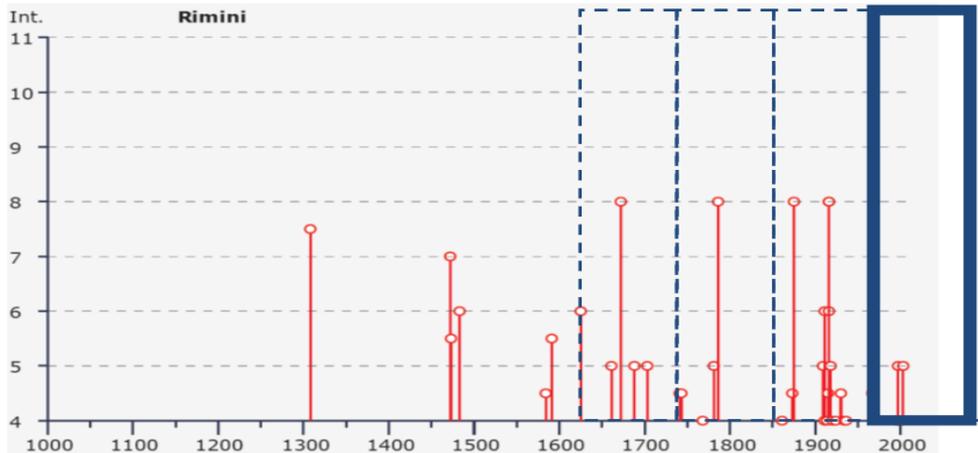
In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.



## 2.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

| CLASSE D'USO       | I   | II  | III | IV  |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE $C_U$ | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

[ Cap. 2.4.1 NTC2008 ]

La **vita nominale** di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

| TIPI DI COSTRUZIONE |  | Vita Nominale<br>$V_N$ (in anni) |
|---------------------|--|----------------------------------|
| 1                   | Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>                   | $\leq 10$                        |
| 2                   | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | $\geq 50$                        |
| 3                   | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica    | $\geq 100$                       |

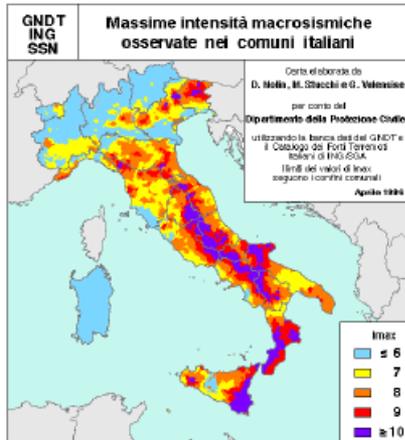
[ Cap. 10 NTC2008 ]

### REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI

Il **piano di manutenzione delle strutture** è il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera l'attività di manutenzione, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità l'efficienza ed il valore economico.



# ● L'AZIONE SISMICA



## 3.2 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla **"pericolosità sismica di base"** del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

| Categoria | Descrizione  |
|-----------|--|
| A         | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.   |
| B         | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).      |
| C         | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D         | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).                |
| E         | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>   |

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate  
 LONGITUDINE: 11,3514    LATITUDINE: 44,5075

Ricerca per comune  
 REGIONE: Emilia-Romagna    PROVINCIA: Bologna    COMUNE: Bologna

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri  
 Elaborazioni numeriche: Tabella parametri  
 Nodi del reticolo intorno al sito: km7,5, -7,5, 7,5, km

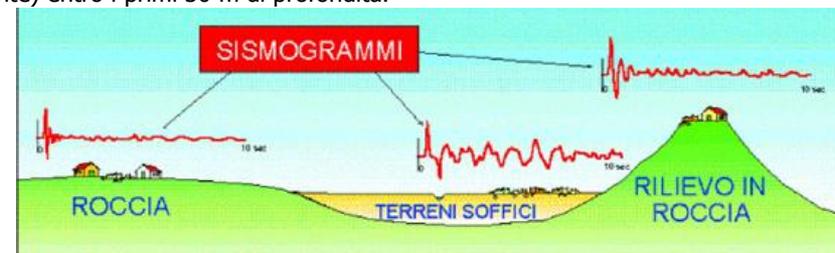
Reticolo di riferimento: Controllo sul reticolo: Sito esterno al reticolo, Interpolazione su 3 nodi, Interpolazione corretta, Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO    **FASE 1**    FASE 2    FASE 3

## 3.2.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'**effetto della risposta sismica locale** mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della **velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio** (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità.



Software SPETTRI – download gratuito dal sito del CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI



### 3.2.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

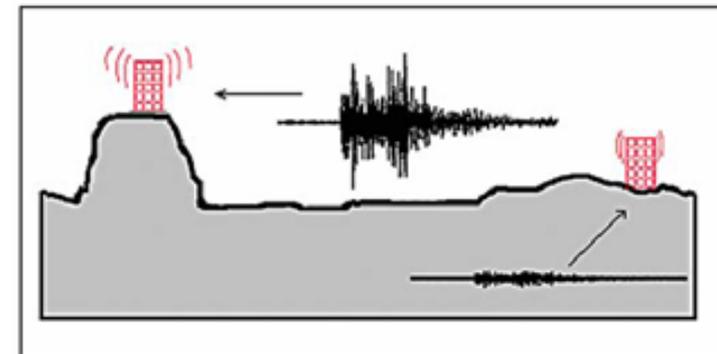


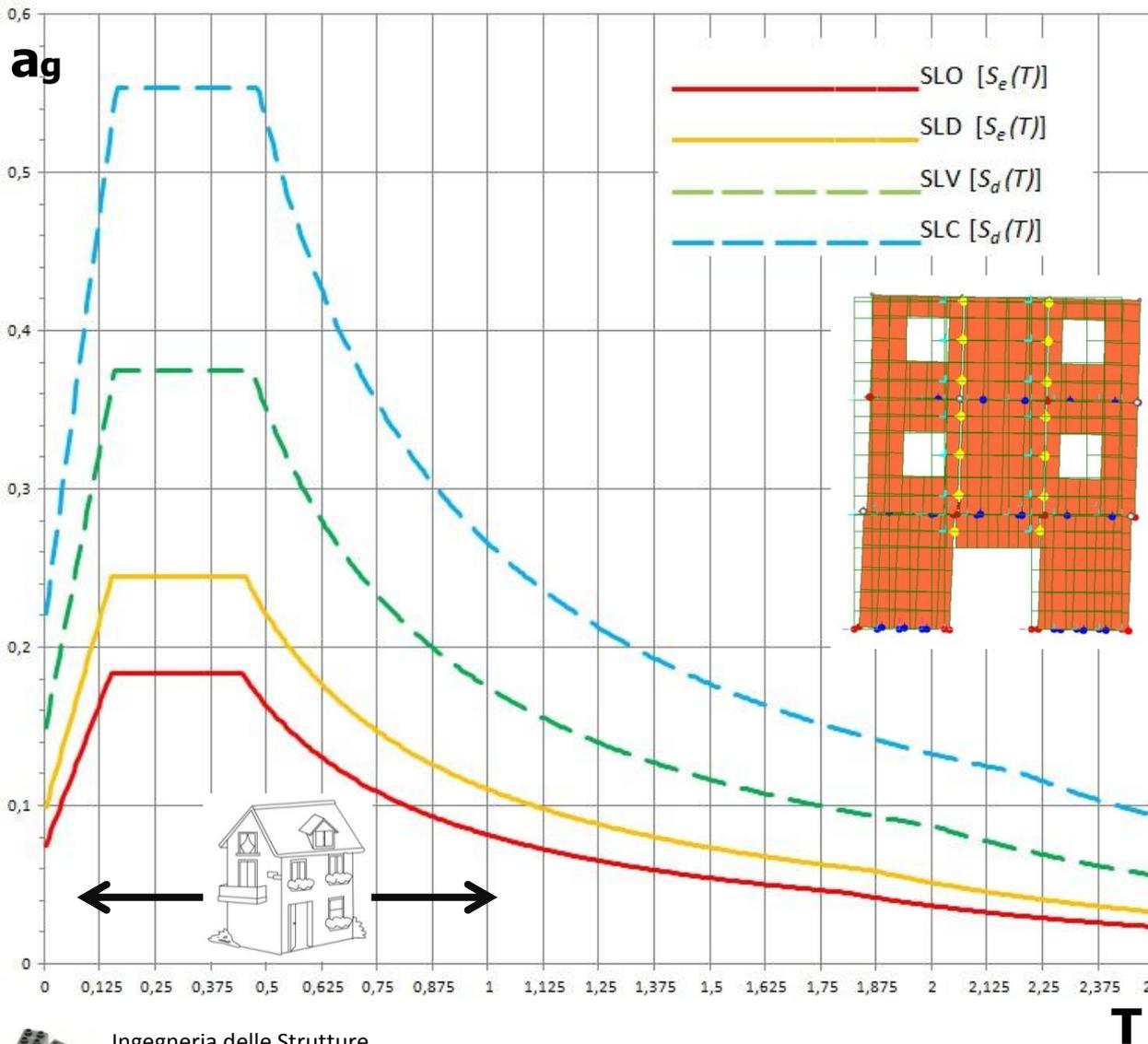
### 3.2.3 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento    | $S_T$ |
|-----------------------|--|-------|
| T1                    | -  | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4   |





Gli **stati limite di ESERCIZIO** sono:

-Stato Limite di **Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi. [**probabilità di superamento VR = 81%**]

-Stato Limite di **Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. [**probabilità di superamento VR = 63%**]

Gli **stati limite ULTIMI** sono:

-Stato Limite di **salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali. [**probabilità di superamento VR = 10%**]

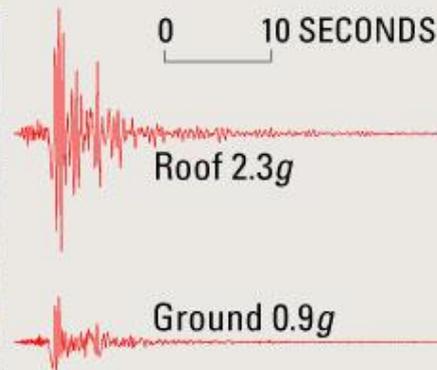
- Stato Limite di **prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. [**probabilità di superamento VR = 5%**]

# ● L'AZIONE SISMICA

Spettri e Stati Limite

Coefficiente di struttura

Il caso "Olive View Medical Center" (Los Angeles)

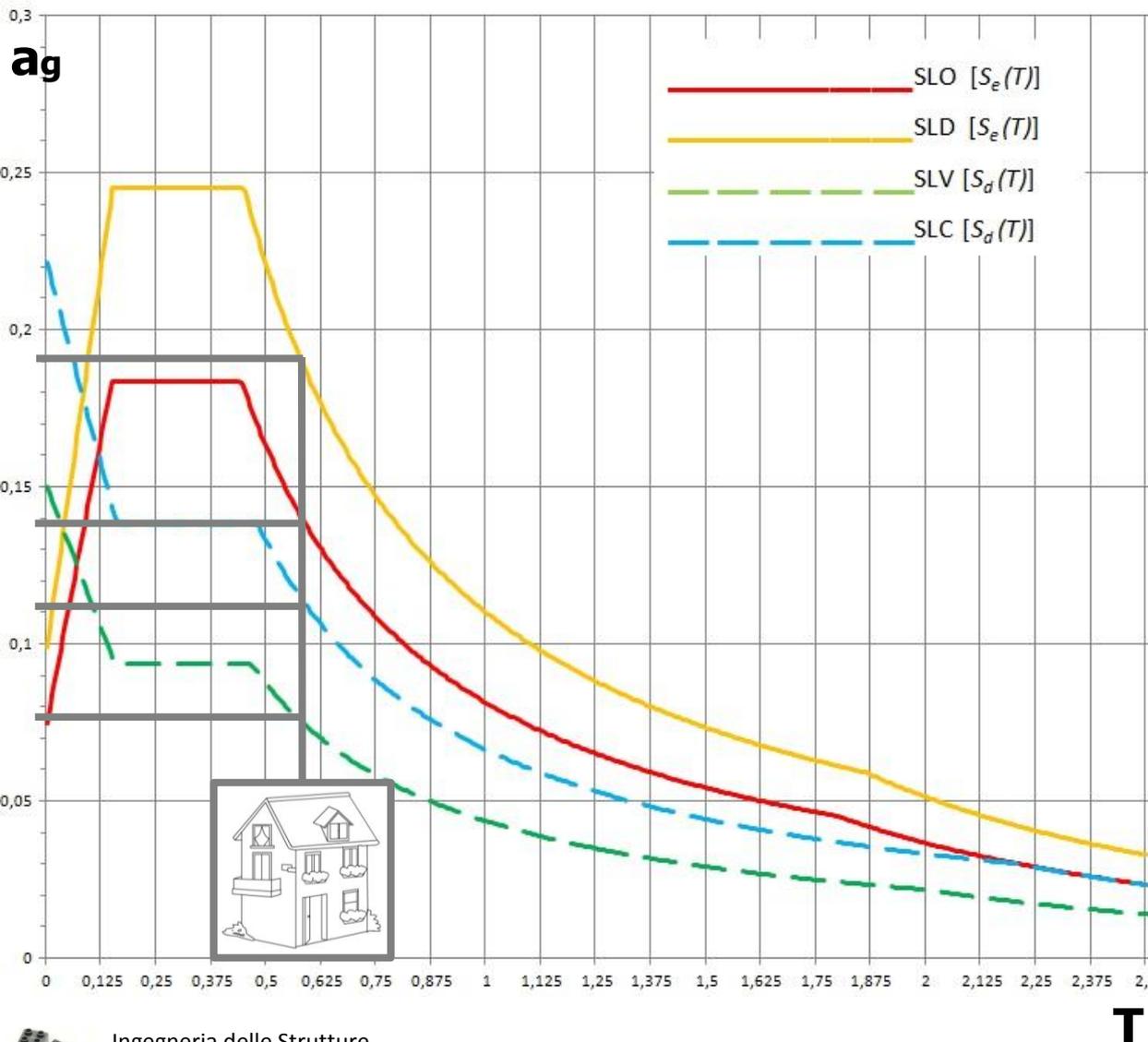


**1971, magnitudo 6.6**, 62 vittime la maggior parte nel centro medico. Piano terra a "pilotis" completamente crollato.  
*Struttura in c.a. a telaio.*

Ricostruito nuovamente con struttura a setti, estremamente rigido e con avanzati sistemi di monitoraggio.

**1994, magnitudo 6.8**, 57 vittime delle quali nessuna nel centro medico, che però è completamente inutilizzabile per via della distruzione di tutti gli impianti e macchinari.  
*Struttura in c.a. a setti.*

*A parità di scossa dal terreno sottostante, ogni struttura si comporta in maniera differente. Fondamentale è la tipologia di elementi resistenti e la loro geometria.*



Il **fattore di struttura "q"** tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica di una struttura.

Si passa dallo Spettro Elastico ( $S_e$ ) allo Spettro di Progetto ( $S_d$ ) riducendo le ordinate del fattore **1/q**.

Il **fattore di struttura "q"** può assumere i seguenti valori:

- Per edifici in c.a. da 5,85 a 1,5
- Per edifici prefabbricati da 4 a 2
- Per edifici in acciaio da 6,5 a 2
- Per edifici in legno da 5 a 2
- Per edifici in muratura ordinaria da 3,6 a 2
- Per edifici in muratura armata da 5,4 a 2,5
- Per edifici ESISTENTI in muratura da 3 a 1,5

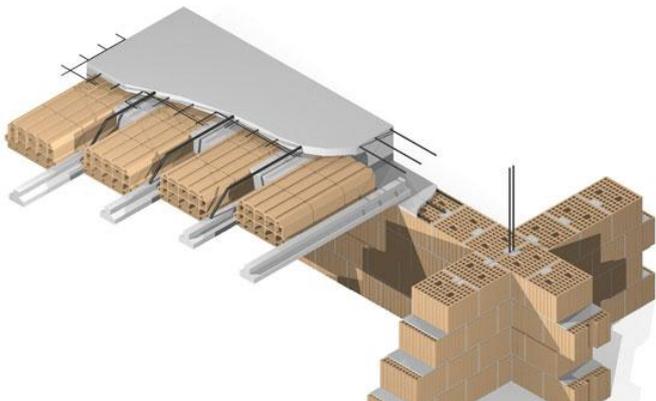
E' un procedimento semplificato che viene offerto dalla normativa per determinare gli spettri di progetto; viene definito in funzione dei materiali e delle tipologie strutturali e tiene conto tra l'altro:

- della dissipazione di energia anelastica
- della redistribuzione delle tensioni
- della perdita di energia dovuta alla diffusione dello smorzamento nel terreno di fondazione.



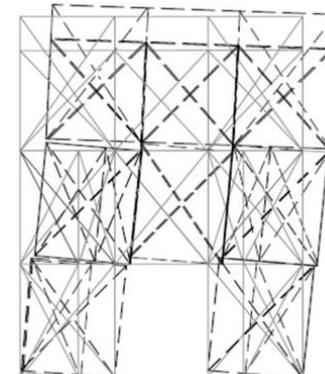
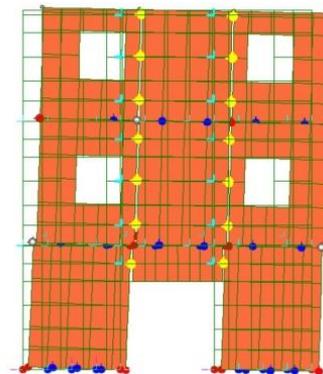
# ● L'AZIONE SISMICA

## Dall'azione sismica alle sollecitazioni



Verifica di ogni elemento che compone la struttura. **La Resistenza di progetto deve essere almeno pari all'effetto delle azioni (sollecitazione).**

$$R_d \geq E_d$$



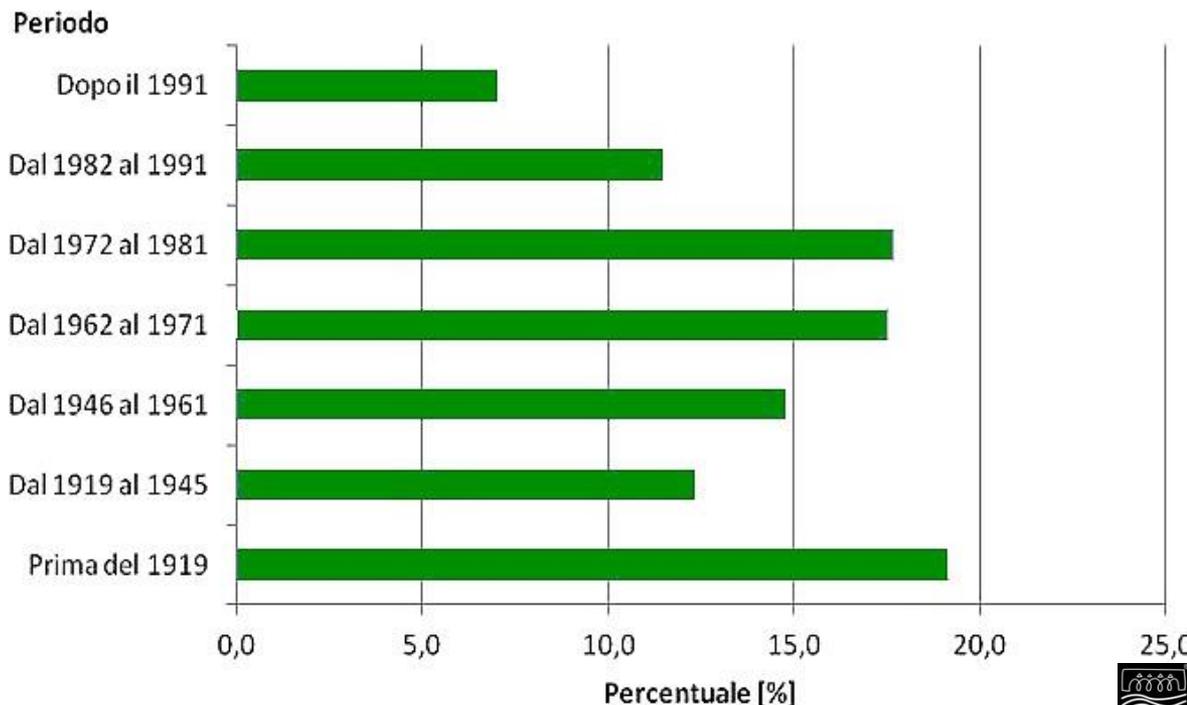
[ Cap. 8.1 NTC2008 ]

È definita **costruzione esistente** quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, la struttura completamente realizzata.

In questa fattispecie, **per costruzione di c.a. e di acciaio** con struttura completamente realizzata si intende quella per cui, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, **sia stata redatta la relazione a struttura ultimata ai sensi dell'art. 65 del D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380**. **Per edifici in muratura** con struttura completamente realizzata si intende quella per cui, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, **sia stato redatto il certificato di collaudo statico ai sensi del Cap.4 del D.M. 20 novembre 1987 o ai sensi delle NTC**.



### Patrimonio edilizio esistente



# ● CONOSCENZA dell'edificio

# Normativa tecnica ed edifici esistenti



# ● CONOSCENZA dell'edificio

I materiali

**Muratura**

Edifici esistenti



Ingegneria delle Strutture

Andrea Barocci

[www.ingegneriadellestrutture.it](http://www.ingegneriadellestrutture.it)



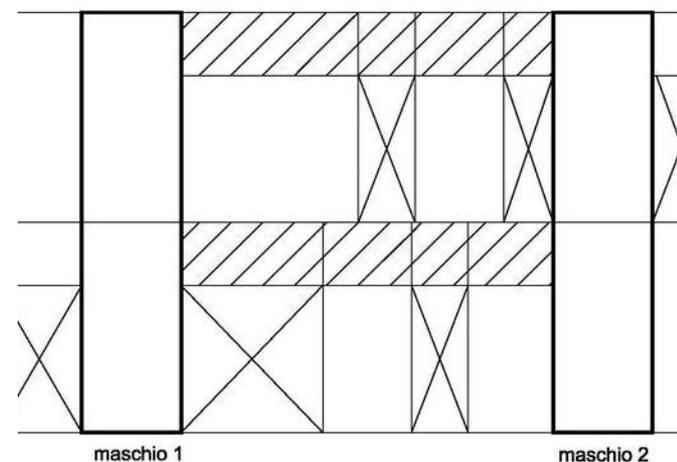
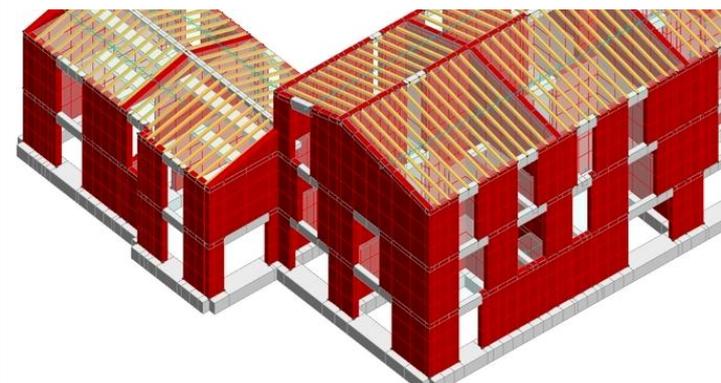
# ● CONOSCENZA dell'edificio

| Tipologia di muratura   | $f_m$<br>(N/cm <sup>2</sup> ) | $\tau_0$<br>(N/cm <sup>2</sup> ) | E<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | G<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | w<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|---|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | Min-max                       | Min-max                          | Min-max                   | Min-max                   |                           |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)                  | 100<br>180                    | 2,0<br>3,2                       | 690<br>1050               | 230<br>350                | 19                        |
| Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno              | 200<br>300                    | 3,5<br>5,1                       | 1020<br>1440              | 340<br>480                | 20                        |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura   | 260<br>380                    | 5,6<br>7,4                       | 1500<br>1980              | 500<br>660                | 21                        |
| Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)                                 | 140<br>240                    | 2,8<br>4,2                       | 900<br>1260               | 300<br>420                | 16                        |
| Muratura a blocchi lapidei quadrati   | 600<br>800                    | 9,0<br>12,0                      | 2400<br>3200              | 780<br>940                | 22                        |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce  | 240<br>400                    | 6,0<br>9,2                       | 1200<br>1800              | 400<br>600                | 18                        |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)         | 500<br>800                    | 24<br>32                         | 3500<br>5600              | 875<br>1400               | 15                        |
| Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)                               | 400<br>600                    | 30,0<br>40,0                     | 3600<br>5400              | 1080<br>1620              | 12                        |
| Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%) | 300<br>400                    | 10,0<br>13,0                     | 2700<br>3600              | 810<br>1080               | 11                        |
| Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)        | 150<br>200                    | 9,5<br>12,5                      | 1200<br>1600              | 300<br>400                | 12                        |
| Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)                              | 300<br>440                    | 18,0<br>24,0                     | 2400<br>3520              | 600<br>880                | 14                        |

La corretta caratterizzazione del materiale è fondamentale per la modellazione e le verifiche di qualsiasi elemento strutturale.

Circ. n° 617 C.S.LL.PP. 02/02/2009

Tab. C8.A.2



# ● CONOSCENZA dell'edificio

I materiali

Muratura

Le prove in opera



Ingegneria delle Strutture

Andrea Barocci

[www.ingegneriadellestrutture.it](http://www.ingegneriadellestrutture.it)



# ● CONOSCENZA dell'edificio

I materiali

Muratura

Keep calm ...



Ingegneria delle Strutture

Andrea Barocci

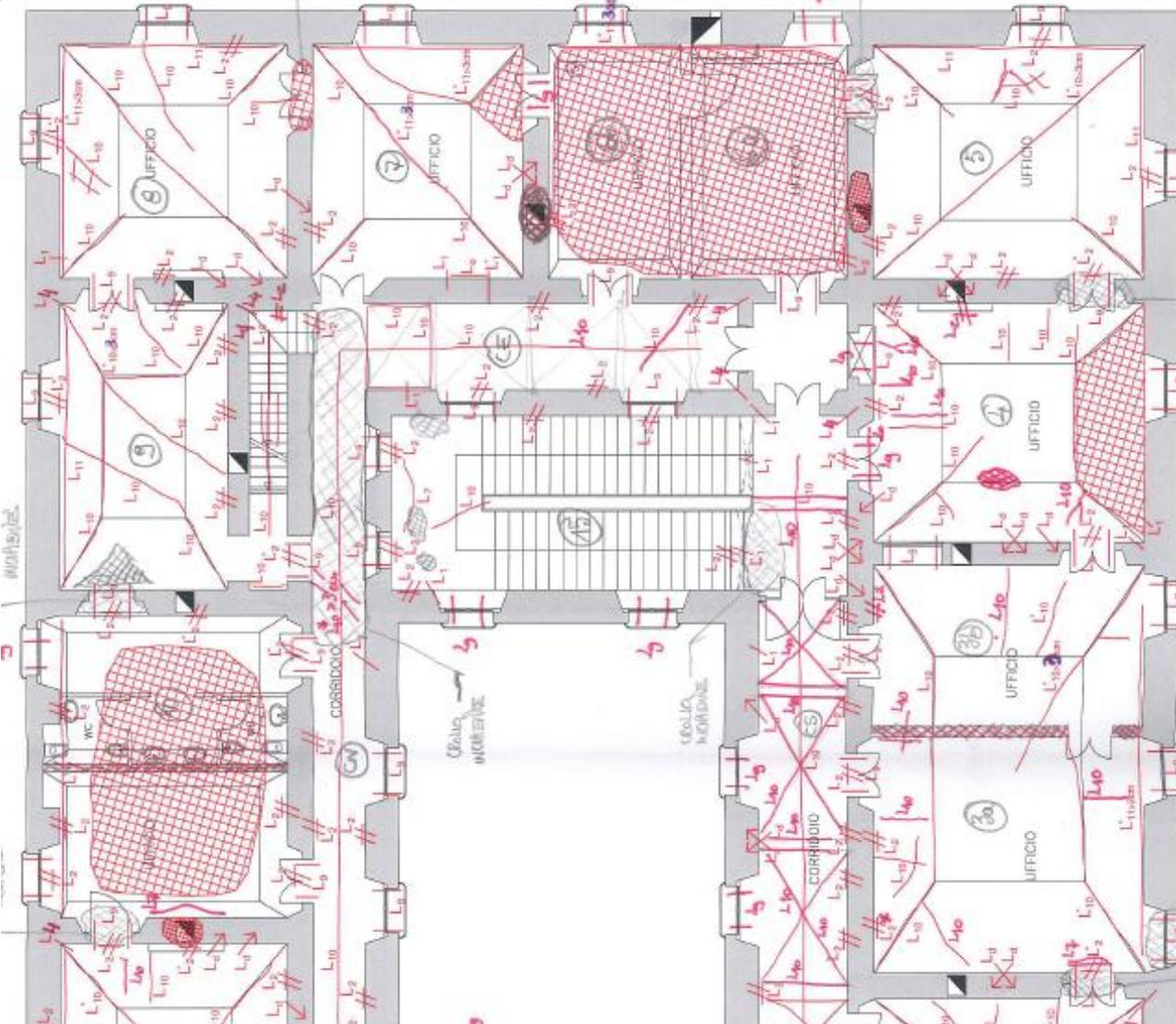
[www.ingegneriadellestrutture.it](http://www.ingegneriadellestrutture.it)



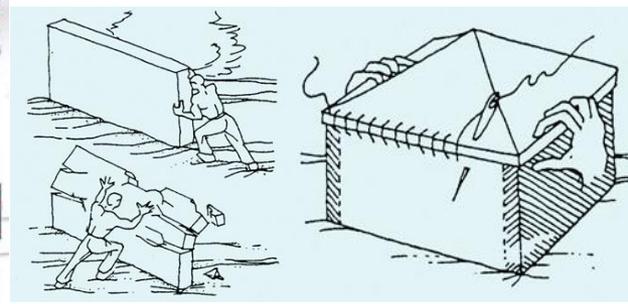
# ● CONOSCENZA dell'edificio

# Il Rilievo Strutturale

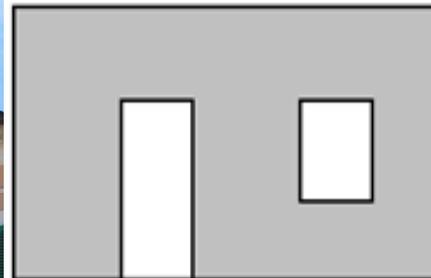
## Rilievo e comportamento dell'edificio



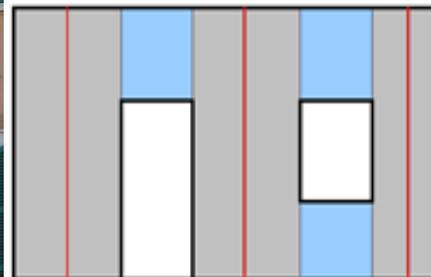
| RILIEVO STRUTTURALE DELLO STATO DI FATTO |   |  |                                |                  |
|--|---|--|--------------------------------|------------------|
| P  | PARETI                                  | O SOLAI E COPERTURE                      | A ARCHITRAVI E VOLTE           |                  |
| <b>PARETI IN PIETRA</b>                  |   | <b>ORIZZONTAMENTI SOLAI E COPERTURE</b>  |                                |                  |
| P <sub>1</sub>                           | ciottoli o pietrame sbozzato            | O <sub>1a</sub> legno                    | A <sub>1</sub> pietra          |                  |
| P <sub>2</sub>                           | pietra squadrata                        | O <sub>1b</sub> legno e laterizio        | A <sub>2</sub> laterizio       |                  |
| P <sub>3</sub>                           | a sacco                                 | O <sub>2</sub> laterizio c.a.            | A <sub>3</sub> c.a.            |                  |
| P <sub>4</sub>                           | pietrame a doppio paramento non colleg. | O <sub>3</sub> c.a.                      | A <sub>4</sub> legno           |                  |
| <b>PARETI IN MURATURA MISTA</b>          |   | O <sub>4</sub> acciaio + lam. grecata    | A <sub>5</sub> volta in pietra |                  |
| P <sub>5</sub>                           | pietra laterizio                        | O <sub>5</sub> acciaio later.            | A <sub>6</sub> volta in lat.   |                  |
| P <sub>6</sub>                           | pietra cls                              | O <sub>6</sub> acciaio e volte in later. | A <sub>7</sub> volta in c.i.s. |                  |
| P <sub>7</sub>                           | laterizio cls                           | O <sub>7</sub> volta in later.           | <b>L LESIONI</b>               |                  |
| <b>PARETI IN BLOCCHI cls</b>             |   | O <sub>8</sub> volta in pietra           | L <sub>1</sub> isolata         | <br><br><br>     |
| P <sub>8</sub>                           | pieno                                   | O <sub>9</sub> volta in c.a.             | L <sub>2</sub> diffusa grave   |                  |
| P <sub>9</sub>                           | forato                                  | O <sub>10</sub> volta in legno           | L <sub>3</sub> a croce         |                  |
| P <sub>10</sub>                          | semp. armato                            | O <sub>11</sub> capriata in legno        | L <sub>4</sub> cantonale       |                  |
| <b>PARETI IN LATERIZIO</b>               |   | O <sub>12</sub> capriata in acciaio      | L <sub>5</sub> schiacciamento  | <br><br><br>     |
| P <sub>11</sub>                          | mattoni pieni a una testa               | <b>T TRAVI</b>                           |                                |                  |
| P <sub>12</sub>                          | mattoni pieni a due teste               | T <sub>1</sub> legno                     | L <sub>6</sub> incrocio        |                  |
| P <sub>13</sub>                          | semipieno                               | T <sub>2</sub> ferro                     | L <sub>7</sub> strapiombo      |                  |
| P <sub>14</sub>                          | mattonne forate                         | T <sub>3</sub> c.a.-lateriz.             | L <sub>8</sub> crollo          | <br><br><br><br> |
| P <sub>15</sub>                          | laterizio a 3 o 6 fori                  | T <sub>4</sub> c.a.pref.                 | L <sub>9</sub> architrave      |                  |
| <b>PARETI IN MATER.DIVERSI</b>           |   | <b>S SCALE</b>                           |                                |                  |
| P <sub>16</sub>                          | pareti in legno                         | S <sub>1</sub> legno                     | L <sub>10</sub> a soffitto     |                  |
| P <sub>17</sub>                          | pareti in tufo                          | S <sub>2</sub> ferro e laterizio         | L <sub>11</sub> a pavimento    |                  |
|  |   | S <sub>3</sub> ferro                     | Lo orizzontale                 |                  |



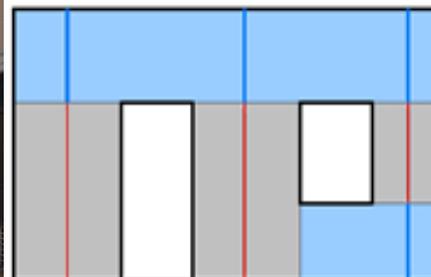
# ● CONOSCENZA dell'edificio



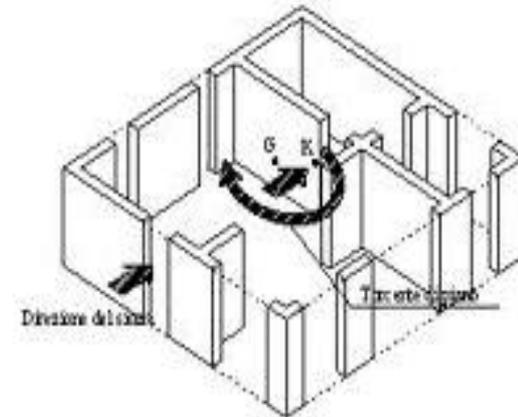
PARETE CON APERTURE



MODELLAZIONE PARETE SENZA FASCE DI PIANC



MODELLAZIONE PARETE CON ZONE RIGIDE  
COINCIDENTI PANNELLI DI NODO



# ● CONOSCENZA dell'edificio

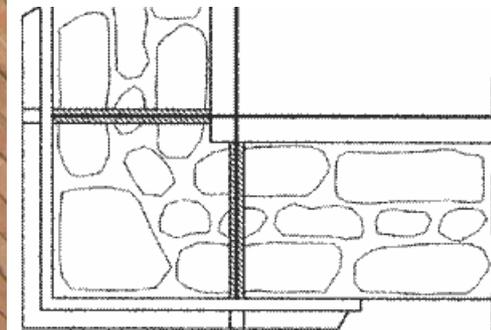
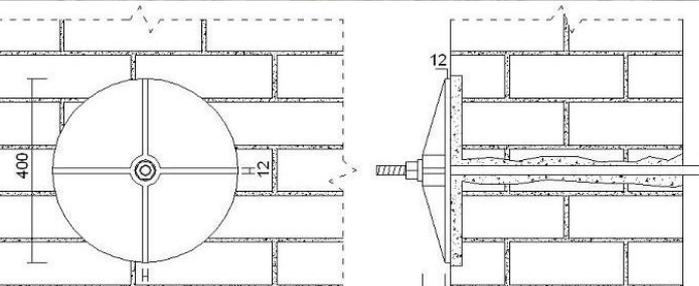
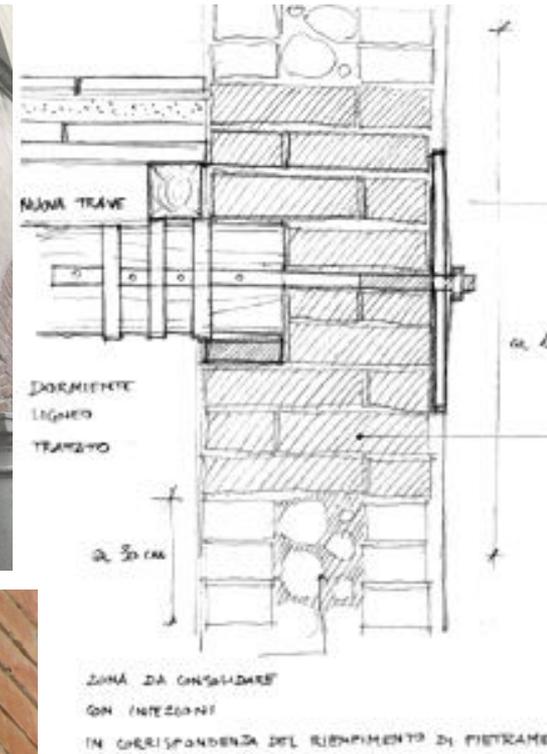
## Il Rilievo Strutturale I Solai e le Coperture



# ● CONOSCENZA dell'edificio

## Il Rilievo Strutturale

### Le Catene



Ingegneria delle Strutture

Andrea Barocci

[www.ingegneriadellestrutture.it](http://www.ingegneriadellestrutture.it)



# ● CONOSCENZA dell'edificio

## Il Rilievo Strutturale

Varie ...



Ingegneria delle Strutture

Andrea Barocci

[www.ingegneriadellestrutture.it](http://www.ingegneriadellestrutture.it)

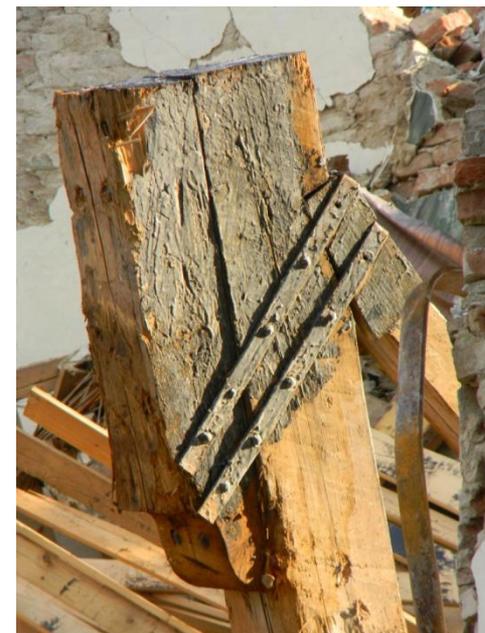
# ● CONOSCENZA dell'edificio

## Il Rilievo Strutturale

Varie ...



# ● CONOSCENZA dell'edificio



# ● Incidenza delle VARIABILI

# Ambiti di “discrezionalità normativa”

Verifica di ogni elemento che compone la struttura. **La Resistenza di progetto deve essere almeno pari all'effetto delle azioni (sollecitazione).**

$$R_d \geq E_d$$

## MATERIALI

| Tipologia di muratura   | $f_m$<br>(N/cm <sup>2</sup> ) | $\tau_0$<br>(N/cm <sup>2</sup> ) | E<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | G<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | w<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|---|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | Min-max                       | Min-max                          | Min-max                   | Min-max                   |                           |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)                  | 100<br>180                    | 2,0<br>3,2                       | 690<br>1050               | 230<br>350                | 19                        |
| Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno              | 200<br>300                    | 3,5<br>5,1                       | 1020<br>1440              | 340<br>480                | 20                        |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura   | 260<br>380                    | 5,6<br>7,4                       | 1500<br>1980              | 500<br>660                | 21                        |
| Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)                                 | 140<br>240                    | 2,8<br>4,2                       | 900<br>1260               | 300<br>420                | 16                        |
| Muratura a blocchi lapidei squadri  | 600<br>800                    | 9,0<br>12,0                      | 2400<br>3200              | 780<br>940                | 22                        |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce  | 240<br>400                    | 6,0<br>9,2                       | 1200<br>1800              | 400<br>600                | 18                        |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)         | 500<br>800                    | 24<br>32                         | 3500<br>5600              | 875<br>1400               | 15                        |
| Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)                               | 400<br>600                    | 30,0<br>40,0                     | 3600<br>5400              | 1080<br>1620              | 12                        |
| Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%) | 300<br>400                    | 10,0<br>13,0                     | 2700<br>3600              | 810<br>1080               | 11                        |
| Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)        | 150<br>200                    | 9,5<br>12,5                      | 1200<br>1600              | 300<br>400                | 12                        |
| Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)                              | 300<br>440                    | 18,0<br>24,0                     | 2400<br>3520              | 600<br>880                | 14                        |



# ● Incidenza delle VARIABILI

## Microzonazione sismica ed effetti di sito

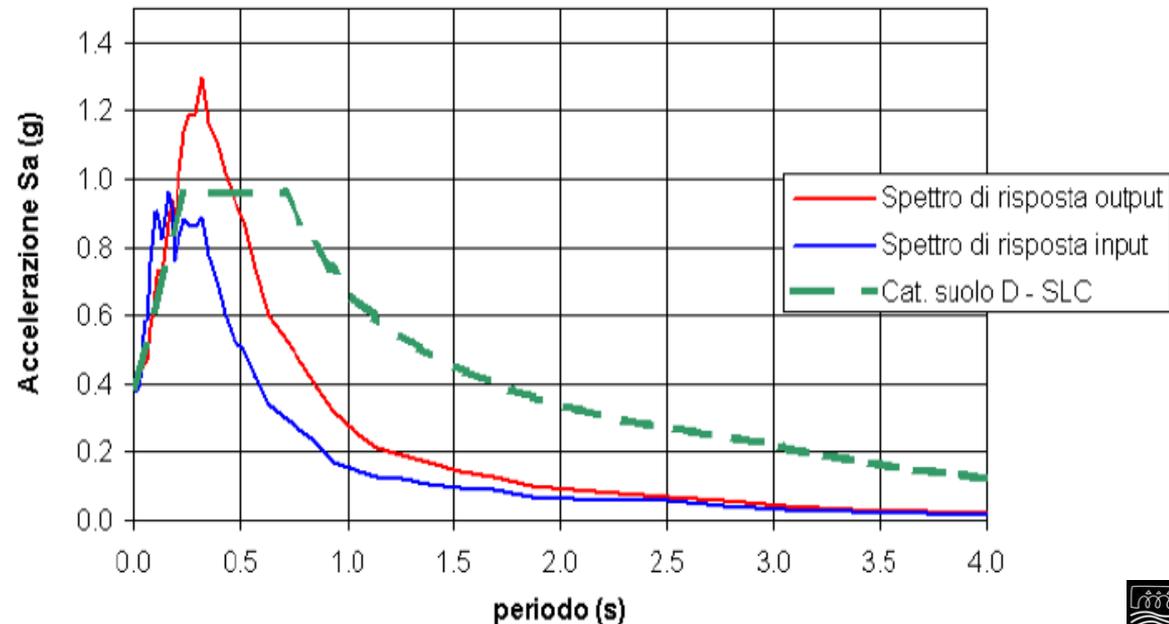
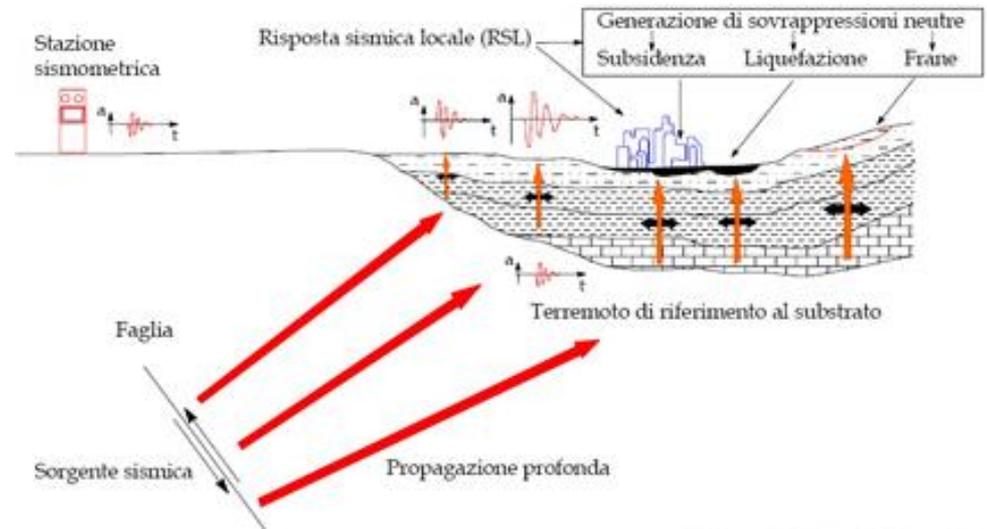
La **microzonazione sismica** è una tecnica di analisi sismica di un territorio che ha lo scopo di riconoscere, ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale), le condizioni geologiche e geomorfologiche locali dell'immediato sottosuolo, che possono alterare più o meno sensibilmente le caratteristiche del movimento sismico atteso generando sollecitazioni tali da produrre deformazioni permanenti e critiche alle costruzioni e alle infrastrutture in loco. In altri termini tale analisi ha l'obiettivo di individuare eventuali effetti di sito a seguito di un sisma.

La microzonazione sismica si contrappone alla macrozonazione sismica la quale suddivide invece un territorio in macrozone di pericolosità sismica numerate da 1 (zone più pericolose) a 4 (zone meno pericolose) che però, data la risoluzione spaziale considerata, non sono in grado di evidenziare gli effetti di sito.

Per **effetti di sito**, o risposta sismica locale, si intendono tutti quegli effetti che un evento sismico produce a scala ristretta, cioè su zone arealmente limitate. Lo studio di questi effetti è l'oggetto della microzonazione sismica. La determinazione dell'azione sismica di progetto può essere effettuata quindi anche mediante **analisi di risposta sismica locale**, permettendo di definire una realistica risposta sismica stratigrafica, in alternativa all'approccio semplificato, basato sulla definizione delle categorie di sottosuolo.

### AZIONI Ed

Variazione MAX rispetto NTC2008: **±30%**



# ● Incidenza delle VARIABILI

### NTC2008 C8A.1.4 COSTRUZIONI IN MURATURA: LIVELLI DI CONOSCENZA

- il livello di conoscenza LC3 si intende raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi, indagini in situ esaustive sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza è FC=1;
- il livello di conoscenza LC2 si intende raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi ed indagini in situ estese sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza è FC=1.2;
- il livello di conoscenza LC1 si intende raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ limitate sui dettagli costruttivi ed indagini in situ limitate sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza è FC=1.35.

| Tipologia di muratura  | $f_m$                | $\tau_0$             | E                    | G                    | w  |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----|
|  | (N/cm <sup>2</sup> ) | (N/cm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) |    |
|  | Min-max              | min-max              | min-max              | min-max              |    |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari) | 100                  | 2,0                  | 690                  | 230                  | 19 |
|  | 180                  | 3,2                  | 1050                 | 350                  |    |
| LC1  | 100                  | 2,0                  | 870                  | 290                  |    |
| LC3  | 180                  | 3,2                  | 1050                 | 350                  |    |
| <i>variazione</i>  | <i>+80%</i>          | <i>+60%</i>          | <i>+20%</i>          | <i>+25%</i>          |    |
| Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)             | 300                  | 18,0                 | 2400                 | 600                  | 14 |
|  | 440                  | 24,0                 | 3520                 | 880                  |    |
| LC1  | 300                  | 18                   | 2400                 | 600                  |    |
| LC3  | 440                  | 24                   | 3520                 | 880                  |    |
| <i>variazione</i>  | <i>+45%</i>          | <i>+35%</i>          | <i>+45%</i>          | <i>+45%</i>          |    |

### RESISTENZE Rd

Variazione MAX rispetto NTC2008: **±44%**

- LC1

○ Resistenze: i minimi degli intervalli riportati in Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione

○ Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta

- LC2

○ Resistenze: medie degli intervalli riportati in Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione

○ Moduli elastici: valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta

- LC3 – caso a), nel caso siano disponibili tre o più valori sperimentali di resistenza

○ Resistenze: media dei risultati delle prove

○ Moduli elastici: media delle prove o valori medi degli intervalli riportati nella Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione

- LC3 – caso b), nel caso siano disponibili due valori sperimentali di resistenza

○ Resistenze: se il valore medio delle resistenze è compreso nell'intervallo riportato nella Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione si assumerà il valore medio dell'intervallo, se è maggiore dell'estremo superiore dell'intervallo si assume quest'ultimo come resistenza, se è inferiore al minimo dell'intervallo, si utilizza come valore medio il valore medio sperimentale

○ Moduli elastici: vale quanto indicato per il caso LC3 – caso a).

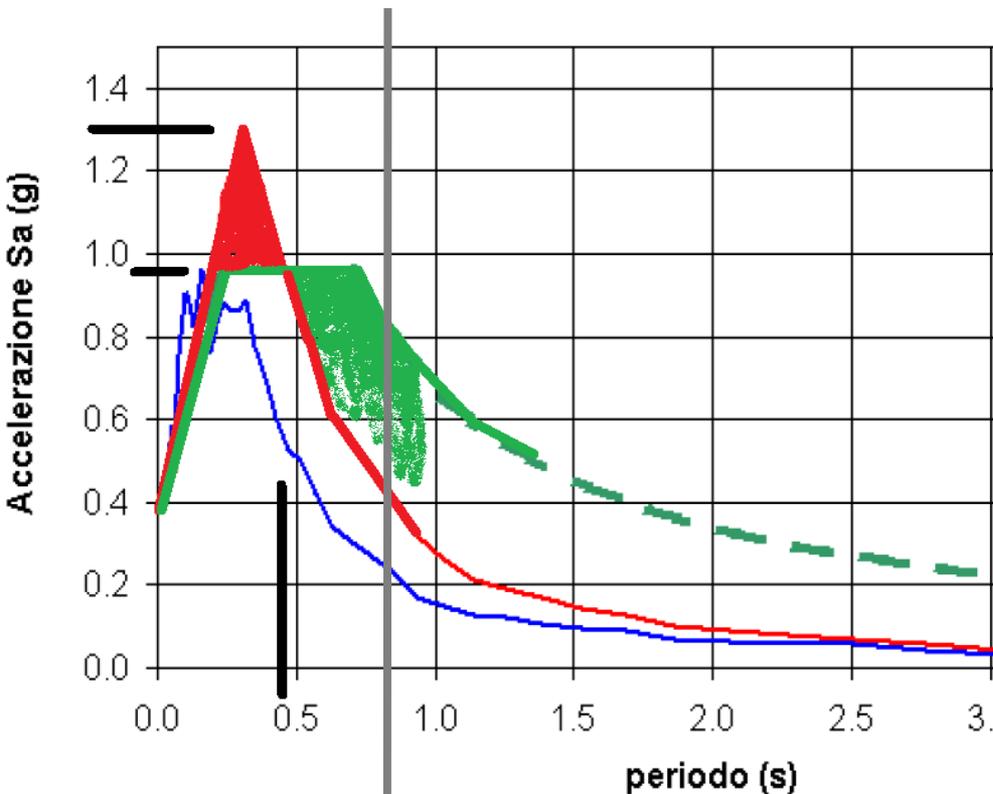
- LC3 – caso c), nel caso sia disponibile un valore sperimentale di resistenza

○ Resistenze: se il valore di resistenza è compreso nell'intervallo riportato nella Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione, oppure superiore, si assume il valore medio dell'intervallo, se il valore di resistenza è inferiore al minimo dell'intervallo, si utilizza come valore medio il valore sperimentale

○ Moduli elastici: vale quanto indicato per il caso LC3 – caso a).

# ● Incidenza delle VARIABILI

Ma soprattutto...



## Per nuove costruzioni

Il dato fornito dall'analisi di Risposta Sismica Locale risulta fondamentale in quanto:

- Permette di conoscere il reale spettro di accelerazione che ecciterà la struttura.
- Sulla base di esso il progettista può effettuare scelte progettuali volte all'ottimizzazione della risposta sismica della struttura.
- Si ha un'ottimizzazione della spesa in funzione delle sicurezza richiesta.

## Per edifici esistenti

Il dato fornito dall'analisi di Risposta Sismica Locale risulta importante in quanto:

- Permette di conoscere il reale spettro di accelerazione che ecciterà la struttura.
- Sulla base di esso il progettista può effettuare scelte progettuali volte all'ottimizzazione della risposta sismica della struttura per un eventuale intervento di miglioramento della stessa.

Risulta in ogni caso fondamentale avere una adeguata conoscenza dell'edificio in quanto:

- Per modellare e calcolare una struttura esistente è necessario fare certe assunzioni che determinano il "coefficiente di struttura" della stessa.
- Per modellare e calcolare una struttura esistente è necessario conoscere approfonditamente i materiali e gli elementi costruttivi che la compongono.

Quanto sopra riportato al fine di collocare quanto più esattamente possibile la struttura sulle ascisse del sito di interesse e, di conseguenza, avere un corretto valore dell'azione sollecitante alla base.

Grazie per l'attenzione!

