

SismaBonus

tecnologie e metodologie per un progetto intelligente

Luigi Petti



LACE
UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

*Un **disastro** può essere definito come la situazione di **crisi sociale** causata dall'impatto sul tessuto antropico, generalmente improvviso, di un **agente fisico**, sia esso **naturale o tecnologico***



Terremoto di Reggio e Messina, 1908



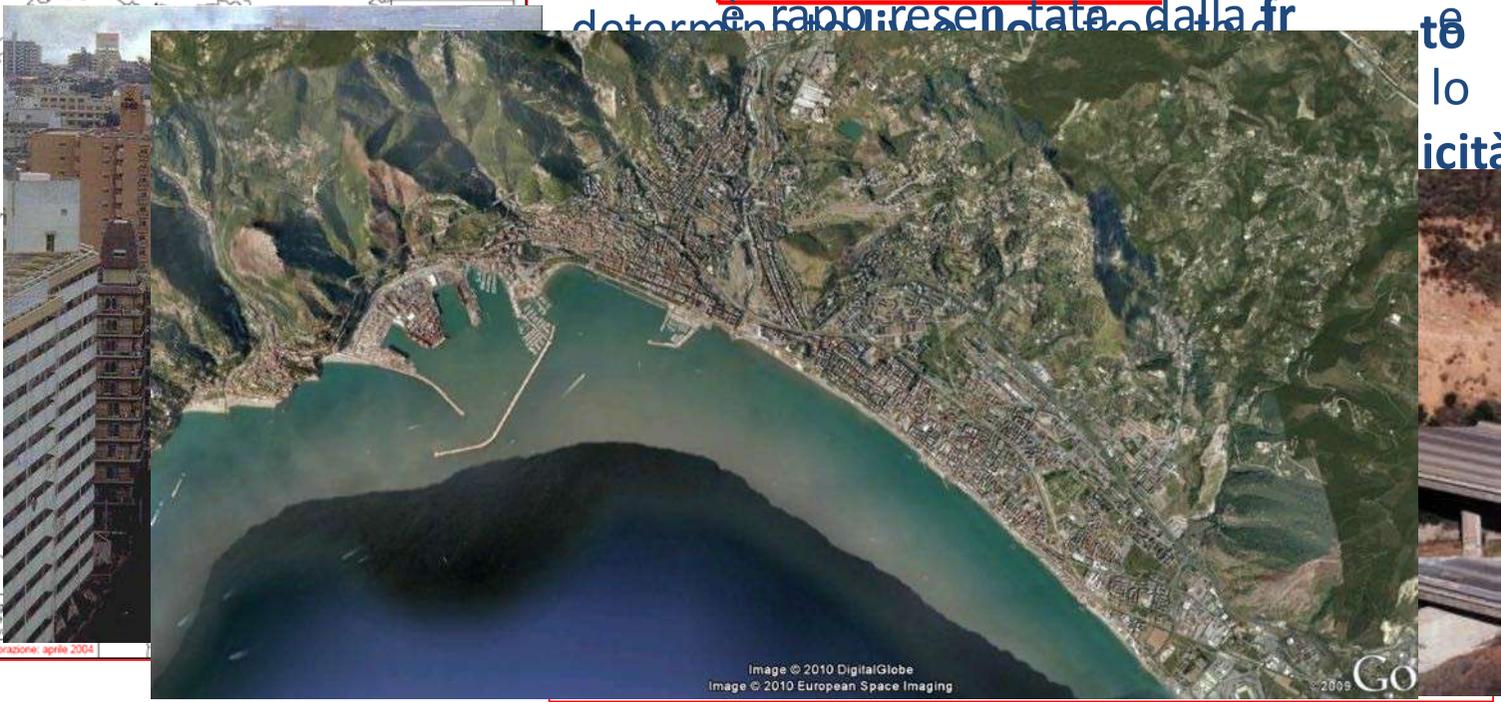
Terremoto dell'Abbruzzo, 2016

IL RISCHIO SISMICO

$$Rischio = f(Pericolosità, Esposizione, Vulnerabilità)$$

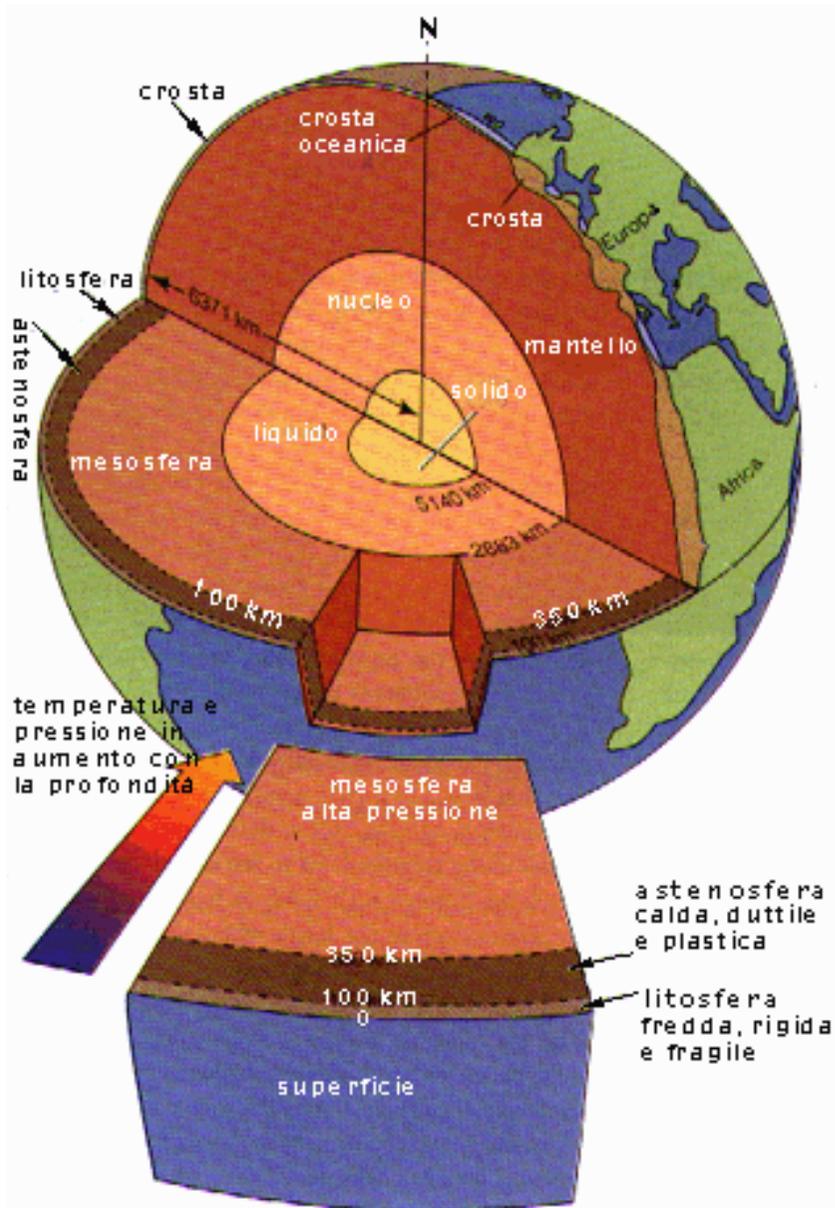
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale
(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b)
 espressa in termini di accelerazione massima del suolo
 con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



Elaborazione aprile 2004

L' **esposizione** è la propensione di una struttura a subire un danno di un determinato livello, e lo è data dal rapporto tra la pericolosità sismica e la vulnerabilità.



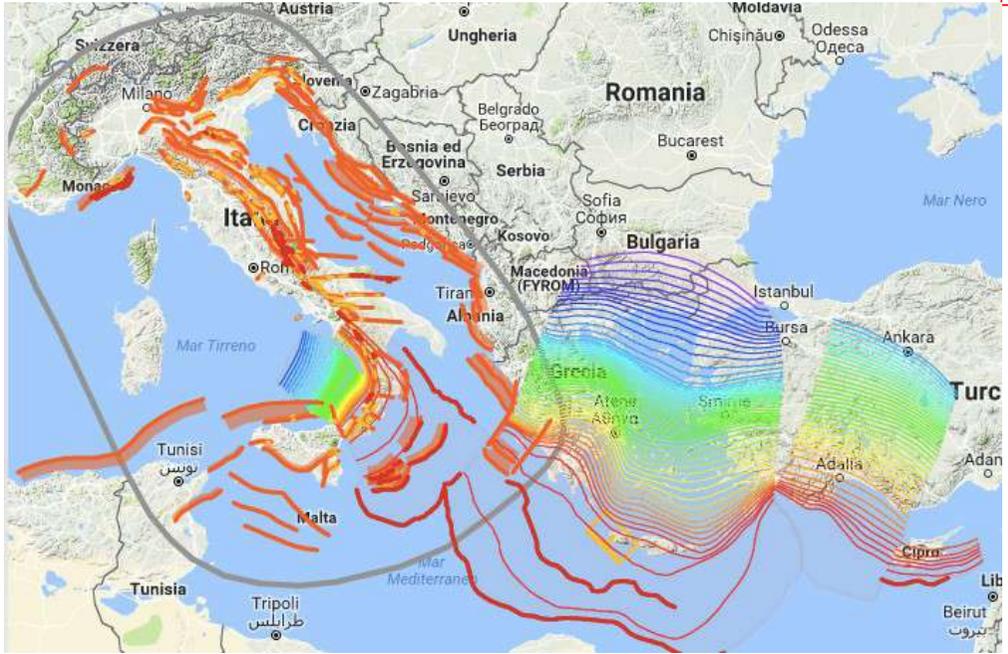
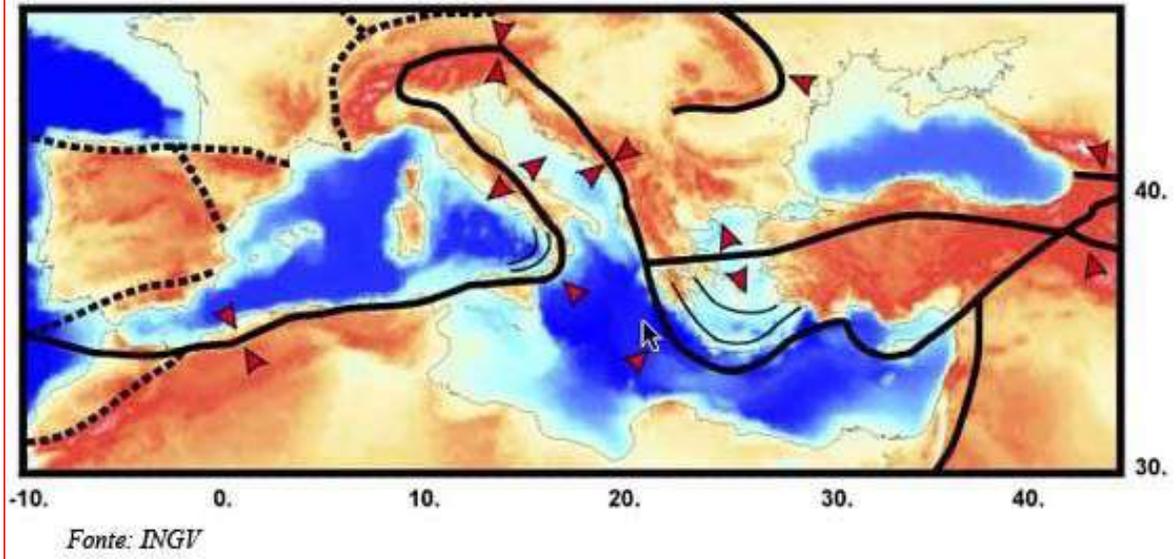
LA PERICOLOSITÀ (SISMICA)

Global Earthquake Animation:
1 January 2001
to
31 December 2015
NOAA/NWS **Pacific Tsunami Warning Center**
data from USGS/NEIC

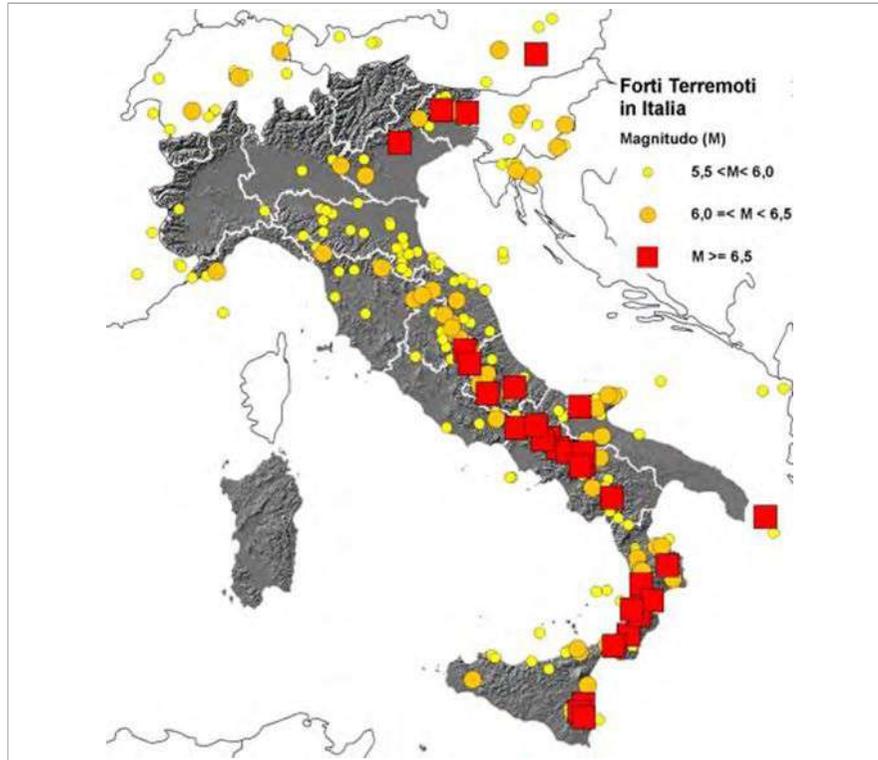


Il mondo in cui viviamo

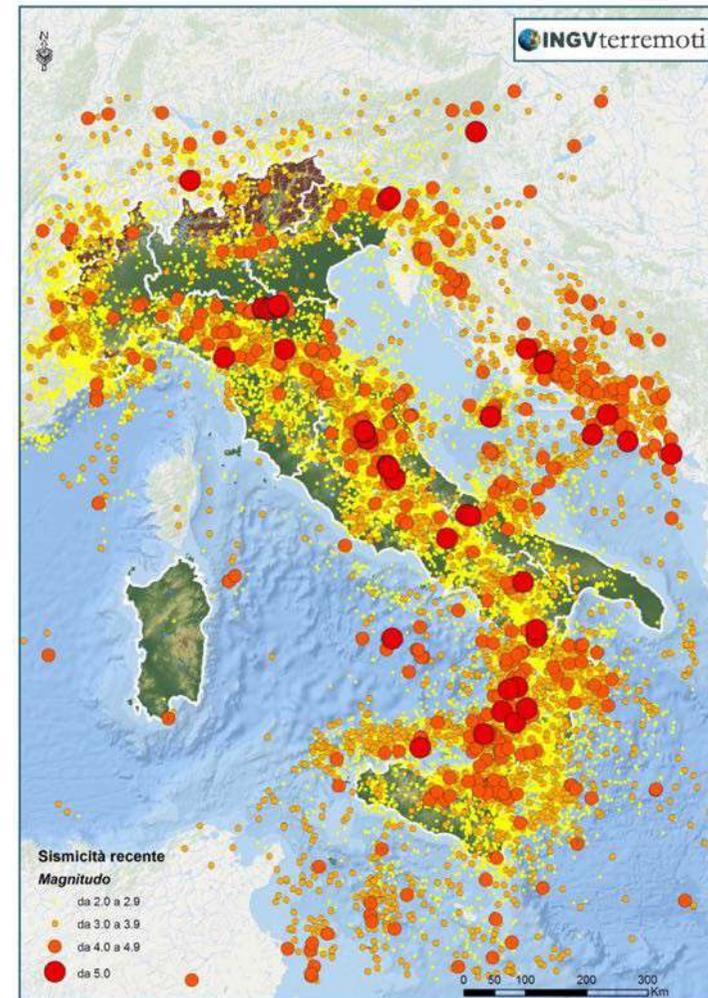
Database DISS



L'area mediterranea



I forti terremoti dal 800 al 2004

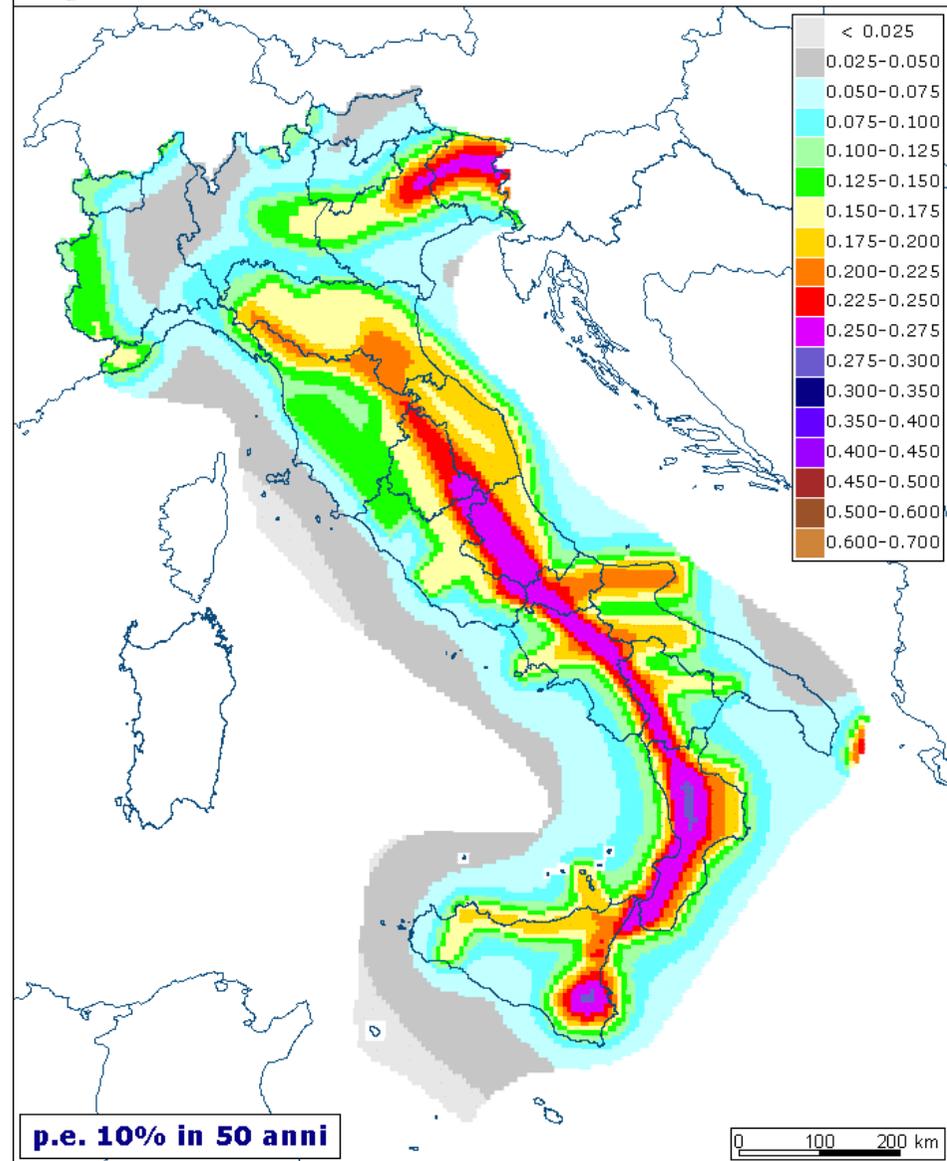


I terremoti dal 1985 al 2014



PREVISIONE

Pericolosità sismica
di riferimento



la previsione
PERIODO DI RITORNO

Il **periodo di ritorno** di un evento è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad una assegnata intensità

PERIODO DI RITORNO

Periodo di Ritorno

$$T_R$$

Probabilità che non si abbia un evento in un anno

$$1 - \frac{1}{T_R}$$

Probabilità che si abbia un evento superiore ad una fissata soglia in un anno

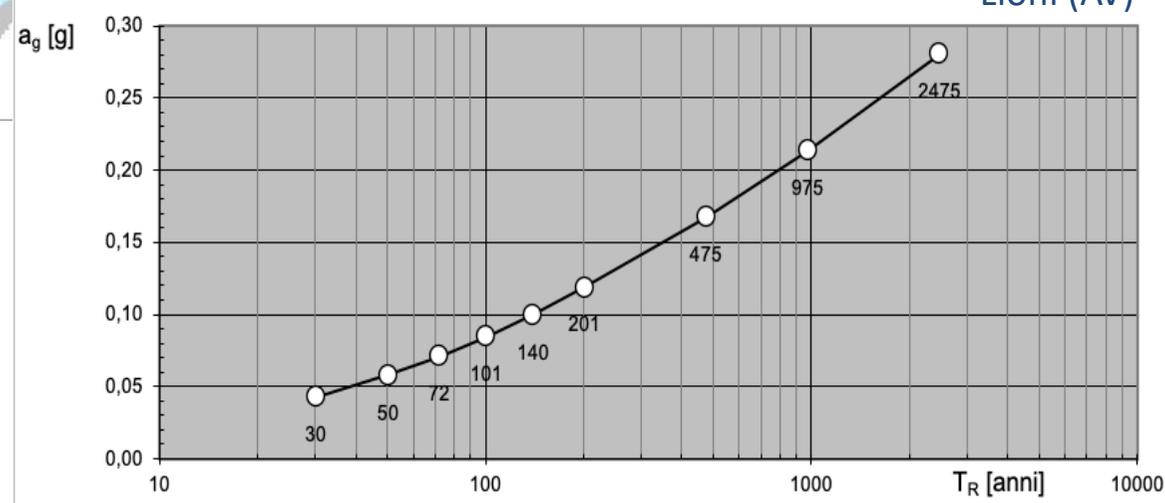
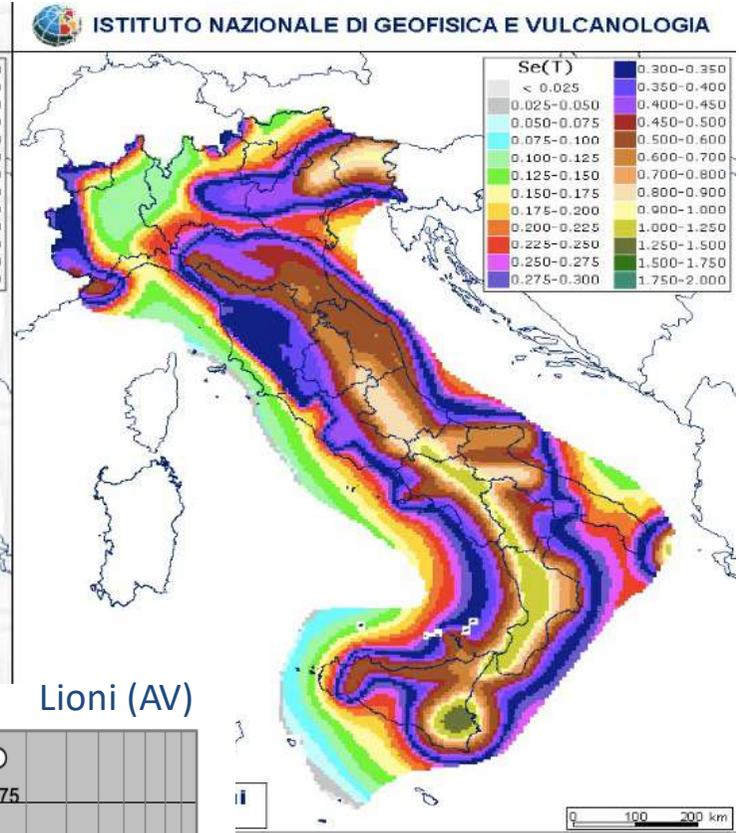
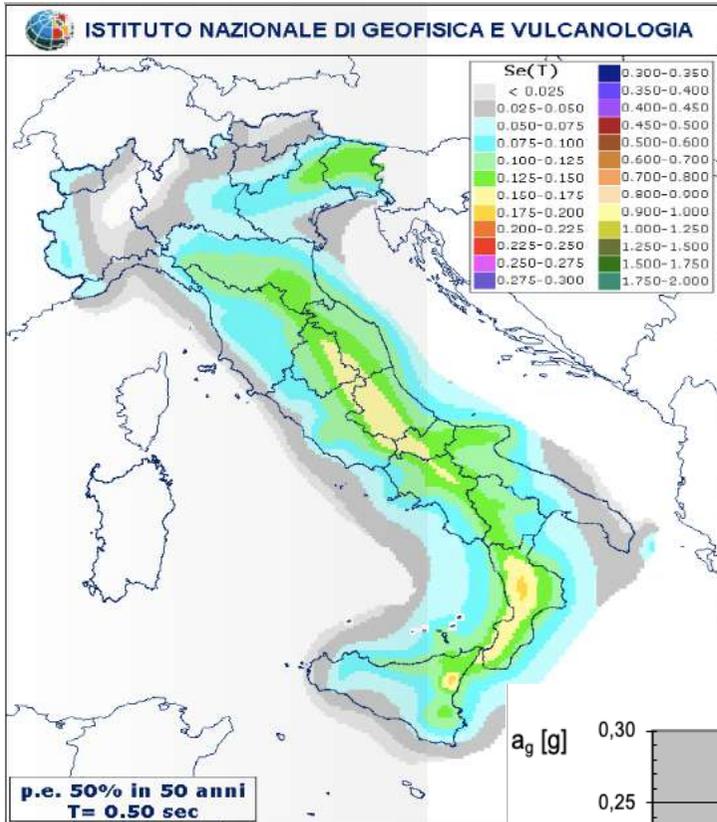
$$\frac{1}{T_R}$$

Probabilità che non si abbia un evento in n anni

$$\left(1 - \frac{1}{T_R} \right)^n$$

Probabilità che si abbia un evento in n anni

$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R} \right)^n$$





VULNERABILITÀ

FATTORI CHE DETERMINANO LA VULNERABILITÀ

NORME – CRITERI DI PROGETTO

SCENARI DI CARICO – AZIONI CONSIDERATE

LIVELLO DI MANUTENZIONE

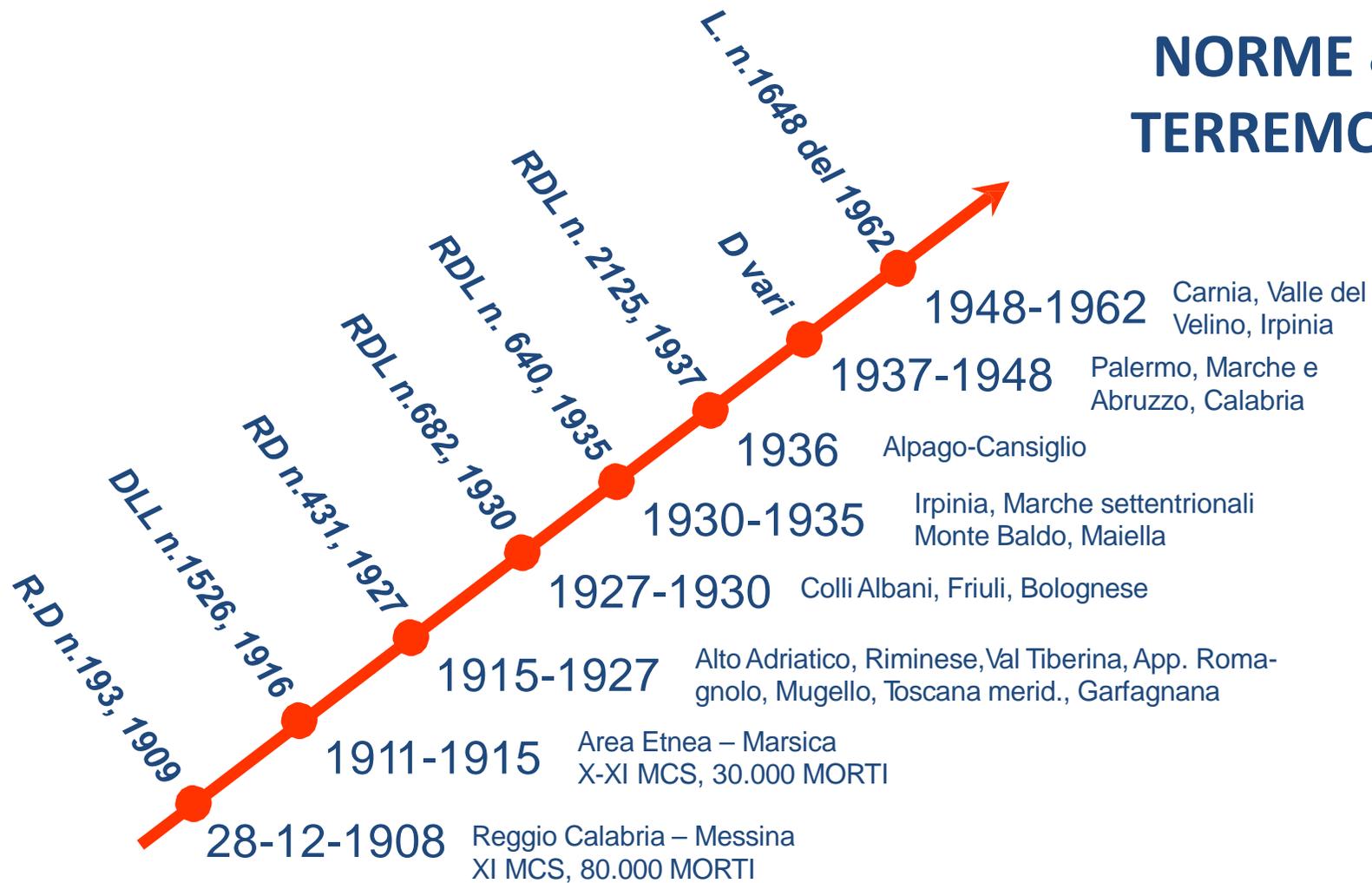
DANNI ACCUMULATI NEL TEMPO

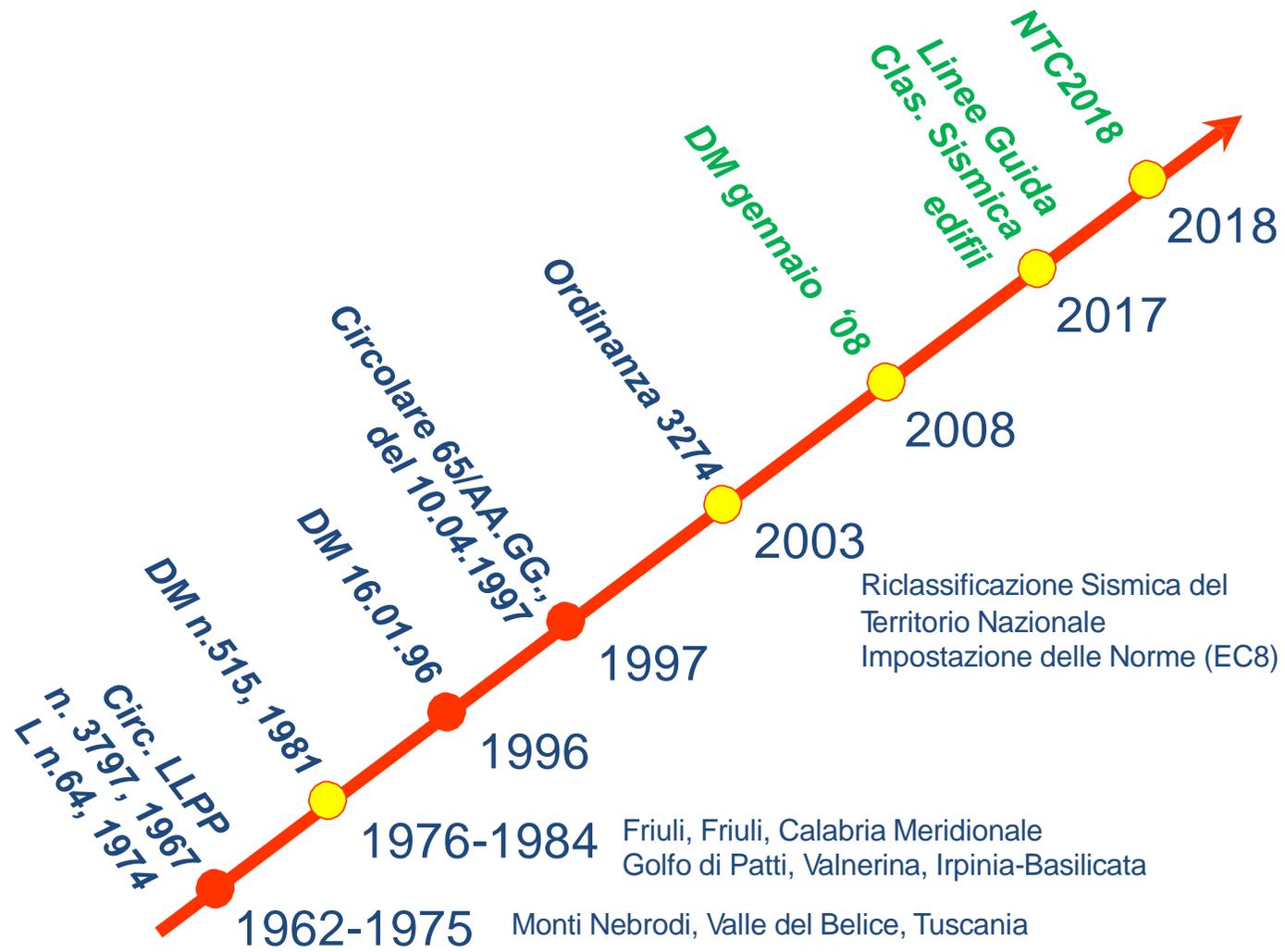
MODIFICHE DELLE CONDIZIONI D'USO – CARICHI

MODIFICHE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO

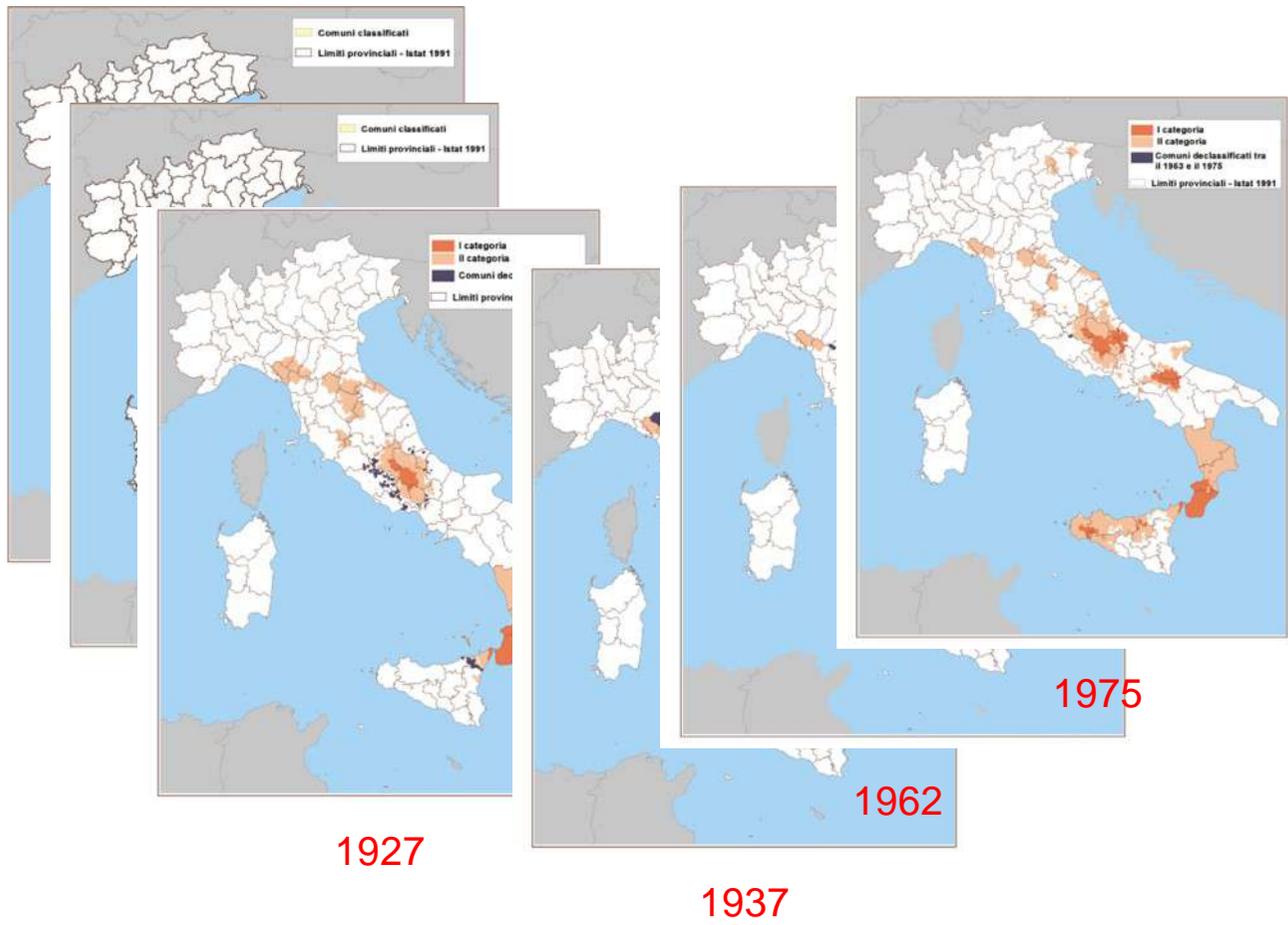
...

NORME & TERREMOTI

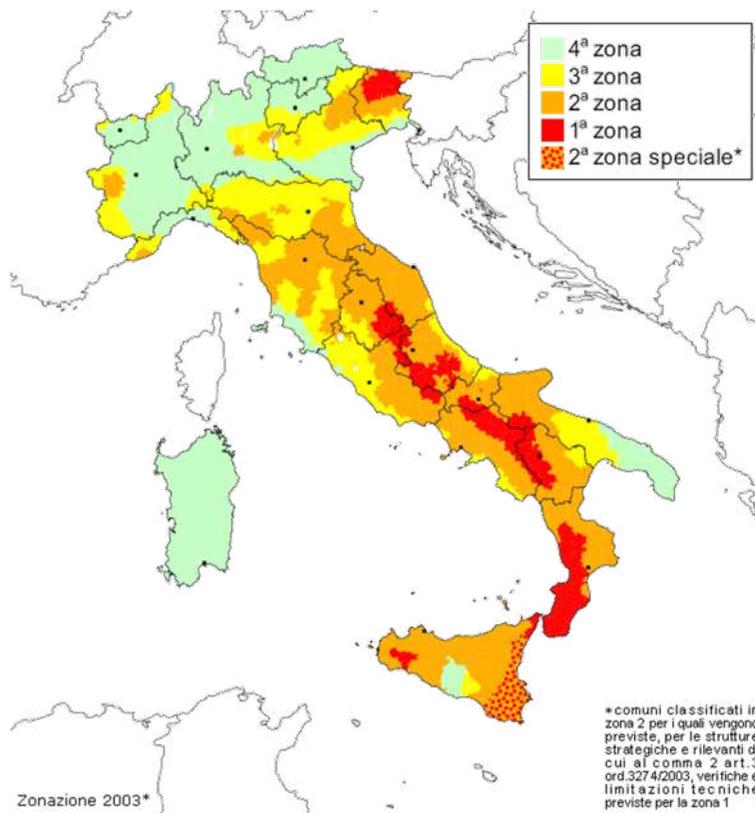




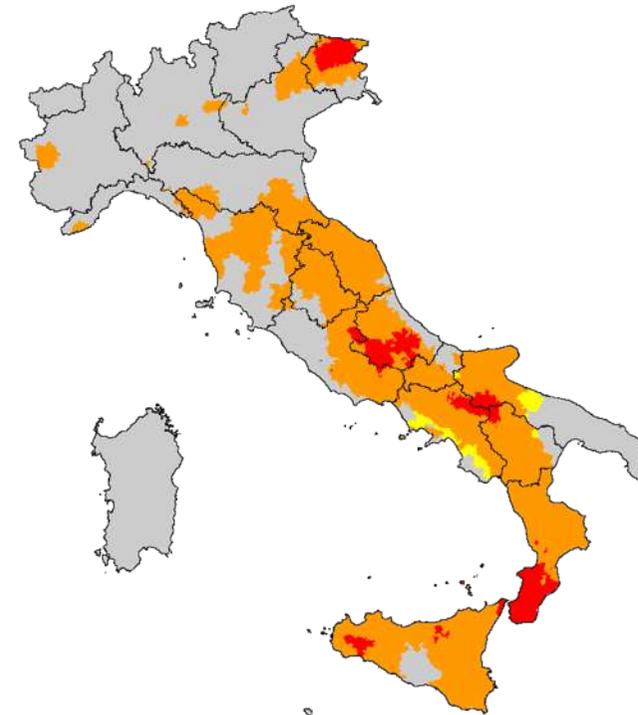
Come cambia la Classificazione



Come cambia la Classificazione

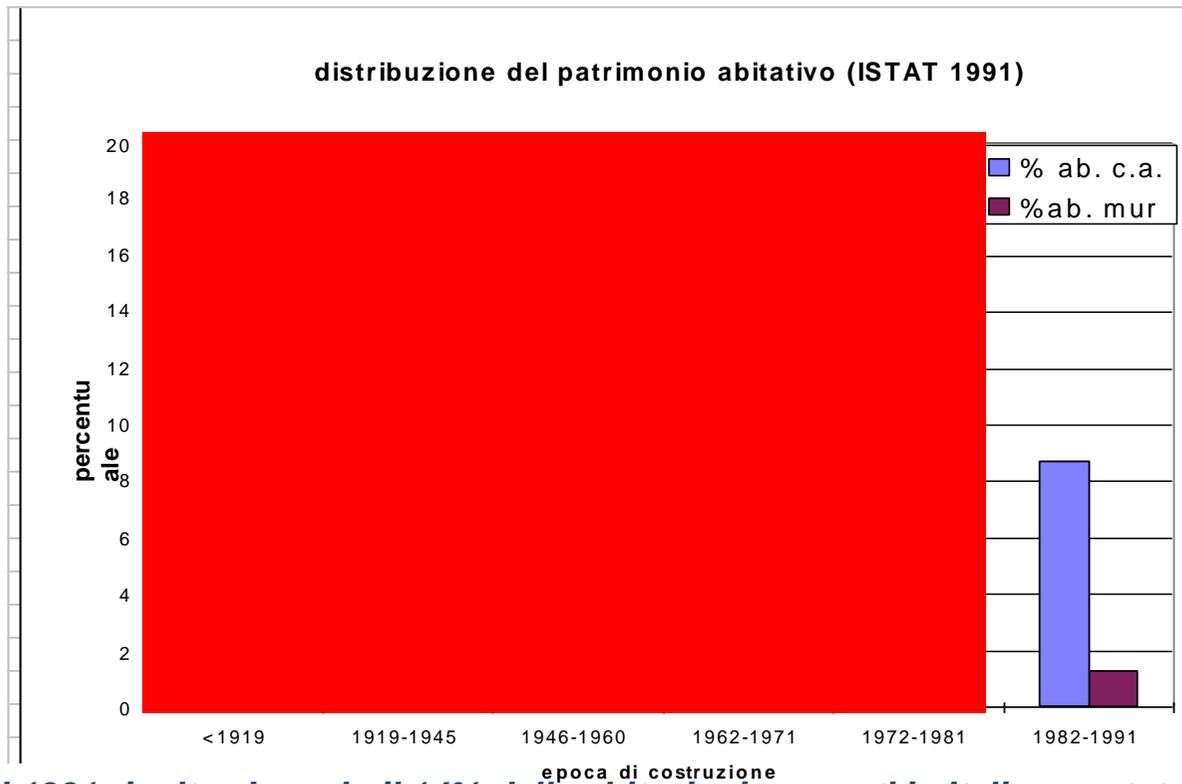


Classificazione al 2003

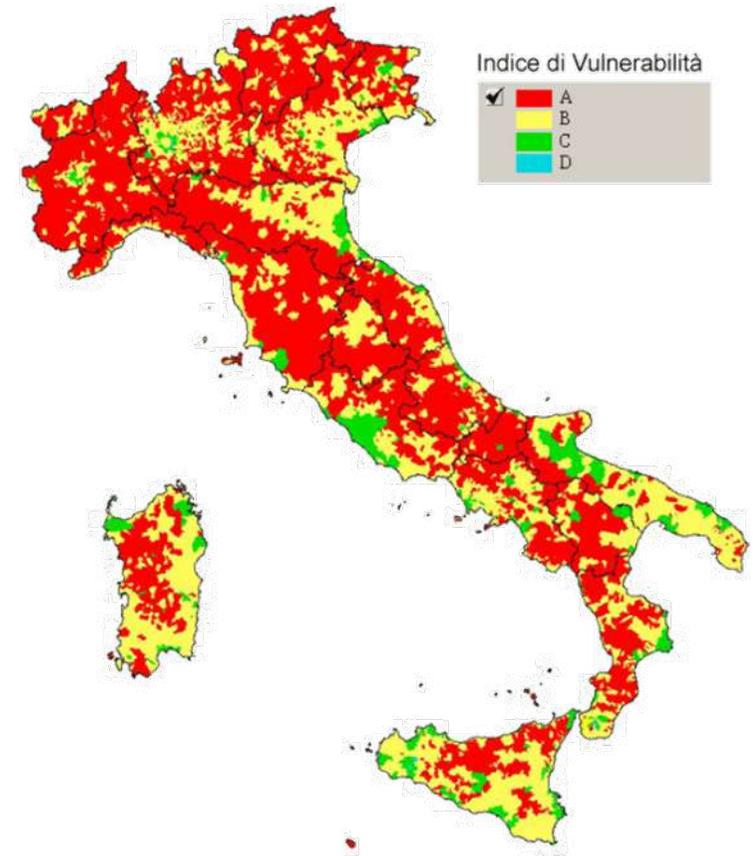


Classificazione pre 2003

Patrimonio Edilizio Residenziale



Al 1991 risulta che solo il 14% delle abitazioni presenti in Italia era stato costruito dopo la classificazione sismica (Fonte SSN)



Vulnerabilità degli edifici

IRREGOLARITÀ



IRREGOLARITÀ



IRREGOLARITÀ DETTAGLI COSTRUTTIVI



DETTAGLI COSTRUTTIVI



DETTAGLI COSTRUTTIVI



INTERAZIONE CON ELEMENTI NON STRUTTURALI



INTERAZIONE CON ELEMENTI NON STRUTTURALI



COMPONENTI VERTICALI



SCARSE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI



MODIFICHE E DANNI PREGRESSI



MODIFICHE E DANNI PREGRESSI



CONDIZIONI AL CONTORNO





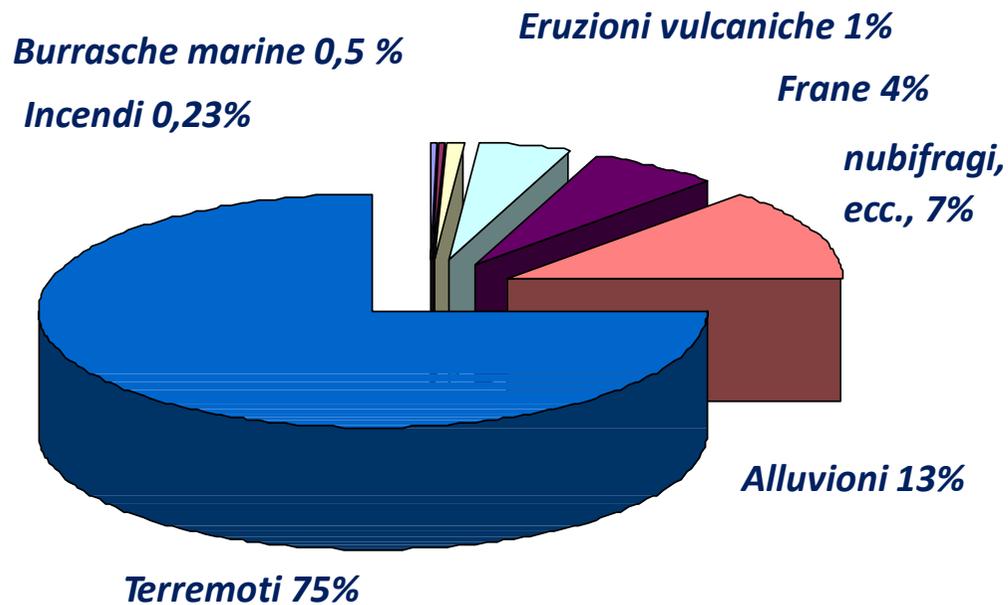
Pericolosità

RISCHIO

Vulnerabilità

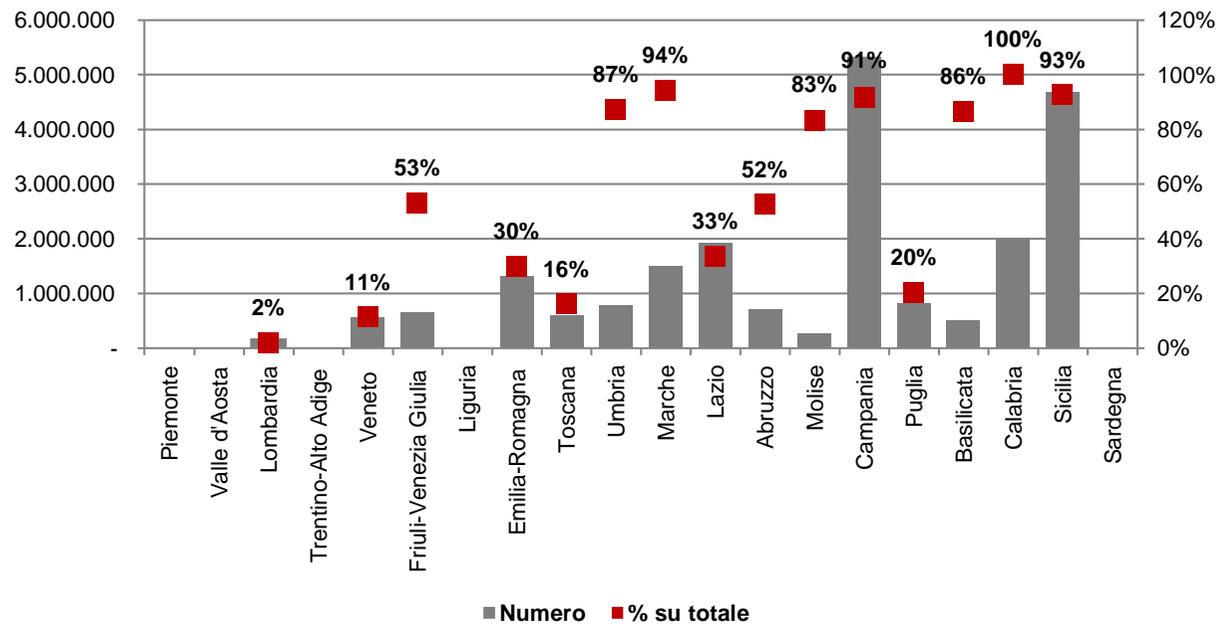
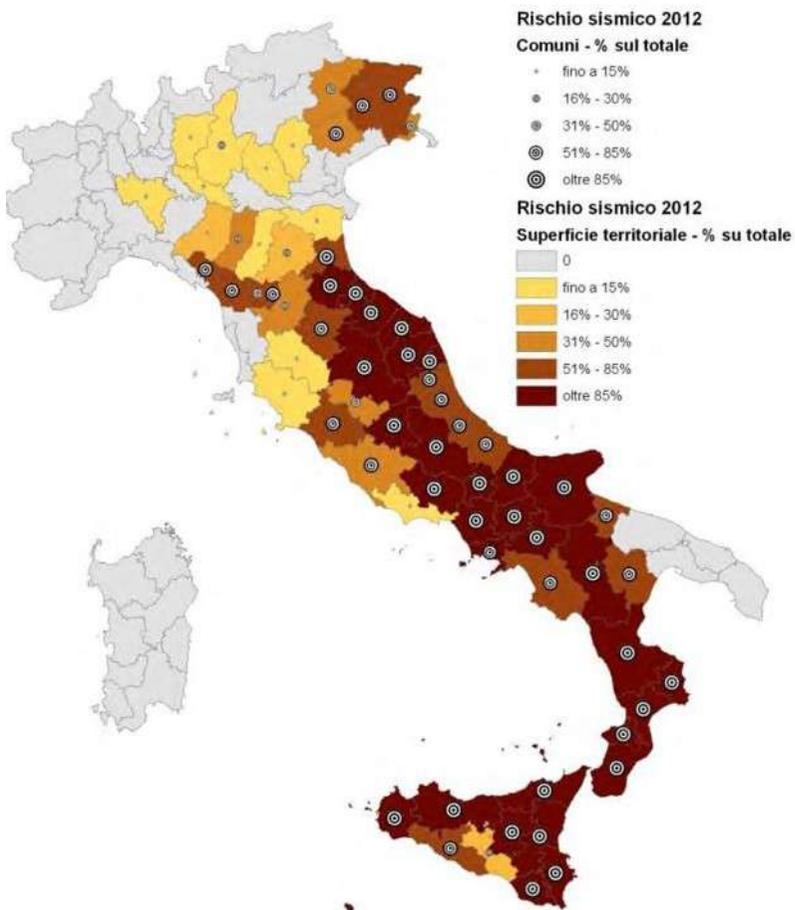
Esposizione

VITTIME - XX SEC



Data	Area epicentrale	Intensità (MCS)	Magnit. (Maw)	Vittime
8 settembre 1905	Calabria	XI	7.1	557
23 ottobre 1907	Calabria meridionale	VIII-IX	5.9	167
28 dicembre 1908	Reggio C. – Messina	XI	7.2	85.926
7 giugno 1910	Irpinia - Basilicata	VIII-IX	5.9	50 ca.
15 ottobre 1911	Area etnea	X	5.3	13
8 maggio 1914	Area etnea	IX	5.3	69
13 gennaio 1915	Abruzzo (Avezzano)	XI	7.0	32.610
26 aprile 1917	Val Tiberina	IX	5.8	20 ca.
29 giugno 1919	Mugello	IX	6.2	100 ca.
7 settembre 1920	Garfagnana	IX-X	6.5	171
27 marzo 1928	Carnia (Friuli)	VIII-IX	5.7	11
23 luglio 1930	Alta Irpinia	X	6.7	1404
30 ottobre 1930	Senigallia	IX	5.9	18
26 settembre 1933	Maiella	VIII-IX	5.7	12
18 ottobre 1936	Veneto-Friuli	IX	5.9	19
21 agosto 1962	Irpinia	IX	6.2	17
15 gennaio 1968	Valle del Belice	X	6.1	296
6 maggio 1976	Friuli	IX-X	6.4	965
23 novembre 1980	Irpinia	X	6.9	2734
26 settembre 1997	Umbrie Marche	VIII-IX	6.1	11

RISCHIO SISMICO



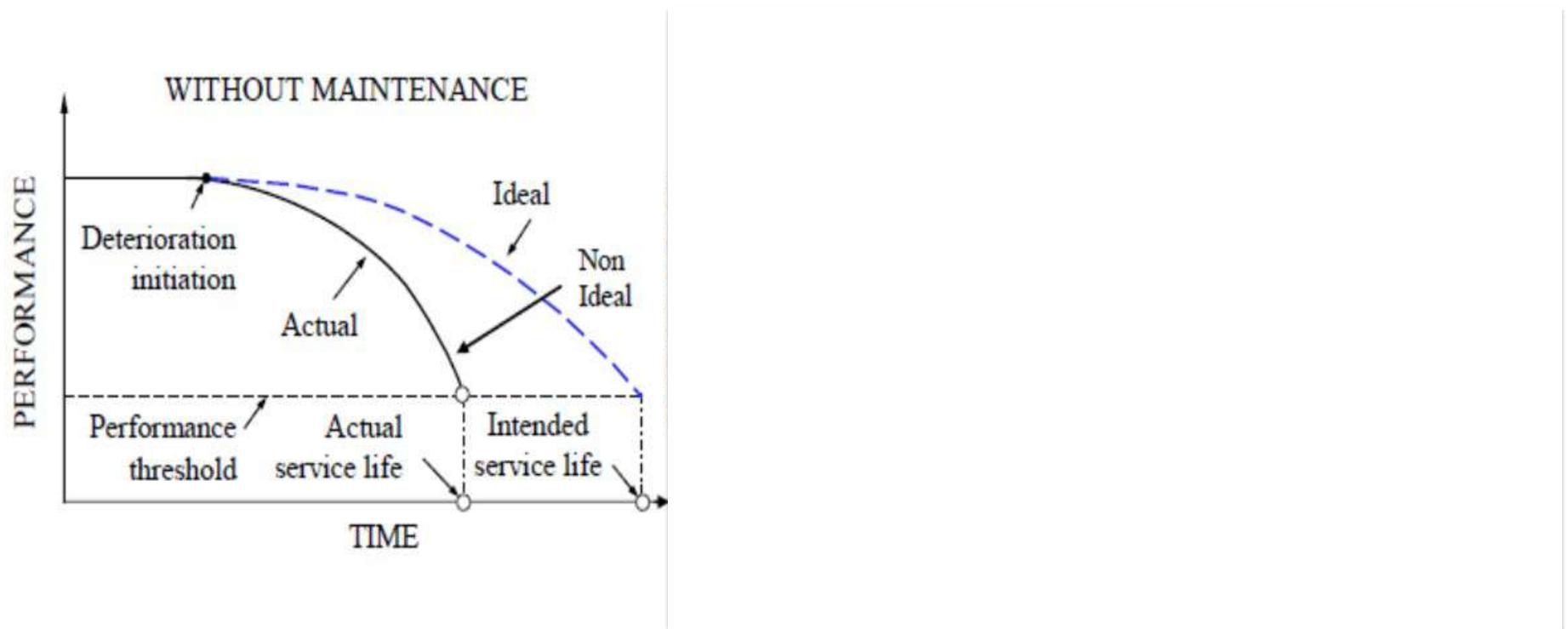
Fonte: elaborazione CRESME su dati ISTAT e Dipartimento di Protezione Civile 2012

SUPER BONUS

misure antisismiche zona 1, 2 e 3				
96mila euro/unità immobiliare				
110%	50% della spesa	70-75% della spesa	80-85% della spesa	110%
--	migliora di 1 Classe di Rischio	migliora di 2 o + Classe di Rischio		
detrazione in 5 anni per IRPEF o IRES				



EVOLUZIONE DELLA SICUREZZA



RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

POSSIBILI POSSIBILITÀ



Sostituzione

Demolizione

Delocalizzazione

Cambio destinazione

VITA RESIDUA

“vita nominale restante”

“tempo di intervento”

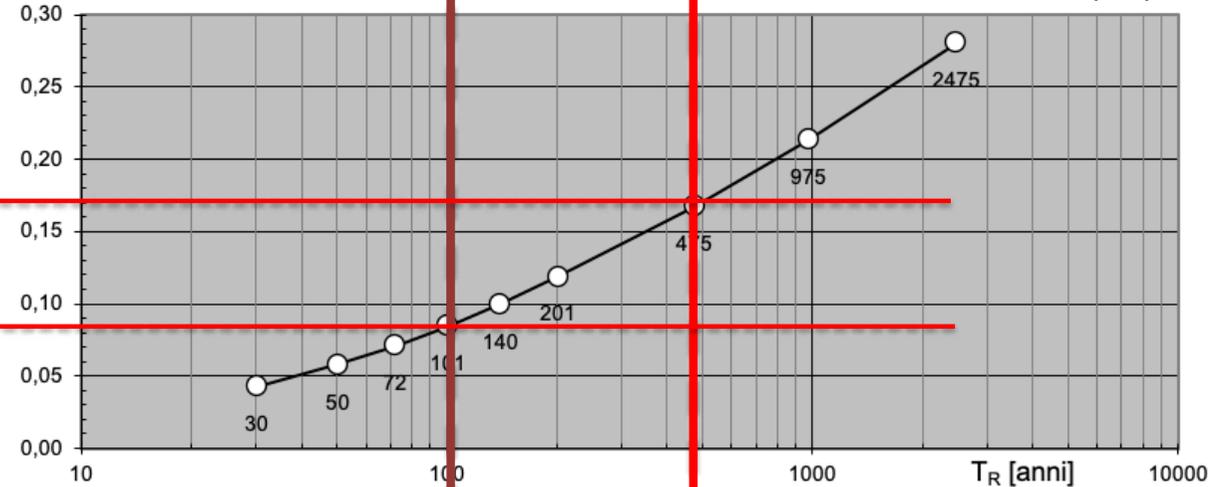
Probabilità che si abbia un evento in n anni

$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R} \right)^n$$

$$\frac{1}{T_R} \doteq$$



a_g [g]



Lioni (AV)

LO SPETTRO DI RISPOSTA

Si definisce spettro la massima risposta dell'oscillatore semplice ad un dato evento sismico al variare del periodo proprio di vibrazione e per un fissato smorzamento

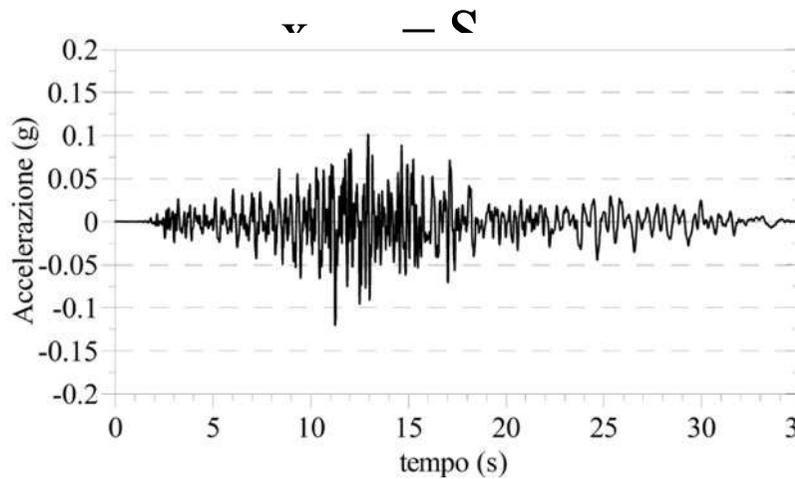
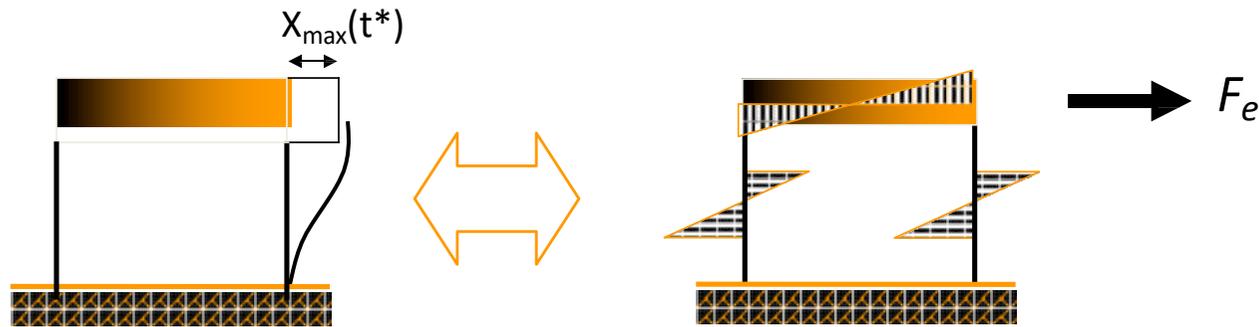
spostamenti

accelerazioni

velocità

**caratteristiche della
solicitazione**

DEFINIZIONE DELL'AZIONE EQUIVALENTE

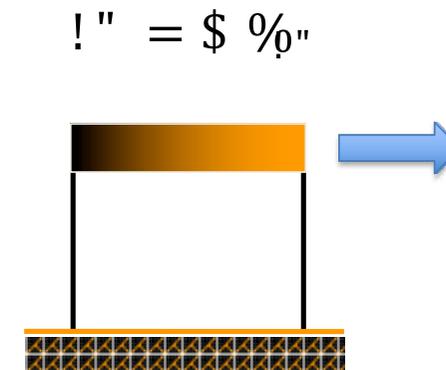
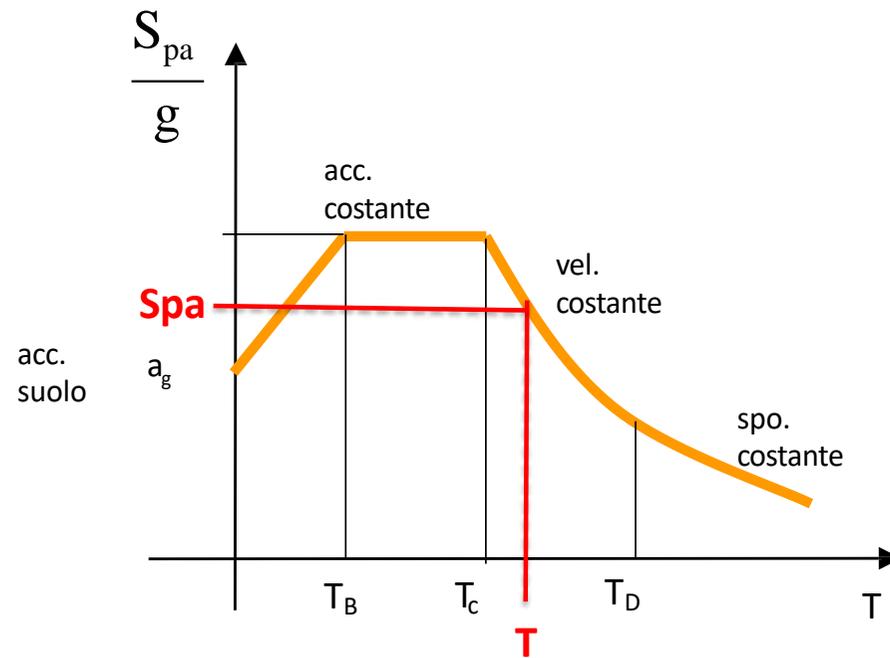


$$F_e = x_{\max} \times k = S_d \times \frac{k}{m} m$$

$$\omega_0^2 \ddot{u}(t) + 2\omega\xi \dot{u}(t) + \omega^2 u(t) = -\ddot{u}_b(t)$$

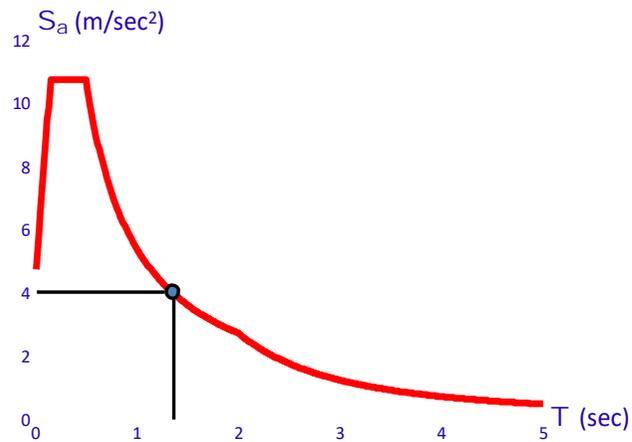
ftro delle
udo-Accelerazioni

PSEUDO ACCELERAZIONE SPETTRALE



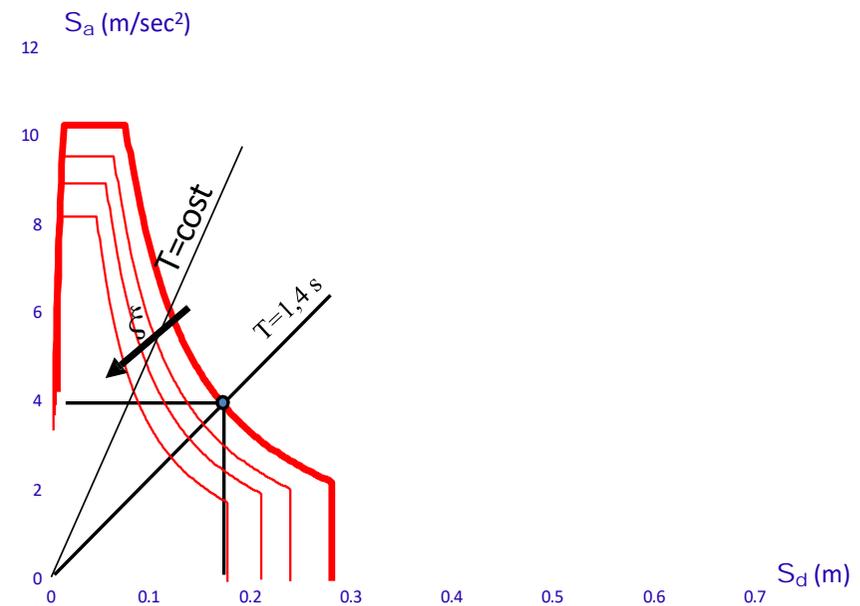
a_g massima accelerazione al suolo in frazioni di g
 S fattore profilo stratigrafico e condizioni di sito
 η fattore coefficiente di smorzamento

SPETTRO DI DOMANDA IN FORMATO "ADRS"



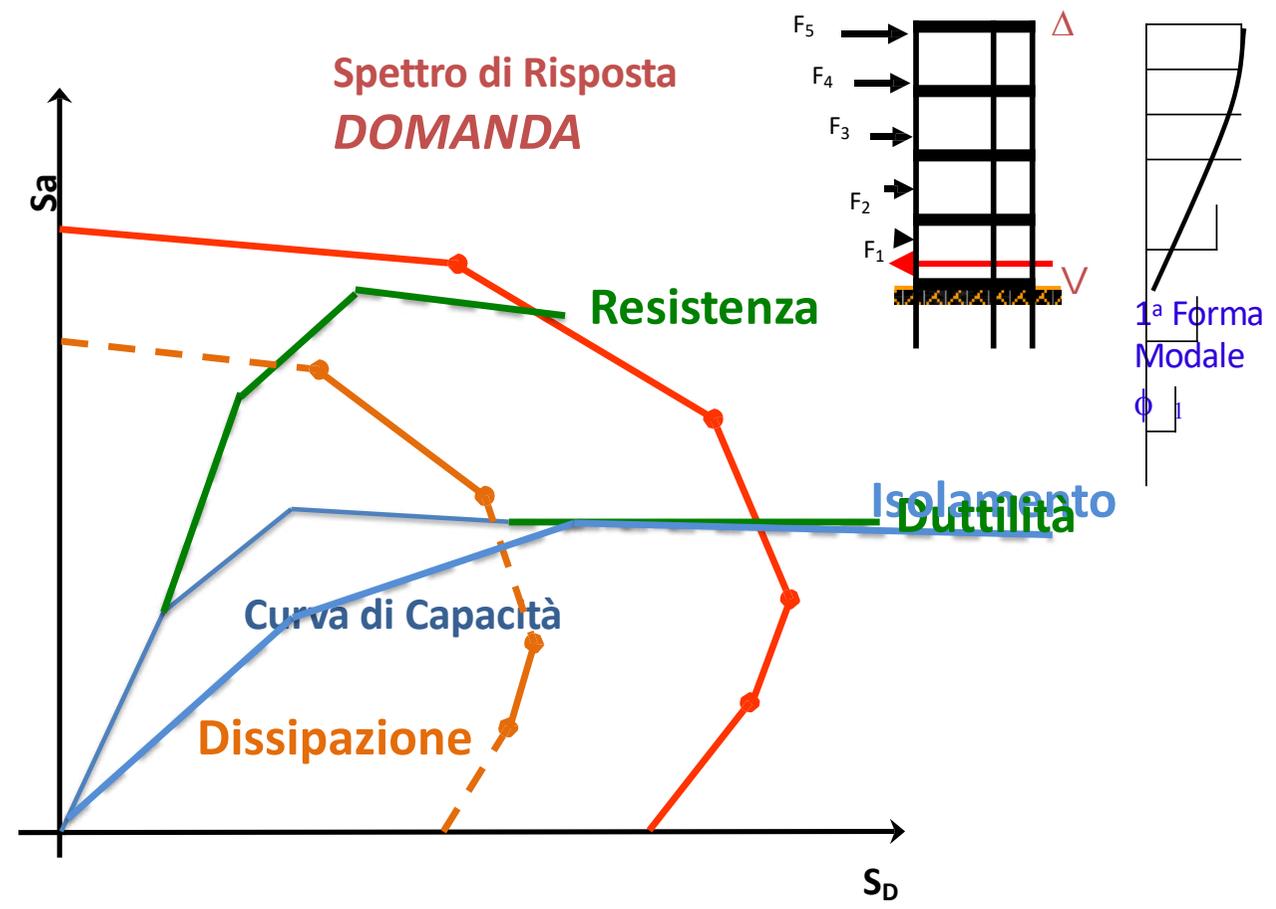
$$S_{d_i} = \frac{T_i}{4\pi^2} S_{a_i}$$

*Conversione spettro Sa-T
nel formato ADRS*



PROGETTO DEGLI INTERVENTI

Criteri di Intervento



ALCUNI CASI STUDI



CASO STUDIO

Stato di fatto

CASO STUDIO

Stato di fatto





CASO STUDIO
Stato di fatto

CASO STUDIO

Stato di fatto



CASO STUDIO

Stato di fatto



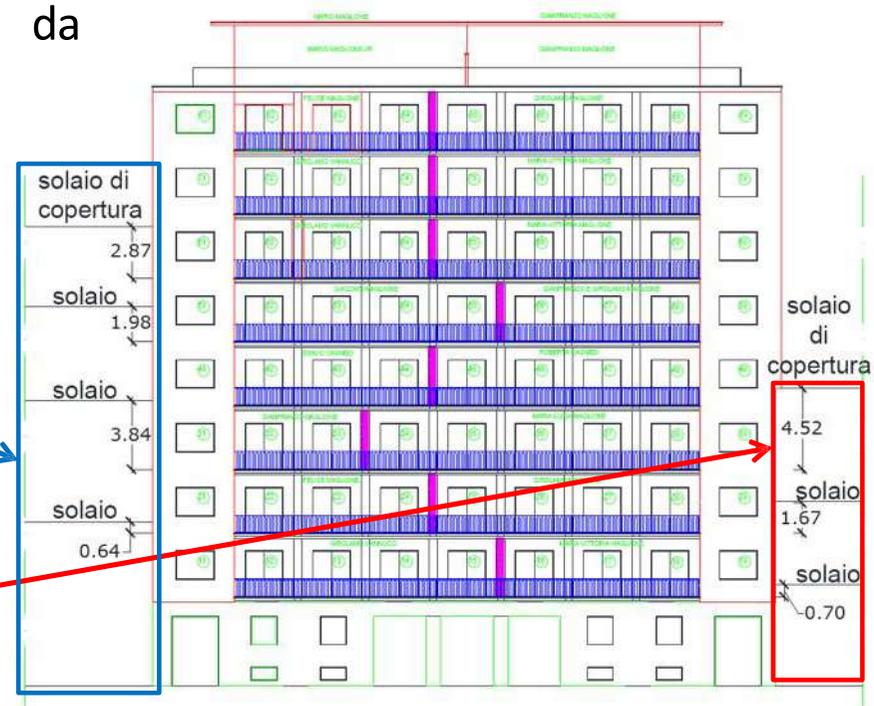
CASO STUDIO

Descrizione dell'Edificio

L'edificio non risulta separato per mezzo di giunti strutturali da entrambi i lati.

Ad Ovest si sviluppa sino al 6° piano

Ad est si sviluppa sino al 4° piano

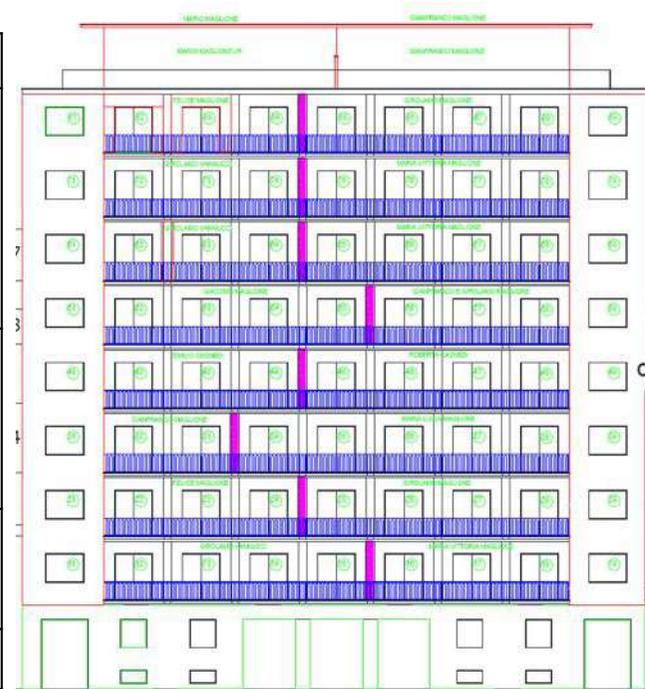


Prospetto Principale

CASO STUDIO

Materiali

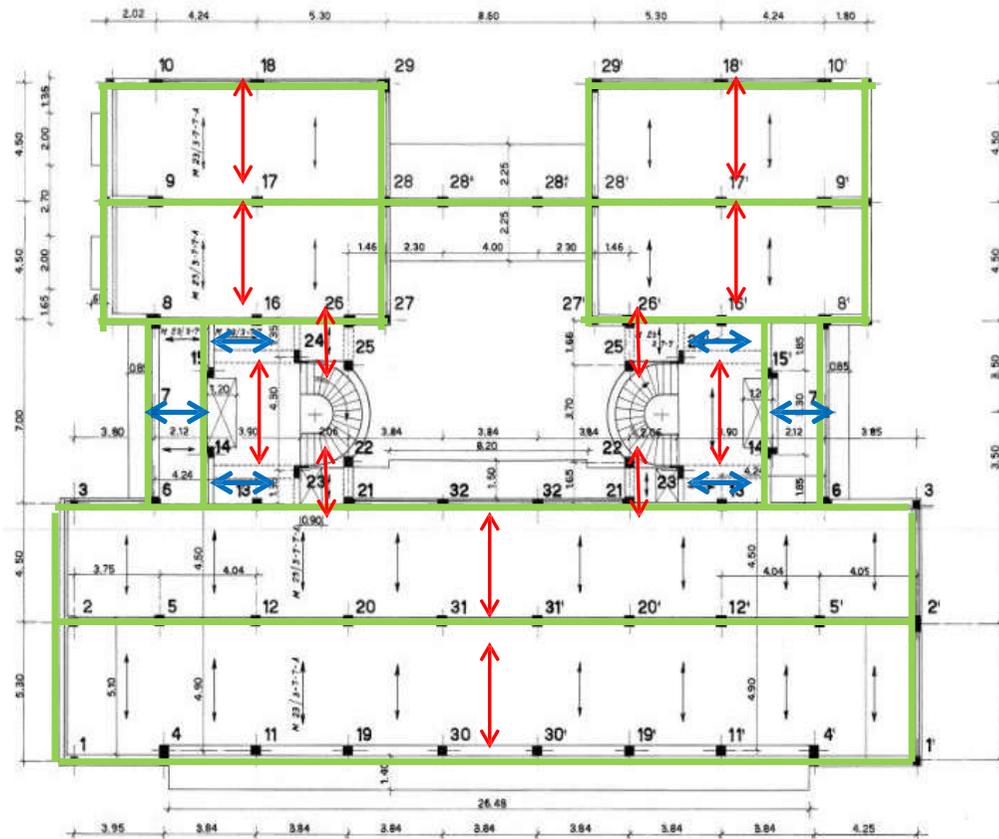
<i>Impalcati</i>	<i>f_{cm} (MPa)</i>	
I	22.00	22.04
II	22.53	
III	22.17	
IV	21.49	
V	21.16	15.45
VI	15.08	
VII	10.91	
VIII	10.27	10.02
IX	9.64	
X	14.19	14.19



Resistenze dei calcestruzzi

CASO STUDIO

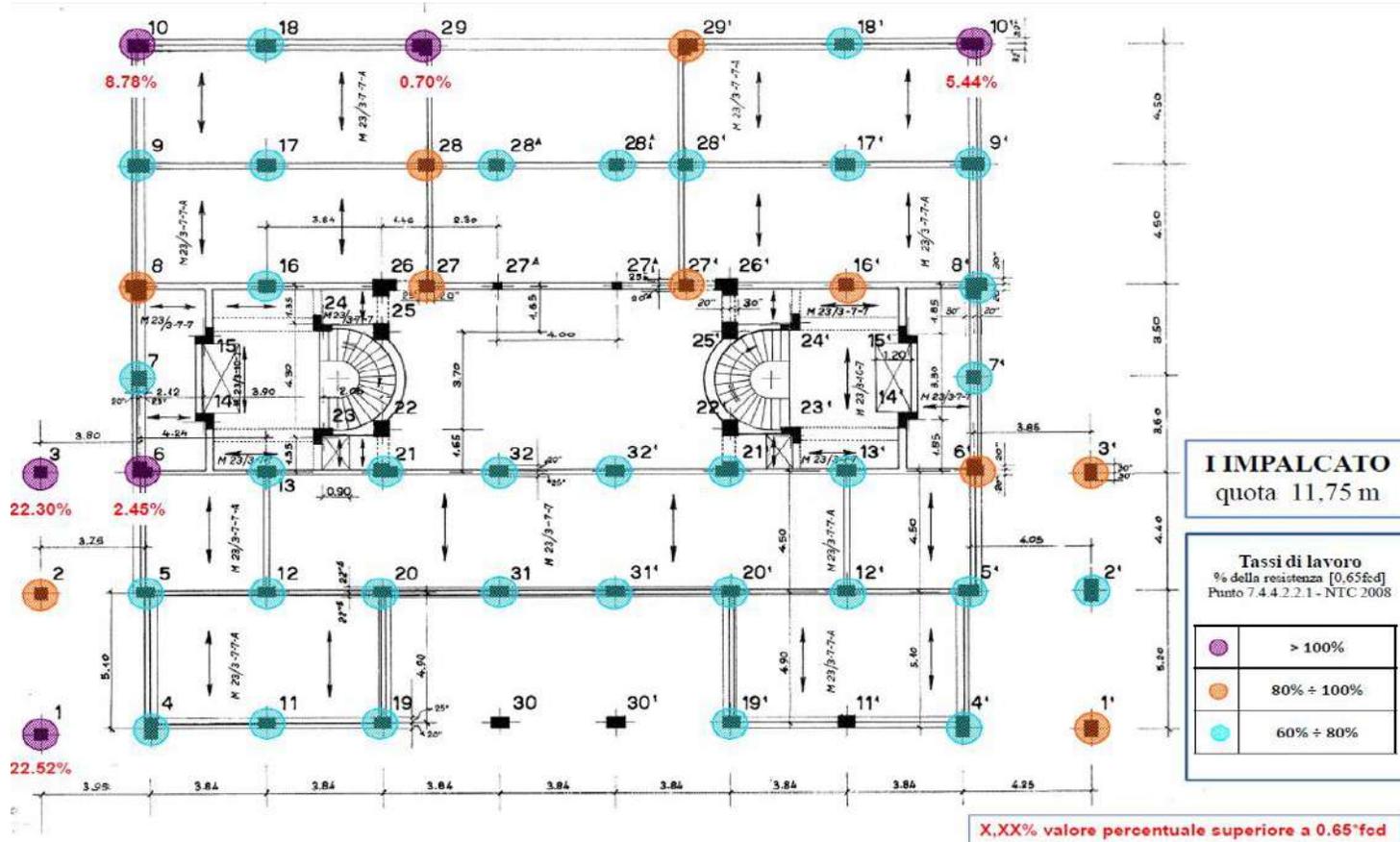
Descrizione dello Stato di Fatto



Carpenteria – Schema strutturale

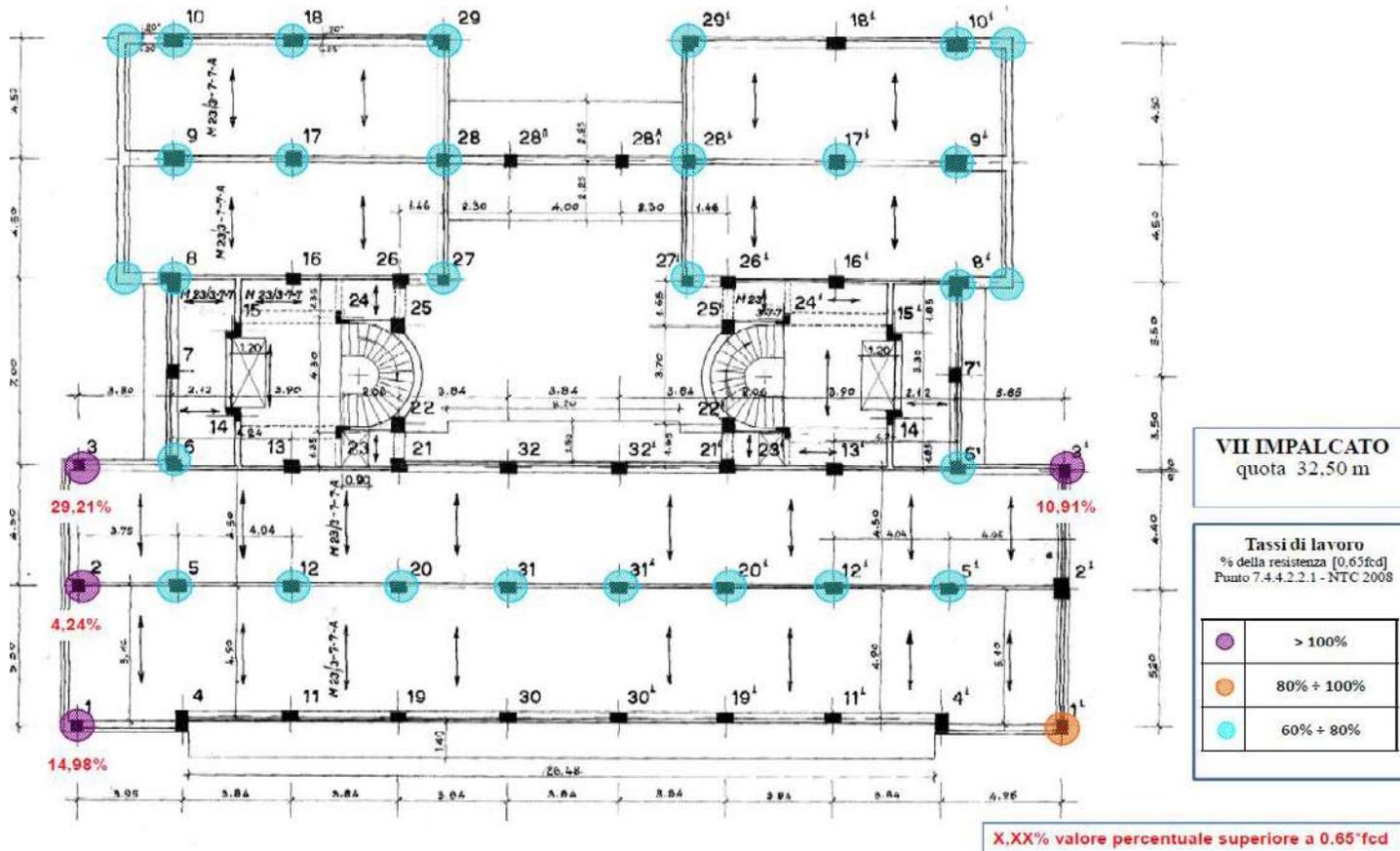
CASO STUDIO

tassi di lavoro dei pilastri



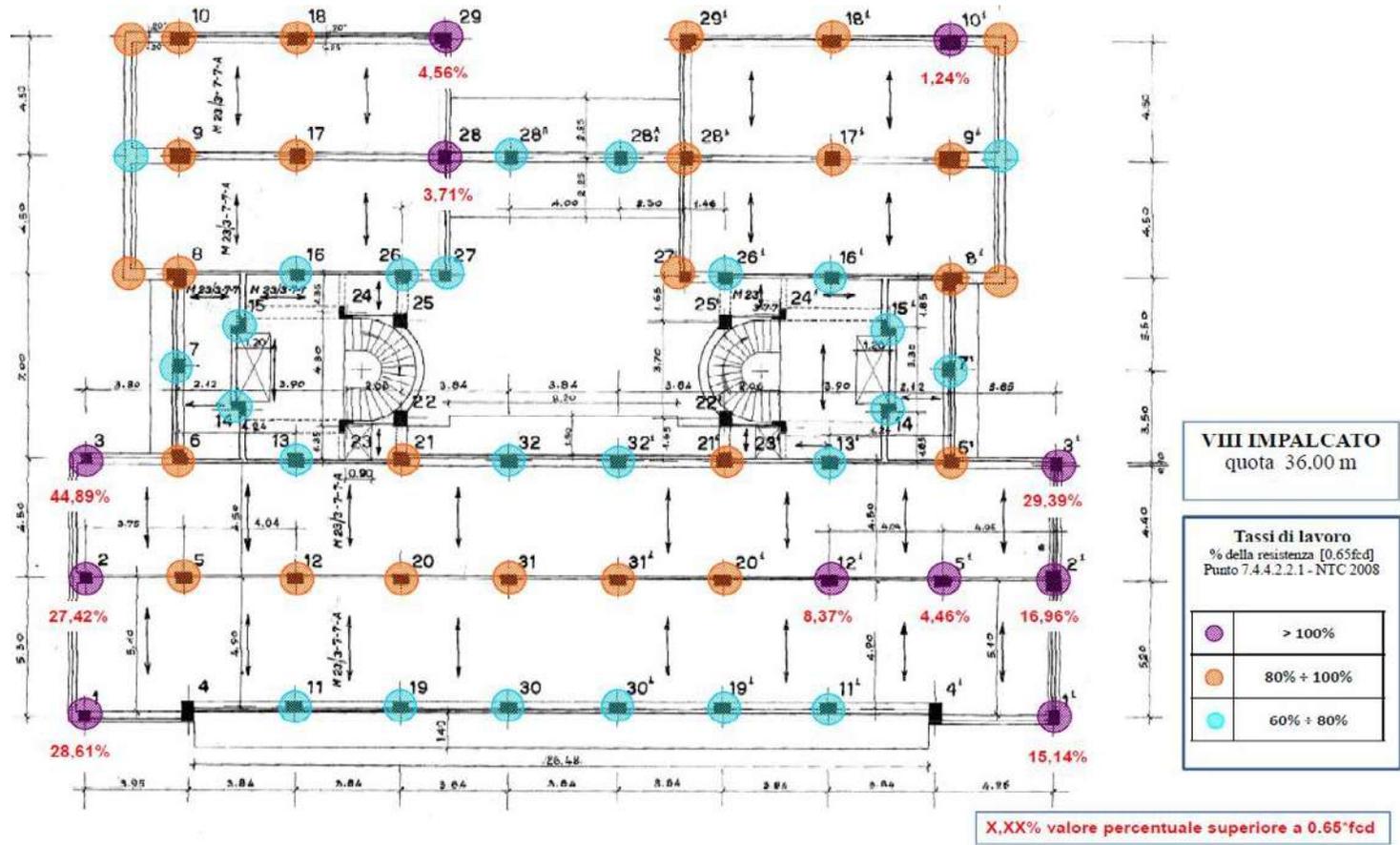
CASO STUDIO

tassi di lavoro dei pilastri



CASO STUDIO

tassi di lavoro dei pilastri



CASO STUDIO

Verifiche strutturali stato di fatto

STATO LIMITE DI SALVAGUARDA DELLA VITA

Esito negativo verifiche nei confronti dei soli carichi verticali

Scadenti caratteristiche dei dettagli costruttivi

Avanzato stato di degrado degli elementi strutturali principali



VALORE NULLO DELLA RESISTENZA SISMICA DELL'EDIFICIO

CASO STUDIO

Analisi e verifiche condotte stato di fatto

STATO DI FATTO - Verifiche SLU

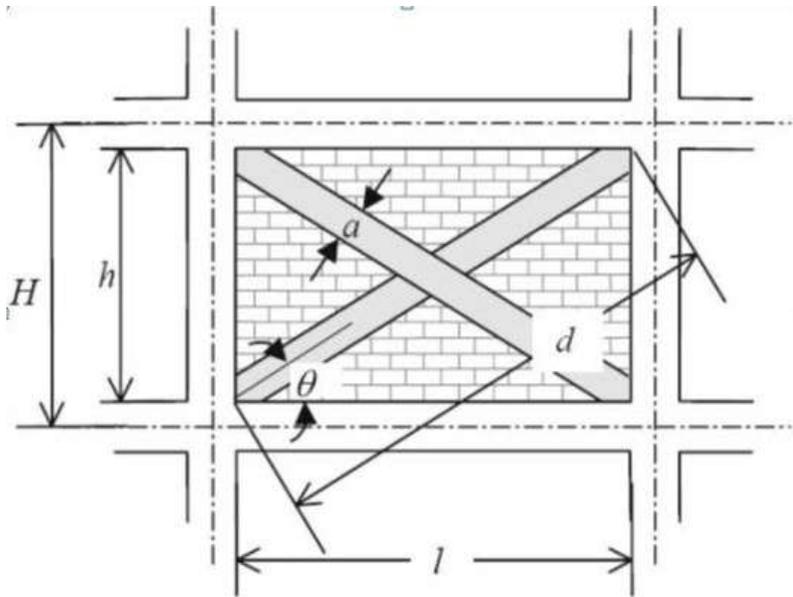
La verifica della sicurezza nello stato di fatto si basa sulle informazioni ottenute dalle indagini conoscitive e dalle prove di identificazione dei materiali, dalla conoscenza dei dettagli costruttivi e dalla geometria degli elementi strutturali principali. Tale verifica è finalizzata al progetto degli interventi di ripristino della capacità portante nei confronti dei carichi statici e di miglioramento nei confronti dei carichi sismici.

STATO DI PROGETTO - Verifiche SLV

La verifica della sicurezza nelle condizioni di progetto è finalizzata a verificare il grado di sicurezza cui si perviene per mezzo degli interventi previsti in progetto in condizioni statiche e sismiche.

CASO STUDIO

Analisi e verifiche condotte stato di fatto



(Al-Chaar G., "Evaluating strength and stiffness of unreinforced masonry infill structures", US Army Corp of Engineers, Engineer Research and Development Center, 2002),

Le tamponature esterne sono realizzate per lo più in muratura di tufo giallo.



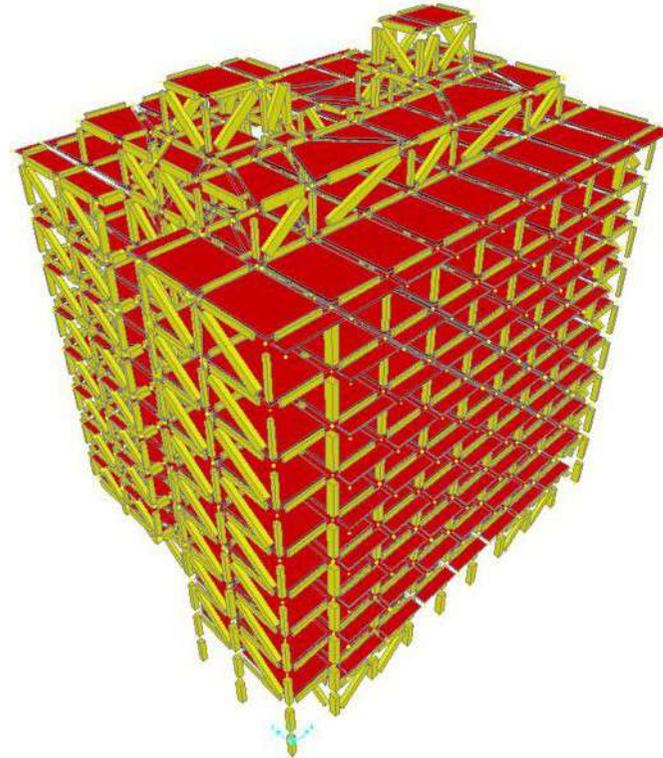
CASO STUDIO

Analisi e verifiche condotte stato di fatto

Ai fini delle verifiche è stato costruito un modello lineare

Le travi ed i pilastri sono stati modellati per mezzo di elementi Frame

Per solai e balconi è stata adottata una modellazione equivalente per mezzo di elementi Shell

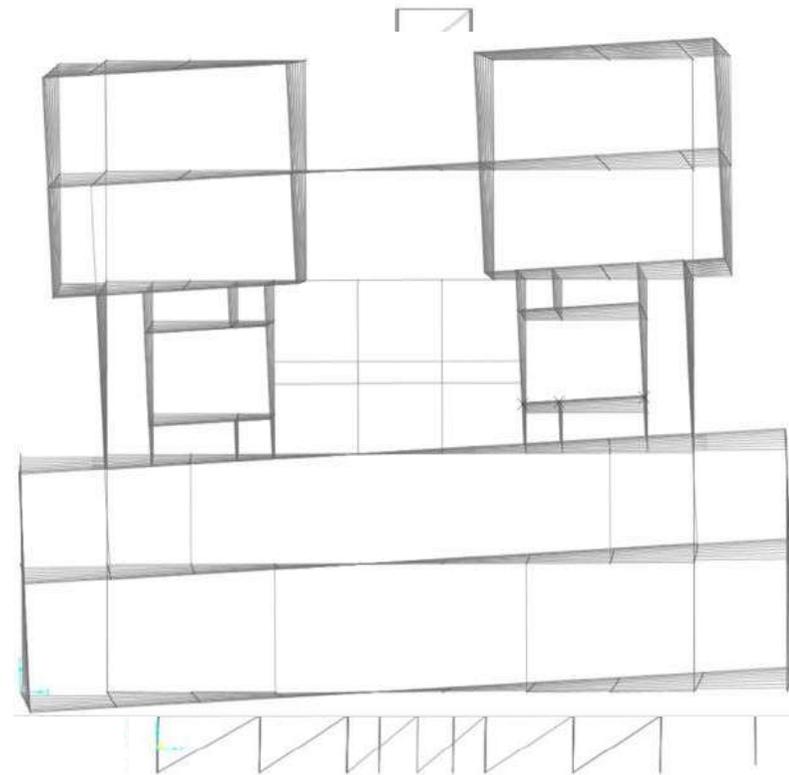


CASO STUDIO

Analisi e verifiche condotte stato di fatto

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNumber	Period
Text	Text	Units	Sec
MODAL	Mode	1	1,799
MODAL	Mode	2	1,620
MODAL	Mode	3	1,362
MODAL	Mode	4	0,628
MODAL	Mode	5	0,553
MODAL	Mode	6	0,463
MODAL	Mode	7	0,373
MODAL	Mode	8	0,326
MODAL	Mode	9	0,286
MODAL	Mode	10	0,261
MODAL	Mode	11	0,237



Modo 2 - $T=1,620$ sec.

CASO STUDIO

Progetto degli interventi

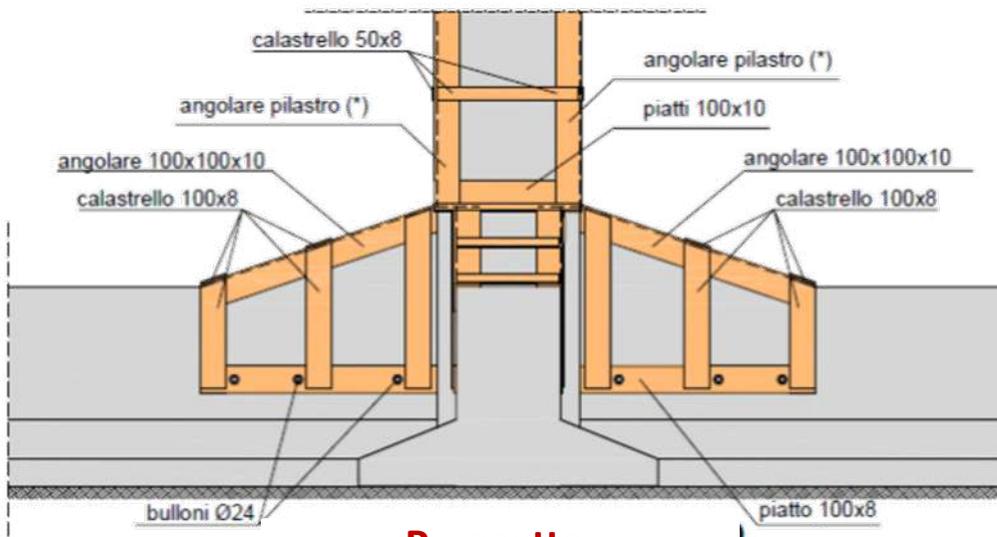
L'intervento previsto, esteso alla maggior parte dei principali elementi portanti travi e pilastri, consente un sostanziale miglioramento della risposta sismica senza modificare lo schema statico originario dell'edificio



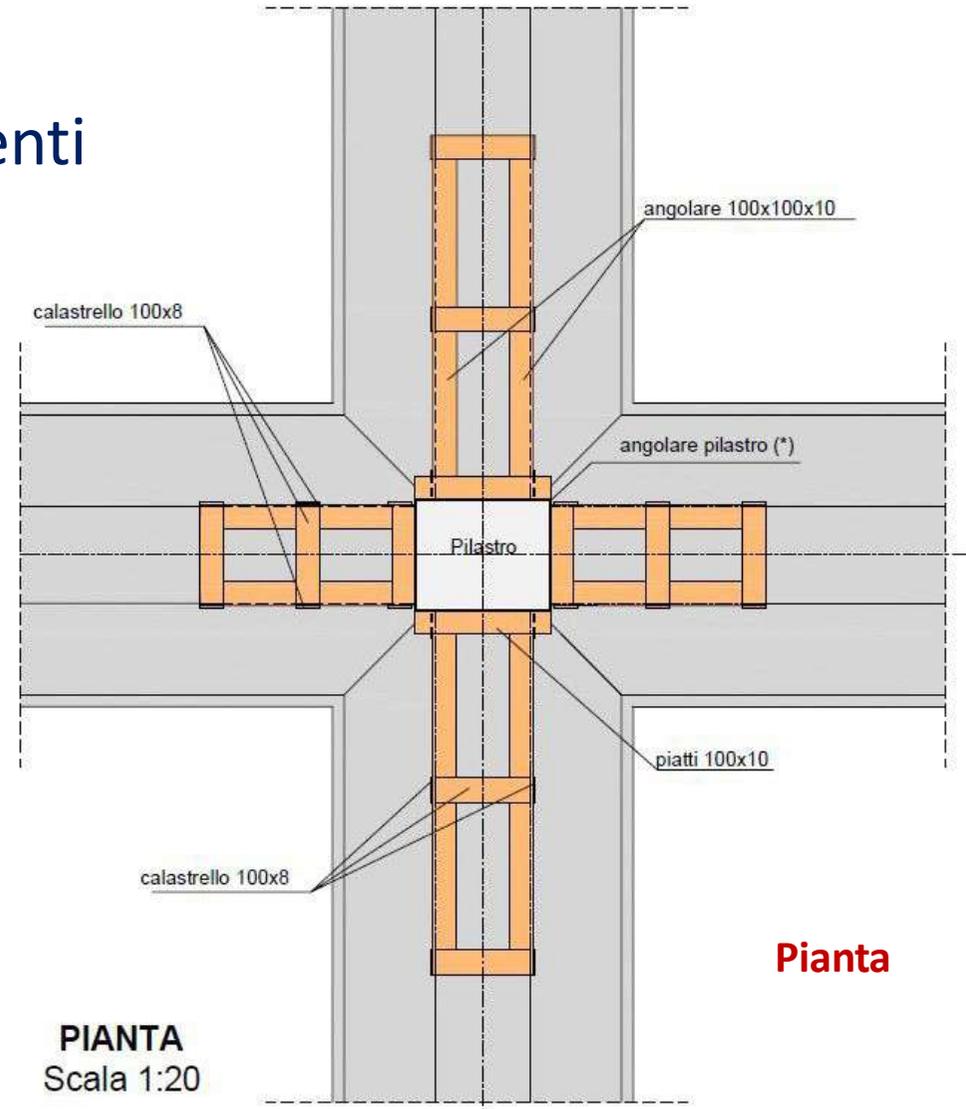
1. ripristino ed incremento della capacità portante dei pilastri
2. confinamento dei nodi trave-pilastro
3. ripristino ed incremento della capacità portante delle travi
4. ricostruzione/riparazione degli sbalzi
5. Ripristino degli elementi in calcestruzzo armato ammalorati

CASO STUDIO

Progetto degli interventi



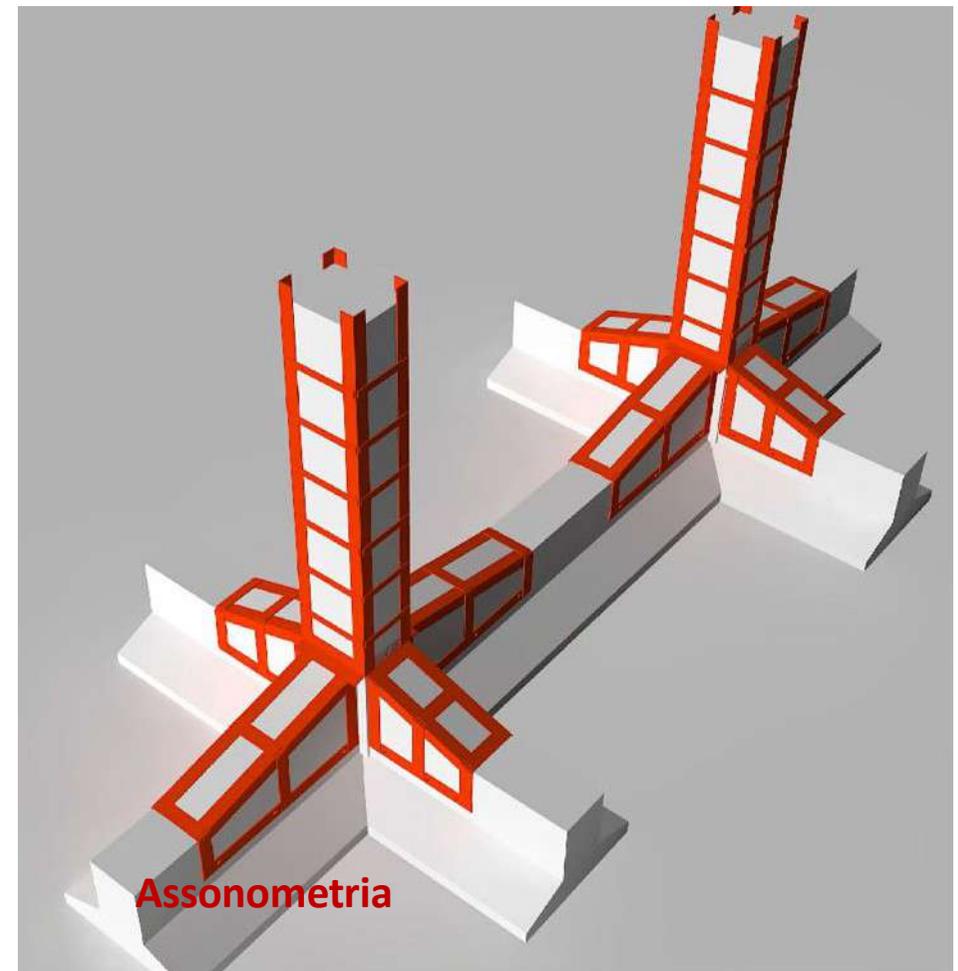
Prospetto



Pianta

CASO STUDIO

Progetto degli interventi



CASO STUDIO

Fasi di Lavoro



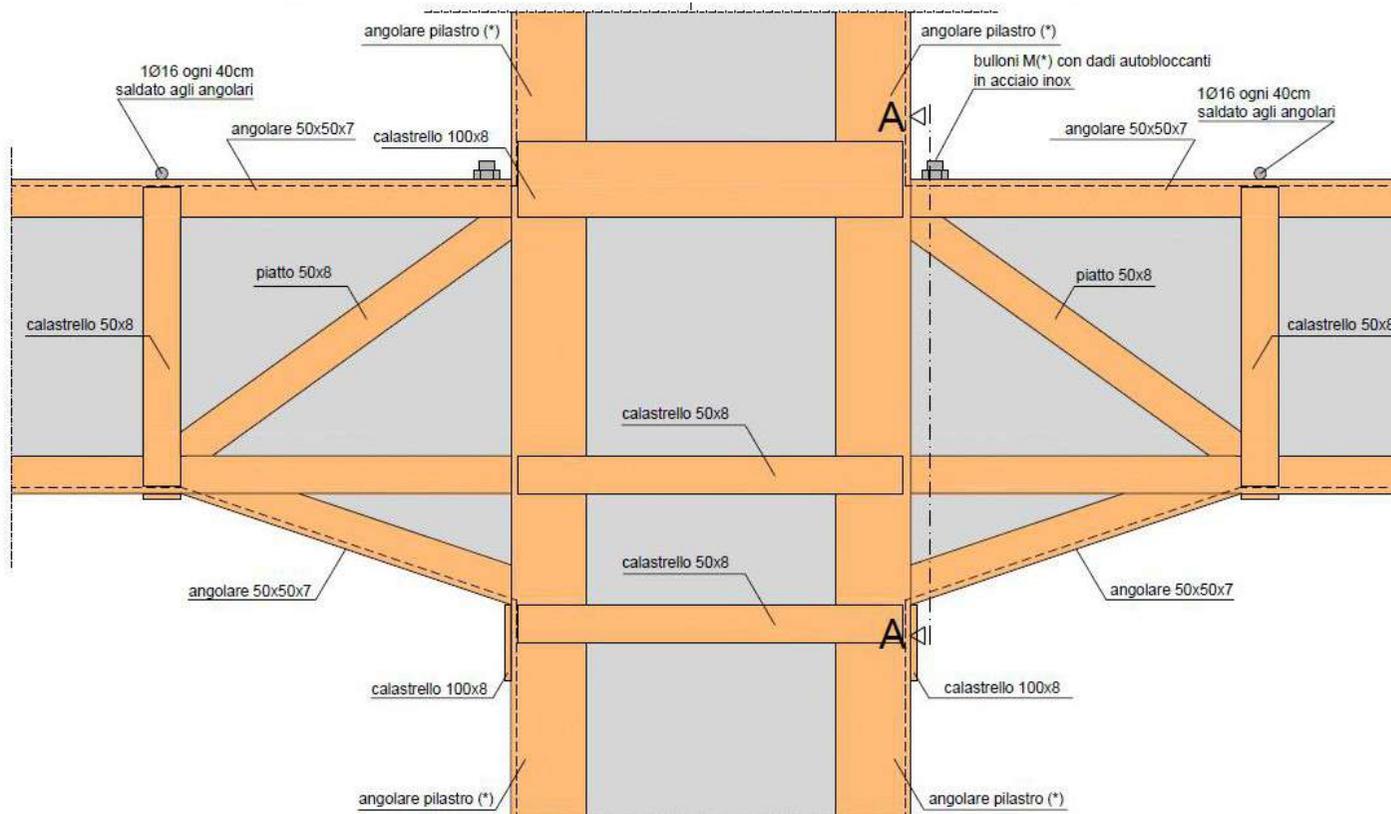
CASO STUDIO

Fasi di Lavoro



CASO STUDIO

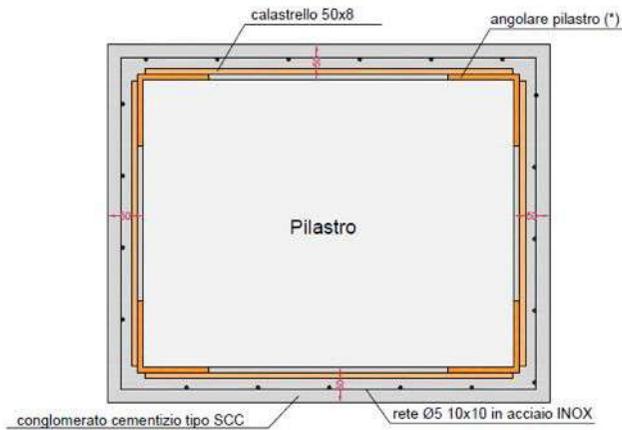
Progetto degli interventi



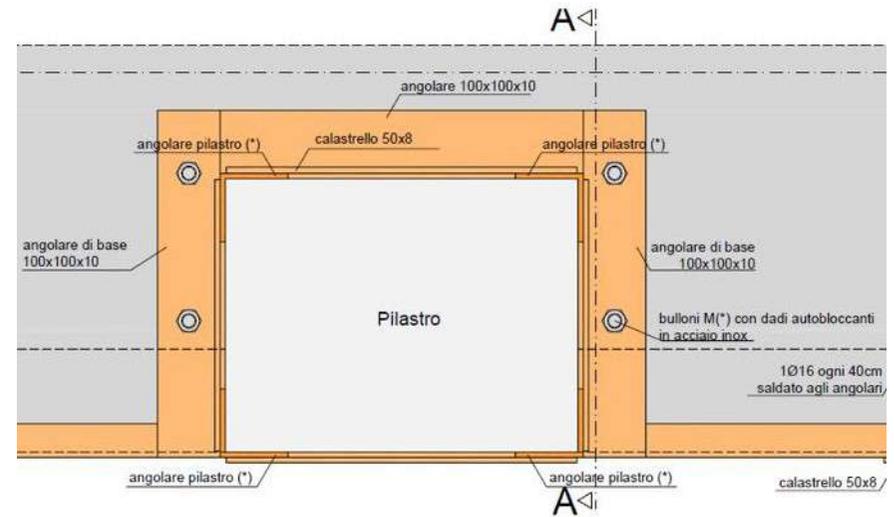
Incamicatura pilastri con angolari e calastrelli

CASO STUDIO

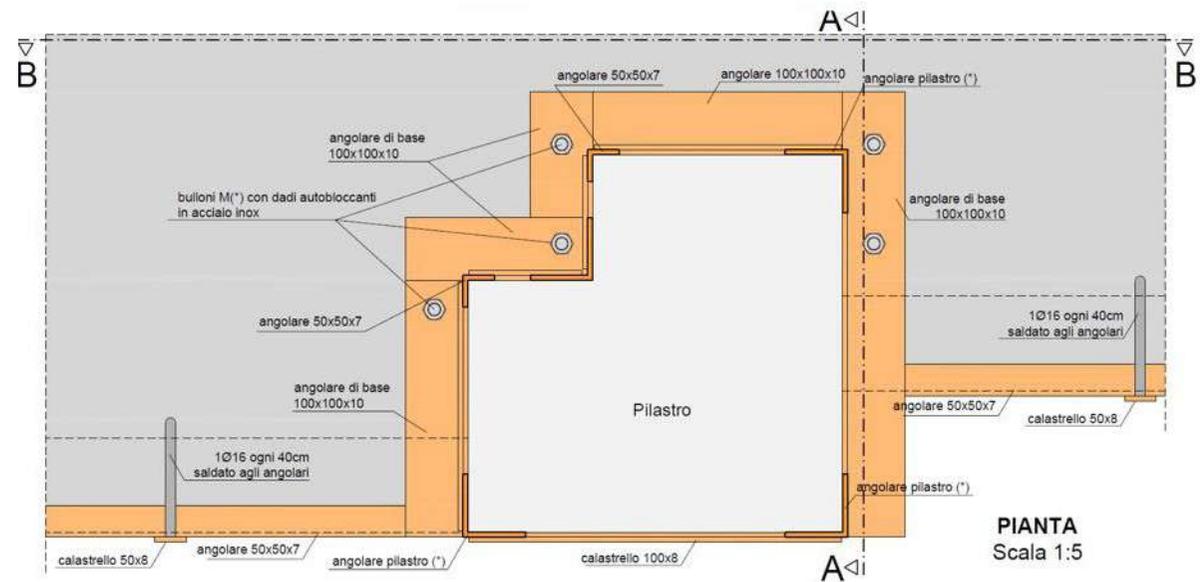
Progetto degli interventi



Pianta – Sezione Corrente

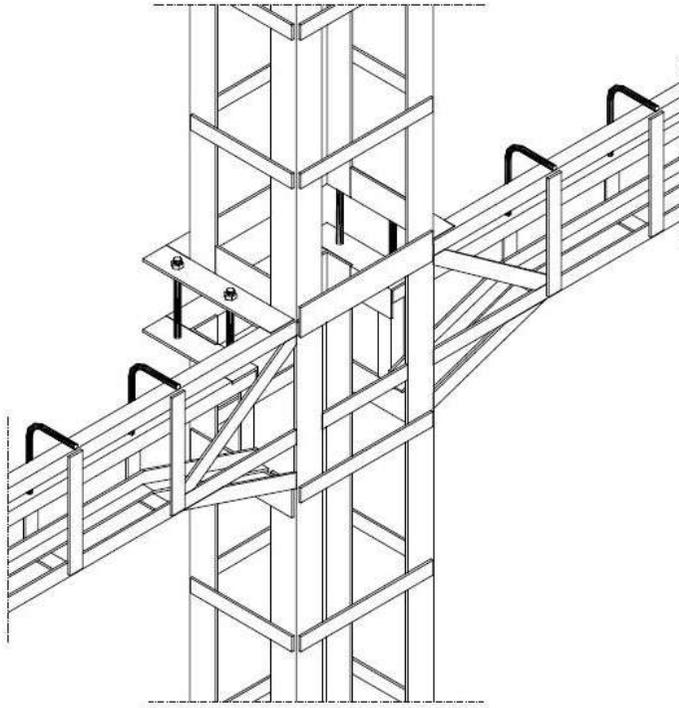


Pianta – Piede

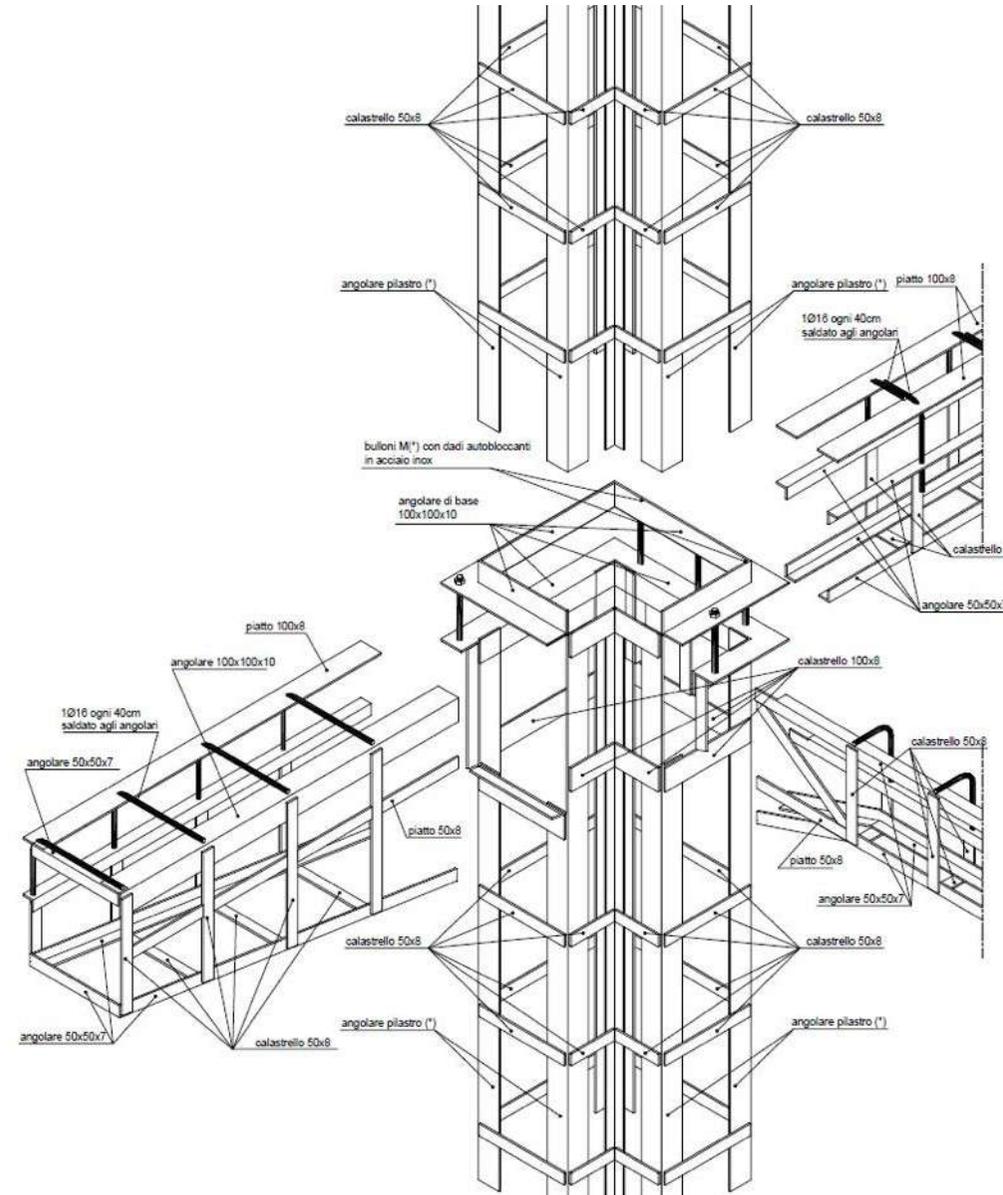


CASO STUDIO

Progetto degli interventi



Vista anteriore assonometrica





CASO STUDIO

Fasi di Lavoro



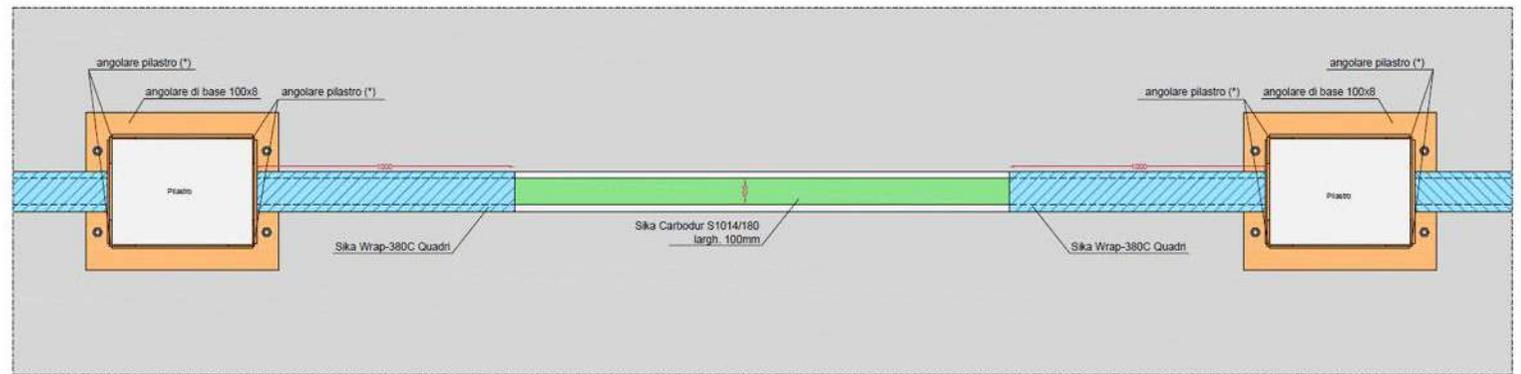
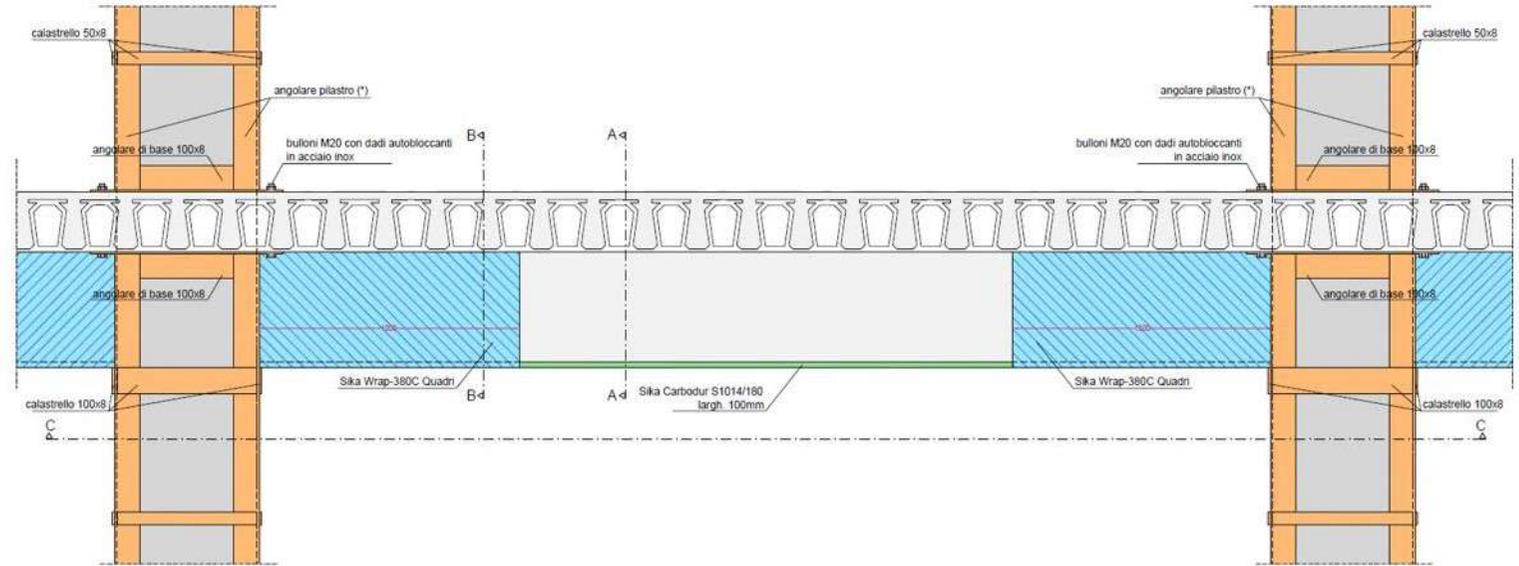


CASO STUDIO

Fasi di Lavoro

CASO STUDIO

Progetto degli interventi



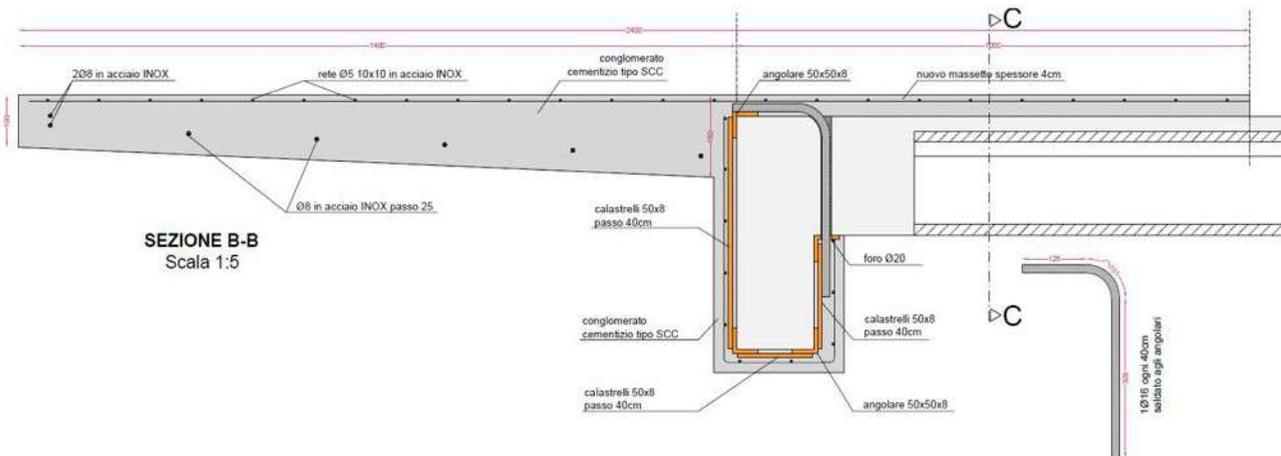
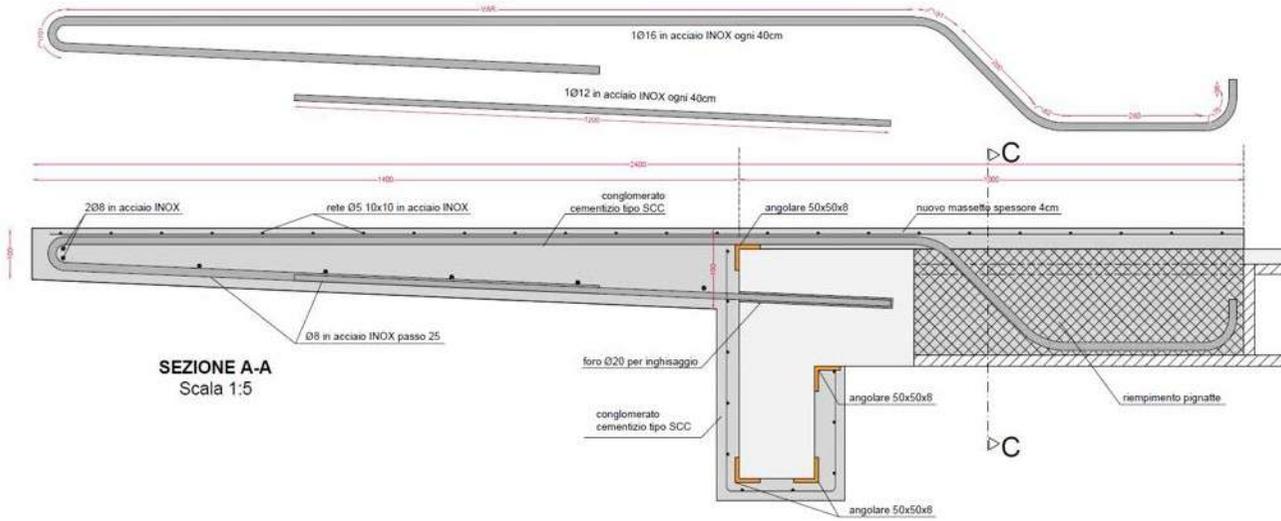
CASO STUDIO

Fasi di Lavoro



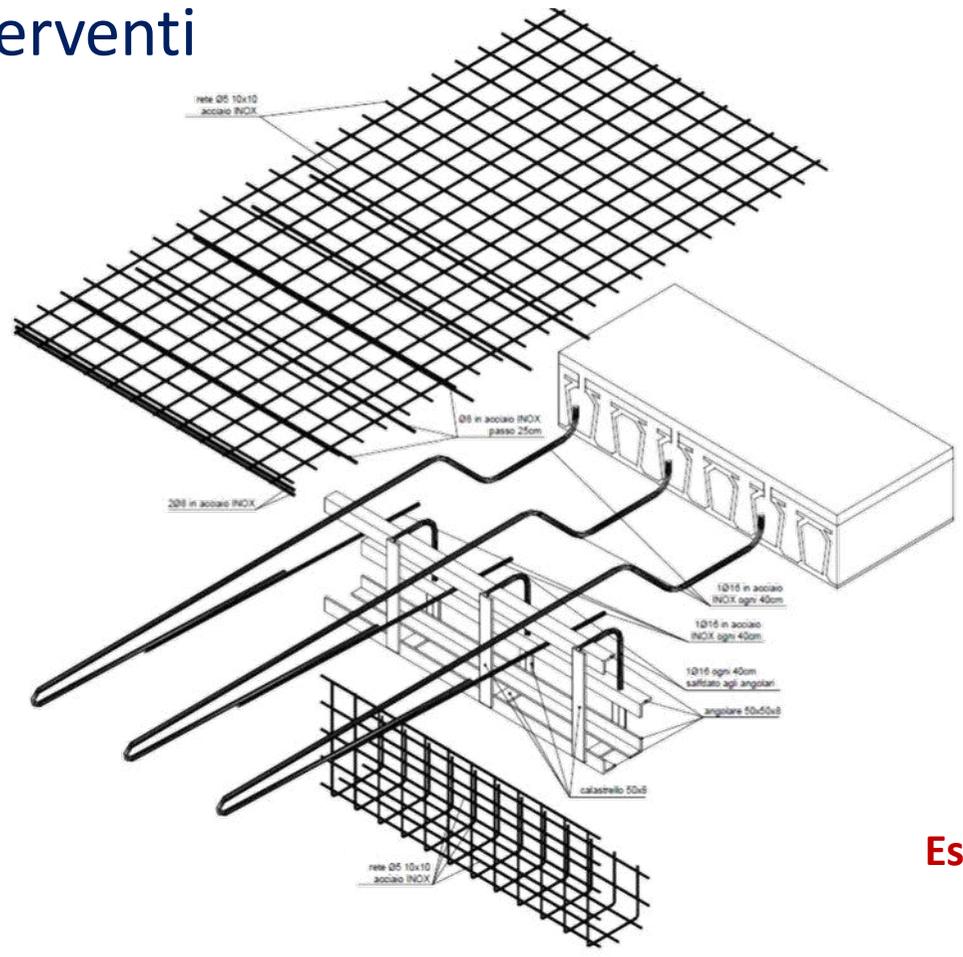
CASO STUDIO

Progetto degli interventi



CASO STUDIO

Progetto degli interventi



Esploso sbalzo

CASO STUDIO

Fasi di Lavoro



CASO STUDIO

Fasi di Lavoro



CASO STUDIO

Costi strutture

Intervento Classico
~ € 1.000,00 / mq

CASO STUDIO

Stato di fatto



CASO STUDIO

Soluzione Classica

POSIZIONAMENTO SETTI VERTICALI E TRAVI
PROSPETTO SUD
Scala 1:100

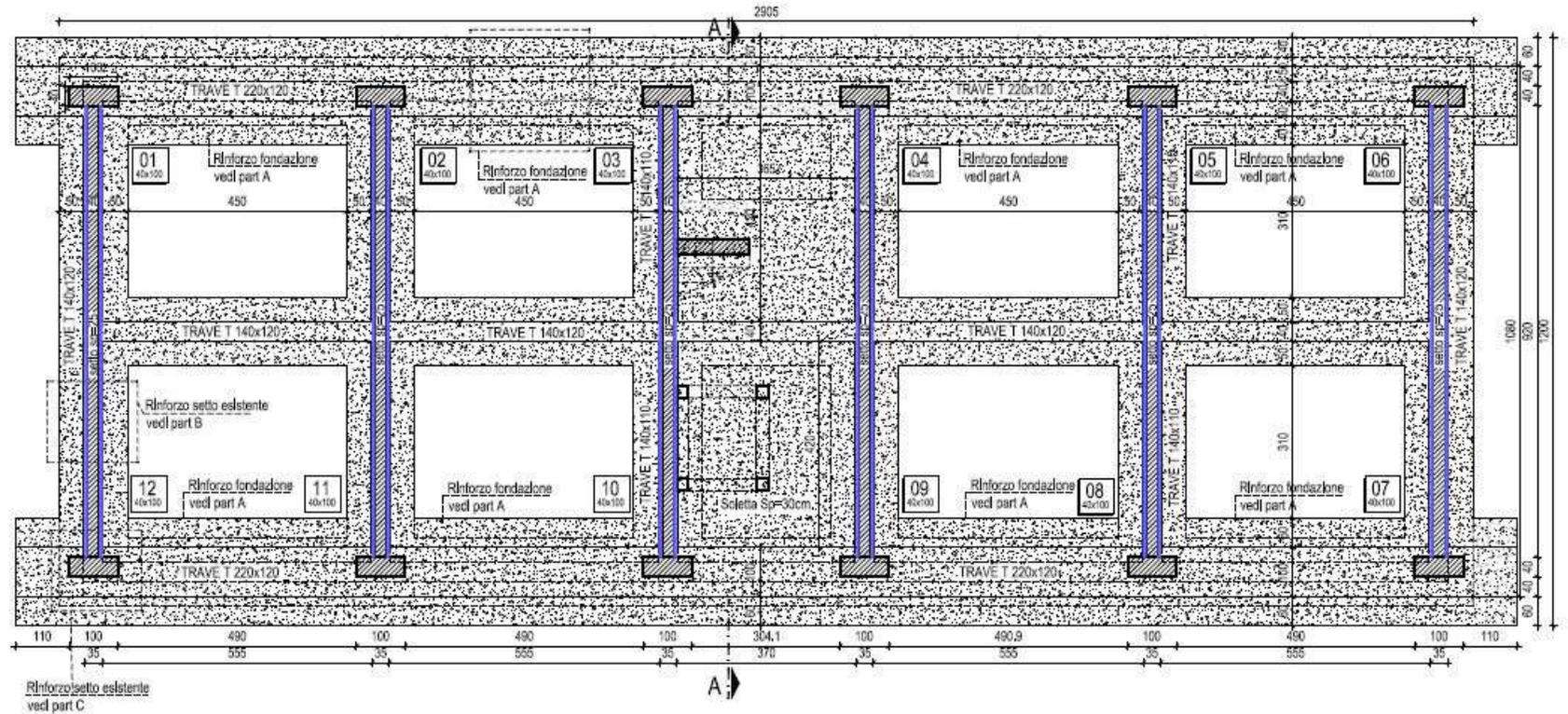


CASO STUDIO

Soluzione Classica

CARPENTERIA FONDAZIONE

Scala 1:100

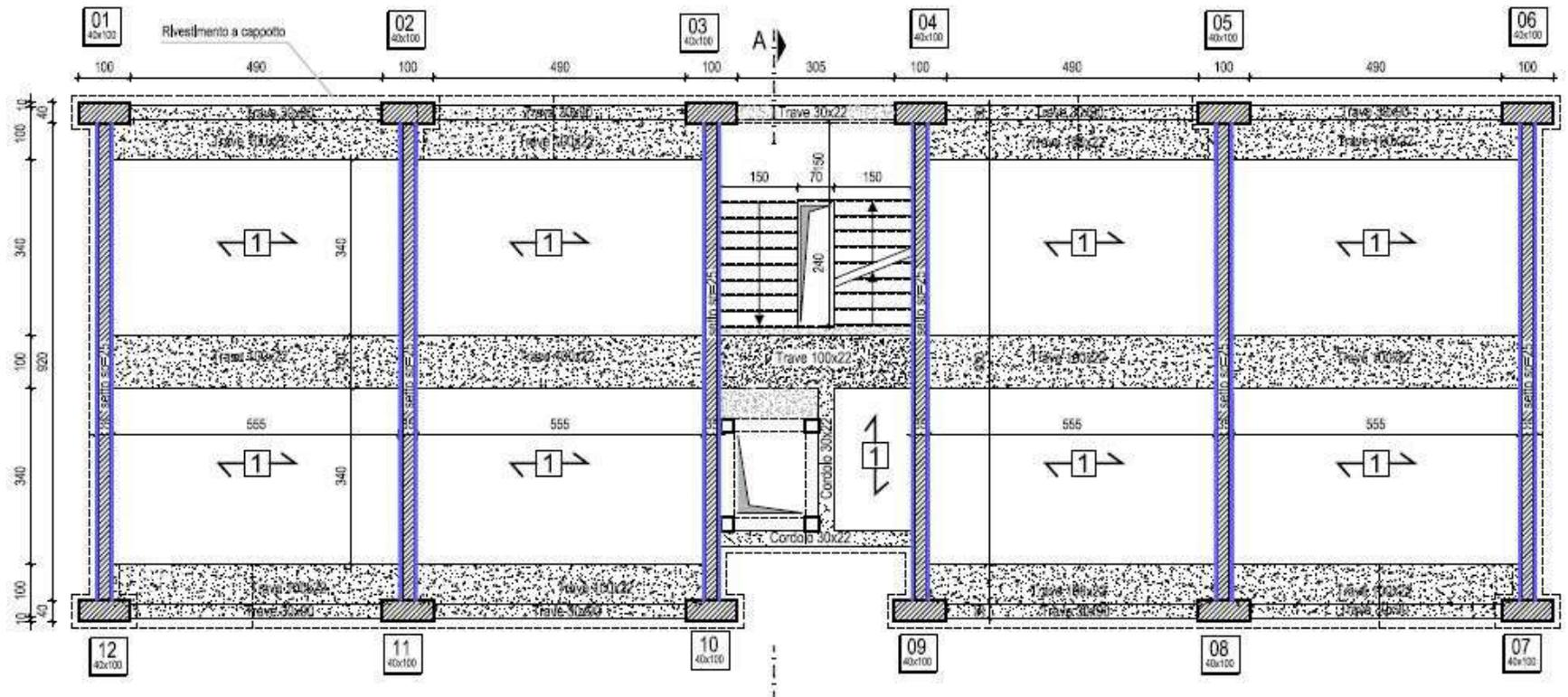


CASO STUDIO

Soluzione Classica

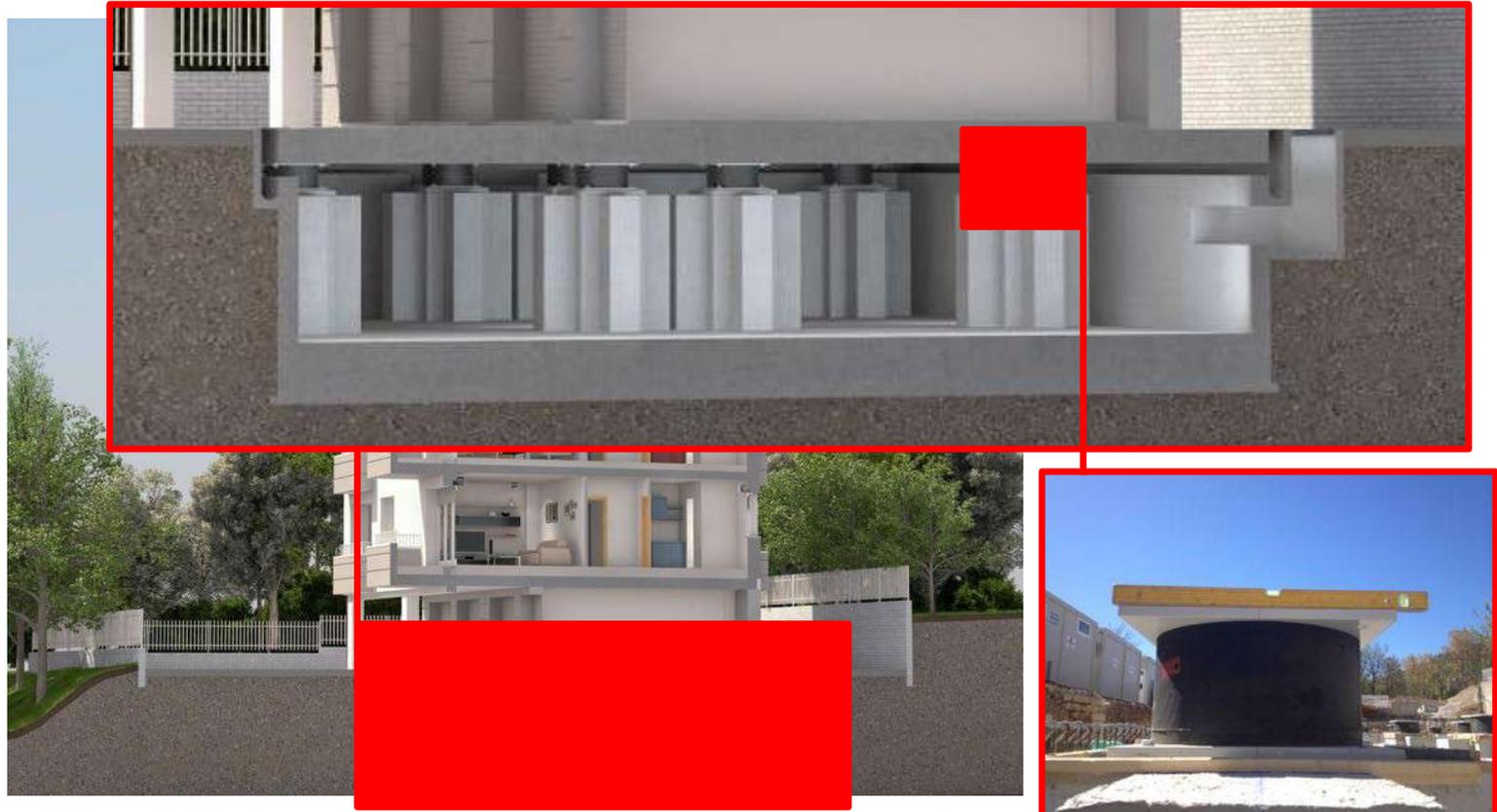
CARPENTERIA SOLAIO TIPO

Scala 1:100



CASO STUDIO

Soluzione Innovativa

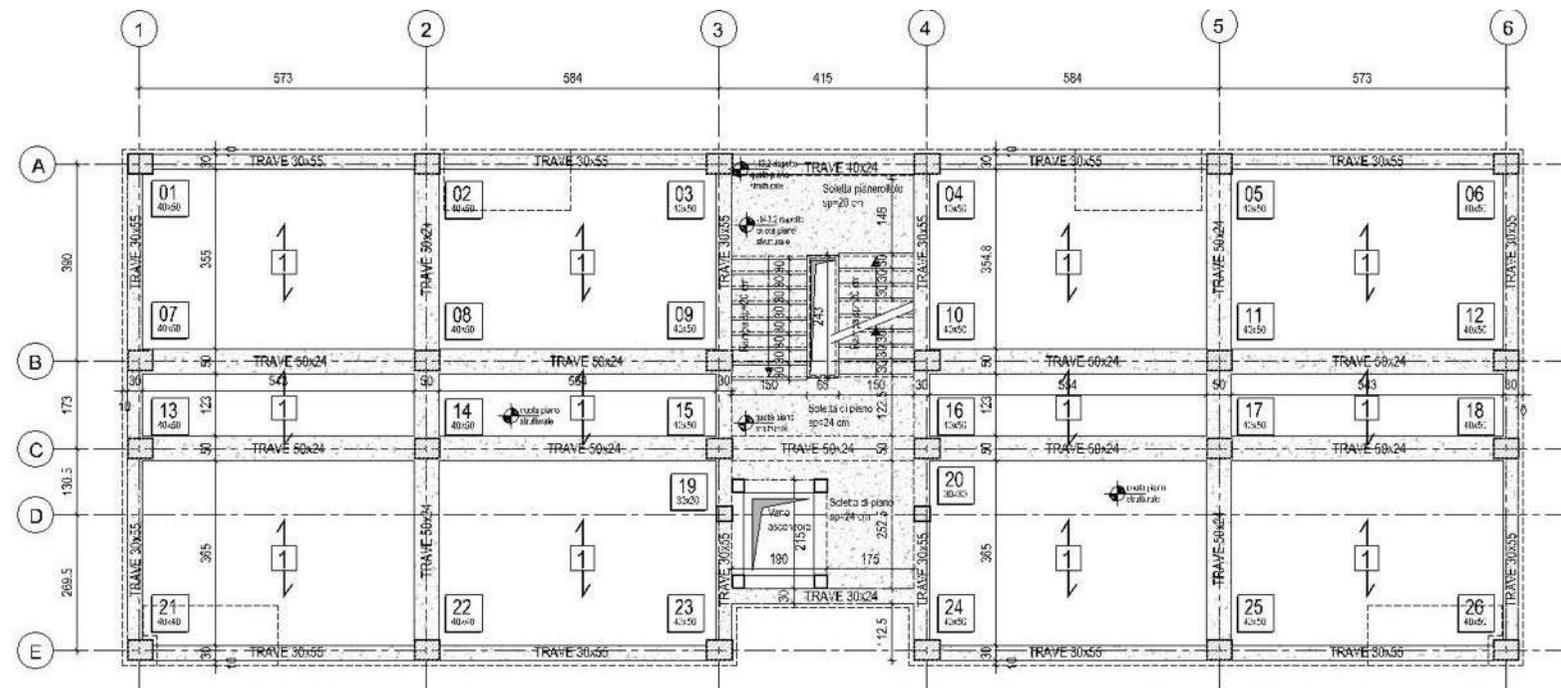


Progetto di ricostruzione

CASO STUDIO

Soluzione Innovativa

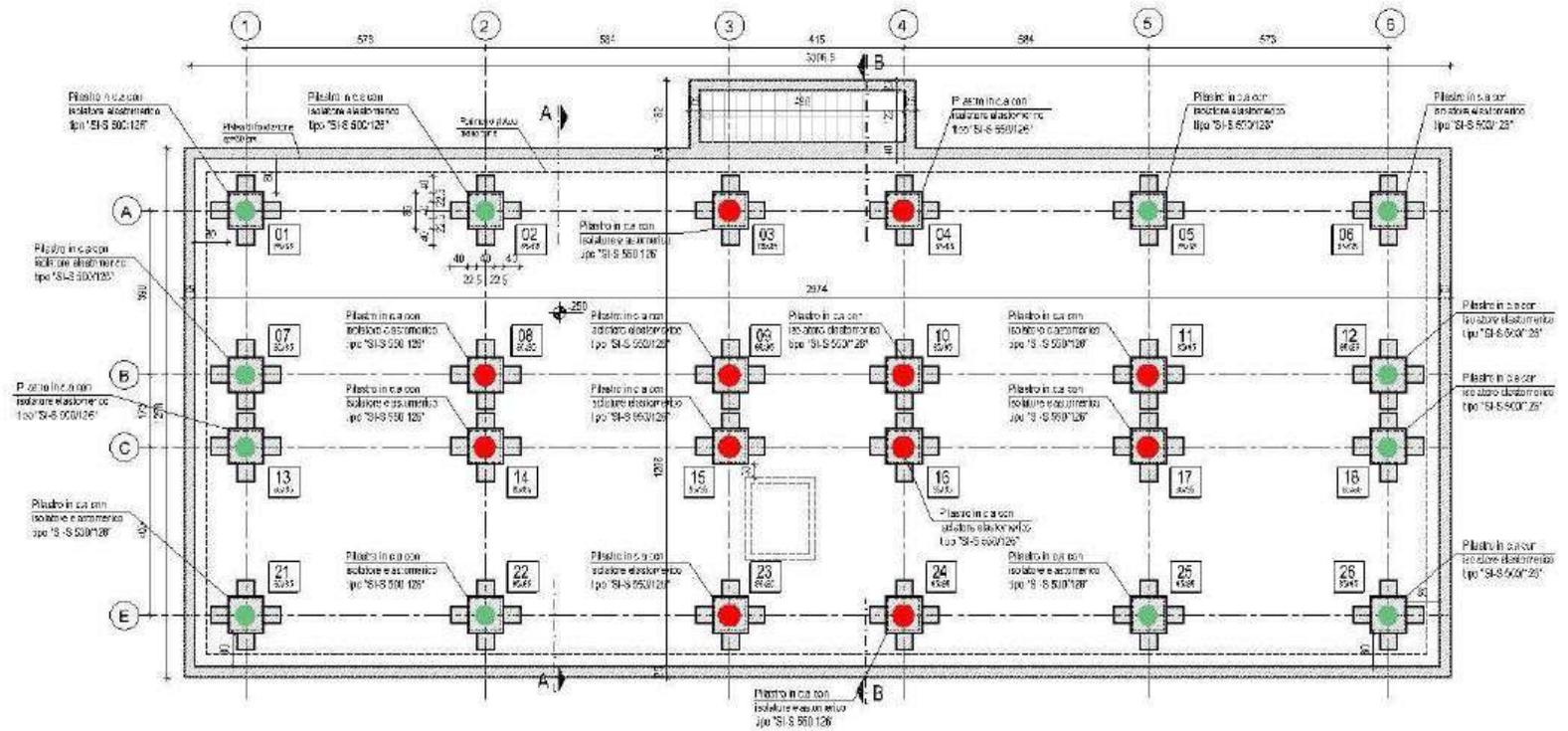
La sovrastruttura è prevista realizzata intelaiata in c.a. con pilastri di sezione 40x50 cm, travi perimetrali intradossate 30x55 cm, travi a spessore di dimensioni variabili



CASO STUDIO

Soluzione Innovativa

CARPENTERIA FONDAZIONE



LEGENDA ISOLATORI

- isolatore elastomerico
tipo "SI-S 550/126"
- isolatore elastomerico
tipo "SI-S 500/126"

CASO STUDIO

Fasi Lavorative



CASO STUDIO

Fasi Lavorative



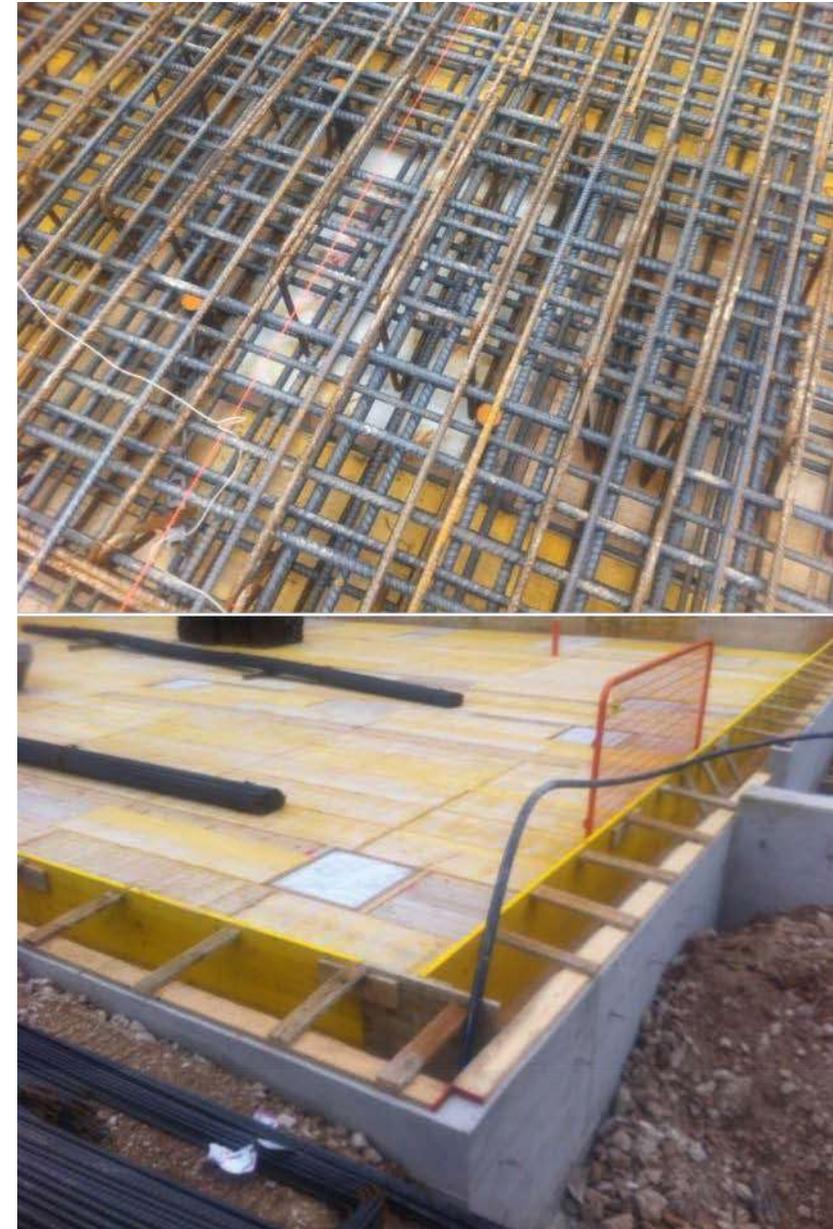
CASO STUDIO

Fasi Lavorative



CASO STUDIO

Fasi Lavorative



CASO STUDIO

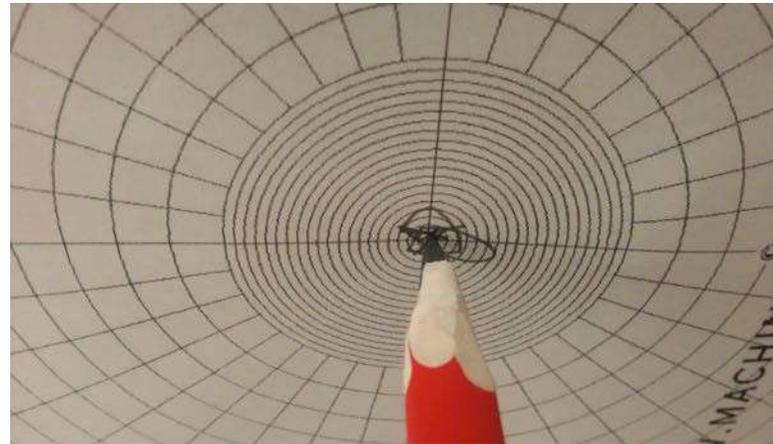
Fasi Lavorative



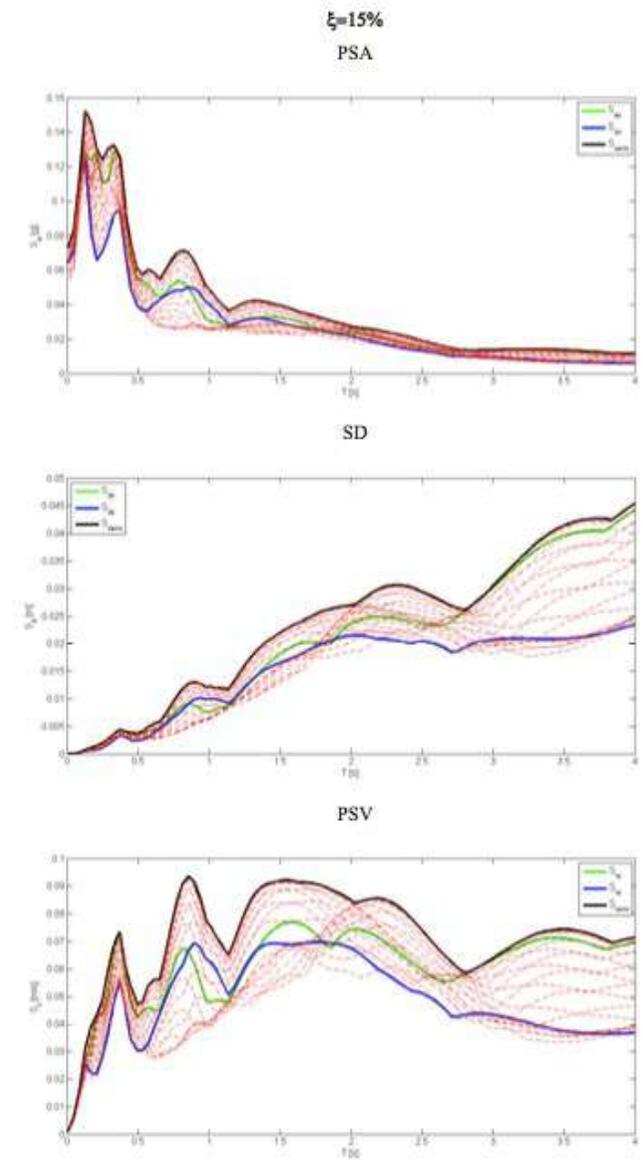
CASO STUDIO

Fasi Lavorative





Risposta sismica
all'evento del 30 ottobre '16



CASO STUDIO

Costi strutture

Intervento Classico

~ € 800,00 / mq

Intervento innovativo

~ € 600,00 / mq

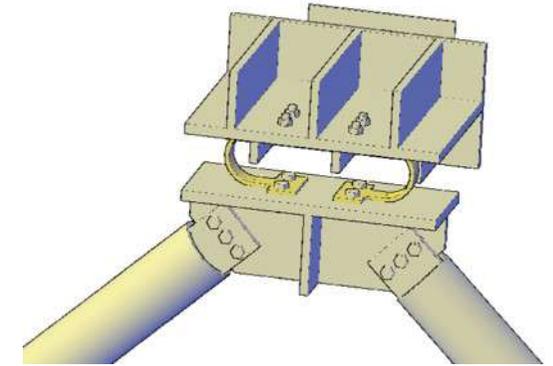
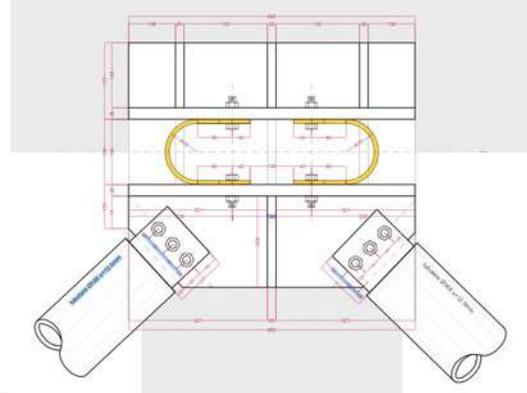
CASO STUDIO

EcoScuola



CASO STUDIO

Progetto e Realizzazione



CASO STUDIO

EcoScuola



CASO STUDIO

Costi strutture

Intervento Innovativo

~ € 300,00 / mq

ALCUNE OSSERVAZIONI

*Consolidamento
della struttura*



*Isolamento
alla base*



*Dissipazione
di energia*



Prestazioni

Condizioni di fatto e vincoli

Progetto ed esecuzione

Costi

GRAZIE

per info

petti@unisa.it

