



LA GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO: CRITICITA' E PROSPETTIVE

Venerdì, 9 Marzo 2018

VILLA TIBERIADE, via Prota 42 – Torre Annunziata (NA)

SCUOLE ED EDIFICI PUBBLICI



Prof. Ing. Andrea Prota

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura (DiST)

ReLUIS

Email: aprota@unina.it



REte dei Laboratori Universitari di Ingegneria **S**ismica

SOMMARIO

1. Danni a seguito dei recenti eventi sismici

2. Le prestazioni degli edifici scolastici

3. Le nuove norme tecniche per le costruzioni

4. La progettazione integrata per la riqualificazione degli edifici scolastici

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

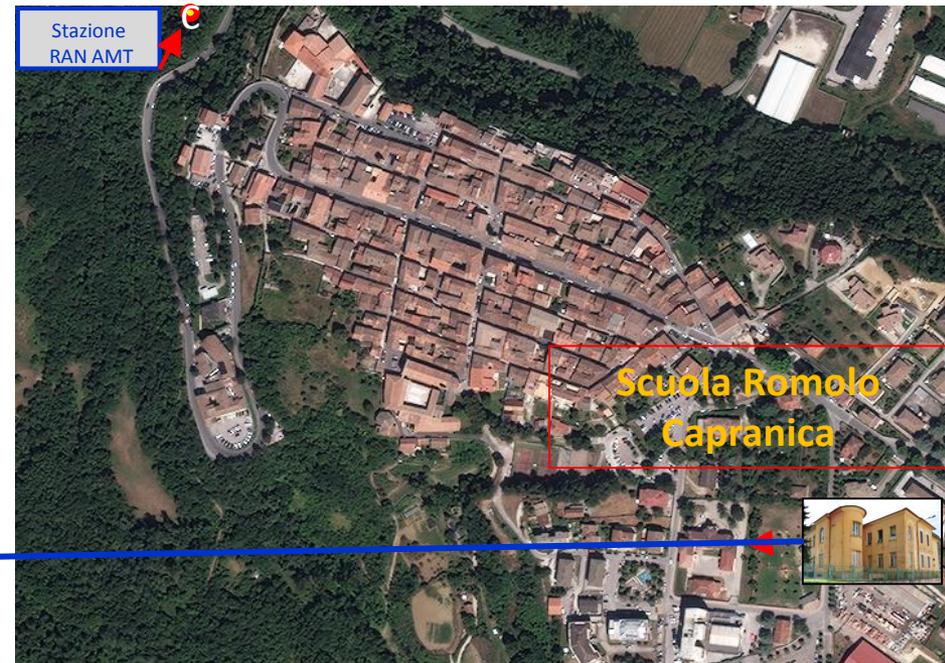
- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



• PRIMA

Amatrice (2016)



TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



- DOPO

Amatrice (2016)

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



- DOPO



Amatrice (2016)

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA

- PRIMA DI *Amatrice (2016)*



PORZIONE EDIFICIO IN C.A.

- AFTER *Amatrice (2016)*



PORZIONE EDIFICIO
IN MURATURA

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE
SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



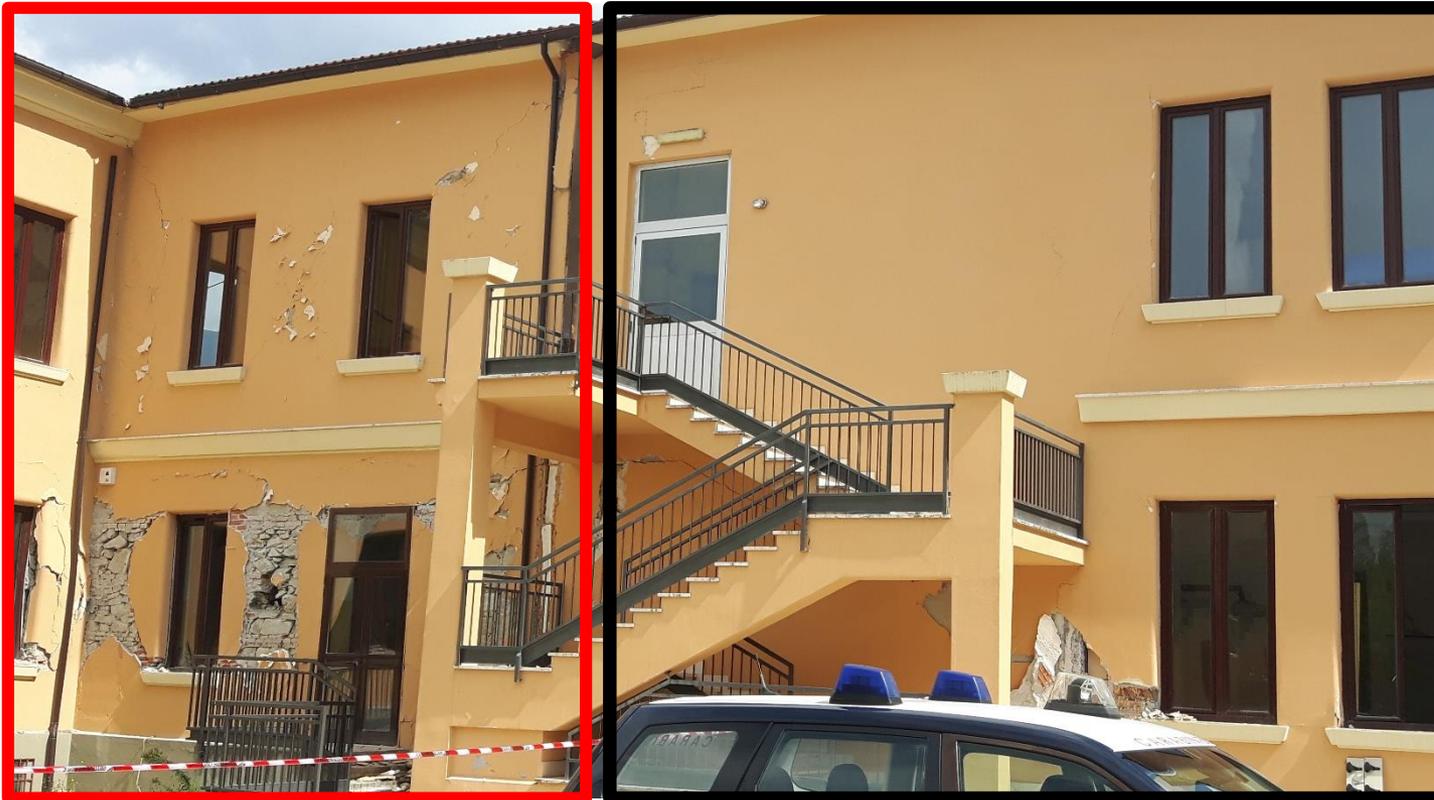
*Amatrice
(2016)*

• DOPO



TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE
SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



Amatrice (2016)

- DOPO

PORZIONE
EDIFICIO IN
C.A.

PORZIONE EDIFICIO
IN MURATURA

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



Amatrice (2016)

- DOPO

TERREMOTO 30 AGOSTO 2016 - Mw6.5

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA

• BEFORE



• AFTER

24/08/2016



• AFTER

25/10/2016



• AFTER

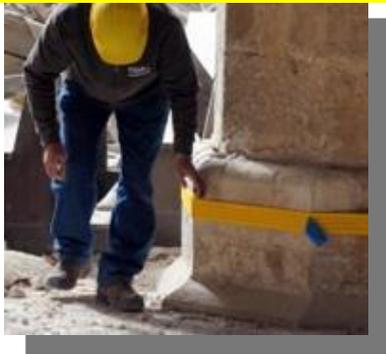
30/11/2016



RUOLO ReLUIS NELL'EMERGENZA

TERREMOTO L'AQUILA 2009, EMILIA 2012, CENTRO ITALIA 2016

- **Verifiche di agibilità edifici pubblici e privati**



- **Analisi Danni, Report e Linee Guida**



- **Iniziative riduzione rischio sismico:
Terremoto parliamone insieme – Terremoto io non rischio**



ReLUI5 – Il terremoto di L'Aquila 2009

➤ Verifiche di agibilità edifici pubblici e privati

➤ Scheda AeDES

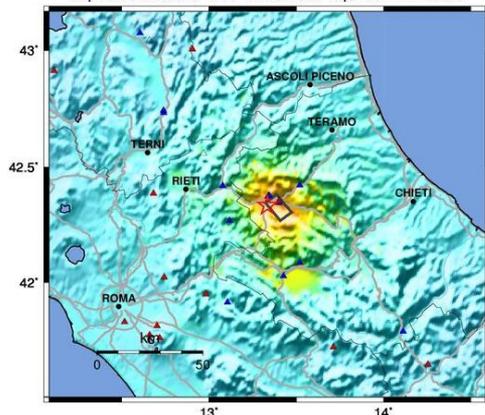
A	USABLE building	
B	UNUSABLE building (totally or partially), but USABLE after short term countermeasures	
C	PARTIALLY UNUSABLE building (1)	
D	TEMPORARILY UNUSABLE building requiring a more detailed investigation	
E	UNUSABLE building	
F	UNUSABLE building due to external risk (1)	

Esito di agibilità:

- A - Agibile
- B - Edificio inagibile ma agibile a seguito di interventi di pronto intervento
- C - Parzialmente inagibile
- D - Temporaneamente inagibile
- E - Inagibile
- F - Inagibile per rischio esterno

INGV ShakeMap : L'AQUILA

6 Apr 2009 01:32:39 UTC M 5.8 N42.33 E13.33 Depth: 6.8km ID:1895389



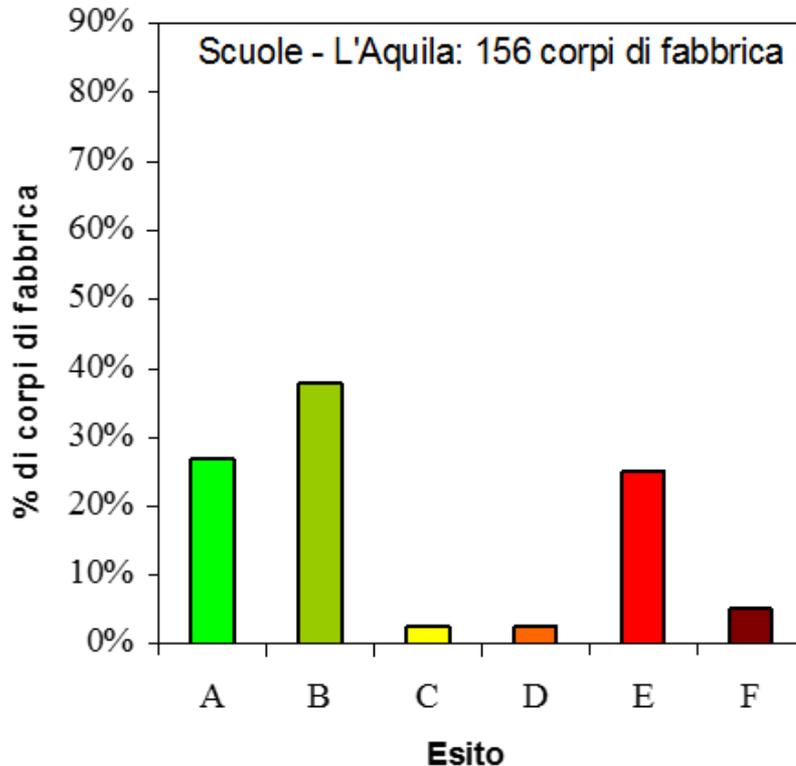
A partire **dall'8 aprile 2009** effettuati sopralluoghi su **62 complessi scolastici**, per un totale di **156 corpi di fabbrica** nel **comune di L'Aquila**. In **provincia di L'Aquila**, le verifiche di agibilità furono svolte in 64 comuni su **234 complessi scolastici per un totale di 324 corpi di fabbrica**.

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.05	0.3	2.8	8.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.7	1.4	4.7	8.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

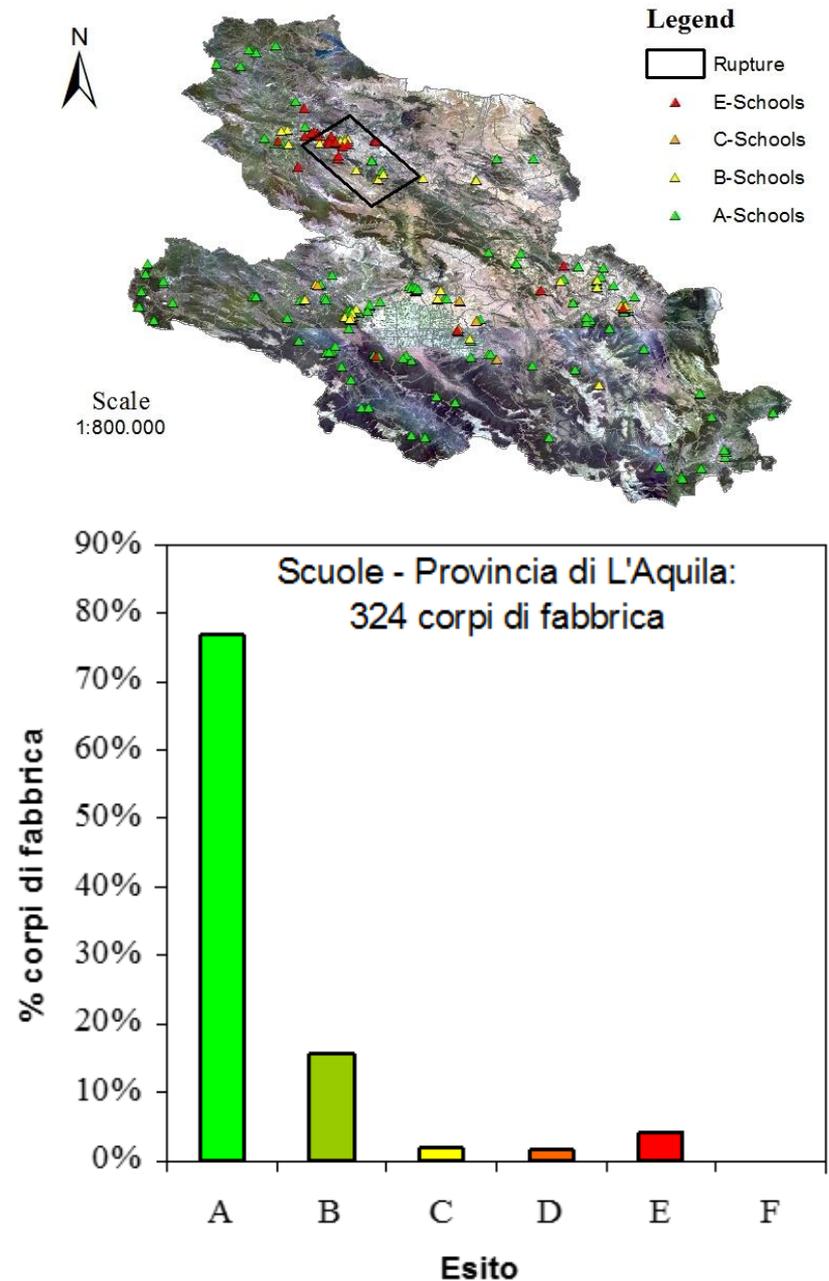
Scale based upon Worden et al. (2015)

ReLUI5 – Il terremoto di L'Aquila 2009

➤ Verifiche di agibilità edifici pubblici e privati



Circa 680 squadre coinvolte per un totale di 2000 giorni/uomo e circa 300 complessi scolastici e 480 corpi di fabbrica



ReLUI5 – Attività su edifici scolastici - Emilia 2012

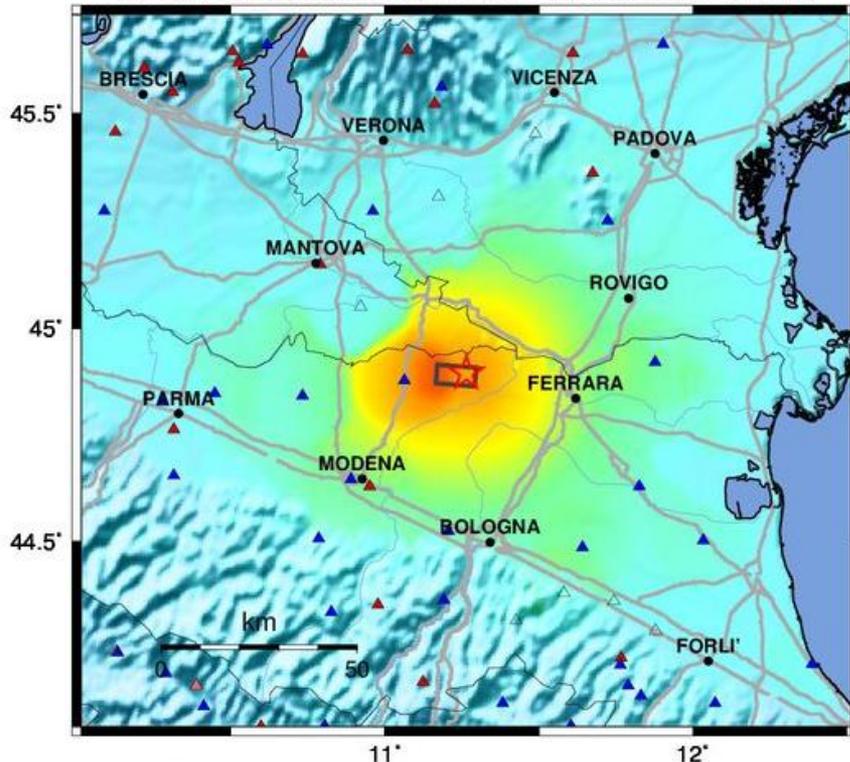
➤ Verifiche di agibilità edifici pubblici e privati

Le verifiche di agibilità condotte a partire dal **29 maggio 2012** hanno riguardato **330** edifici pubblici e in particolare:

- **200** edifici scolastici
- **15** municipi
- **10** ospedali
- **5** caserme
- **Teatri e Centri sportivi**

INGV ShakeMap : MODENA

20 May 2012 02:03:50 UTC M 5.9 N44.90 E11.26 Depth: 9.5km ID:772691

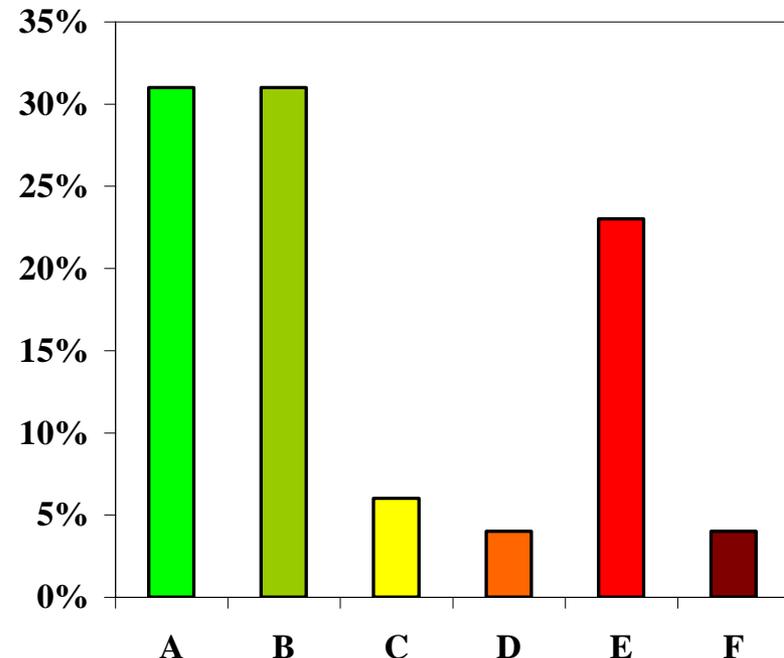


Map Version 7 Processed 2015-04-23 09:21:47 UTC

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2012)

ESITO DI AGIBILITA'



ReLUIS è stato consulente per i progetti di intervento sulle scuole

Rafforzamento locale sui nodi trave-pilastro



Collegamento perimetrale antiribaltamento



ReLUIS – Attività su edifici scolastici nel terremoto di L'Aquila 2009

N. 54 Interventi locali con FRP (14 L'Aquila e 40 provincia di L'Aquila)

Località	Denominazione Istituto	Esito al 06/04/2009
COMUNE L'AQUILA	Scuola Media Dante Alighieri	B
COMUNE L'AQUILA	Direzione di Paganica elementare	B
COMUNE L'AQUILA	Direzione di Pile	B
COMUNE L'AQUILA	Pile infanzia e asilo nido Primo Maggio	B
COMUNE L'AQUILA	Scuola di Preturo elemetare	B
COMUNE L'AQUILA	Edificio Scol. "Patin" media	B
COMUNE L'AQUILA	Edif. Scolast. Pile piccolo materna	B
COMUNE L'AQUILA	Edif. Scolast. Pagliare di Sassa materna	B
COMUNE L'AQUILA	Edif. Scol. Di Tempera materna	B
COMUNE L'AQUILA	Edif. Scol. Santa Barbara elementare e materna	B
COMUNE L'AQUILA	Scuola dell'Infanzia - Bazzano materna	B
COMUNE L'AQUILA	Edificio Scolastico San Giacomo materna e elementare	B
COMUNE L'AQUILA	Direzione "DE GASPERI" elementare	B
COMUNE L'AQUILA	Edificio Scol. Colle Capo Croce (*) materna	B

L'AQUILA

**NESSUNA RICHIESTA DI
VERIFICA DI AGIBILITÀ
NEL 2016**

Località	Denominazione Istituto	Esito al 06/04/2009
COMUNE DI FONTECCHIO	Edificio scolastico	A
COMUNE DI SCOPPITO	Scuole di Civitatomassa e Madonna della strada	A
COMUNE CAPITIGNANO	Scuole materna ed elementare	A
COMUNE DI MONTEREALE	Scuole Cesaproba e capoluogo	A
COMUNE DI MONTEREALE	Scuole capoluogo e Marana	A
COMUNE PIZZOLI	Edificio scolastico Villa S. Pietro	A
COMUNE DI CAPESTRANO	Edificio scolastico U. Migliorati	A
COMUNE DI S.PIO	Edificio scolastico elementare e media	B
COMUNE FOSSA	Edificio scolastico elementare e materna	B
Cansatessa - Piazza Cansatessa	Scuola materna	A
S.Sisto - Via della Fonte	Scuola elementare (*)	A
Valle Pretara - Via Aldo Moro	Scuola materna (*)	A
PROVINCIA L'AQUILA	Accademia Belle Arti L.Da Vinci	B
COMUNE DI CASTELVECCHIO	SUB. materna elementare e media	A
PROVINCIA L'AQUILA	Istituto Superiore O.Colecchi	B
Paganica - Via E. Rossi Tascioni	Scuola materna (*)	A
PROVINCIA L'AQUILA	ITIS Amedeo D'Aosta 3° lotto	B
Monticchio	Scuola elementare (*)	A
S.Benedetto di Bagno - Via S.Angelo	Scuola materna	A
Sassa - Via Duca degli Abruzzi	Scuola elementare	A
PROVINCIA L'AQUILA	Liceo Scientifico A.Bafile	B
COMUNE DI LUCOLI	Scuola elementare in fraz. Spognetta	A
COMUNE DI TORNIMPARTE	Scuole S.Nicola e Palombaia	A
COMUNE DI TORNIMPARTE	Scuole Villagrande	A
Coppito - Via Madonna delle Grazie	Scuola materna	A
S. Francesco - Via Tosti	Scuola materna	A
Arischia - Via collebrincioni	Scuola materna	A
S. Francesco - Via Moscardelli	Scuola elementare (*)	A
S. Francesco - Via Capo Croce	Scuola materna	A
Torrione - Via Alcide De Gasperi	Scuola materna	A
COMUNE DI NAVELLI	Scuola elementare e materna (**)	A
Preturo - Strada Provinciale 33	Scuola materna	B
PROVINCIA L'AQUILA	ITIS Amedeo D'Aosta 2° lotto	B
COMUNE DI CAGNANO	Scuola materna elem e media	A
PROVINCIA L'AQUILA	ex ITC Rendina (COTUGNO)	B
PROVINCIA L'AQUILA	IPSIASAR Leonardo Da Vinci	B
COMUNE DI COLLEDARA	Scuola elementare	A
COMUNE DI CASTELLI	Istituto d'Arte	A
COMUNE DI MONTORIO AL VOMANO	I.T.C.P.	A
COMUNE DI COLLEDARA fraz ORNANO	Scuola materna	A

ALTRI COMUNI

ReLUIS – Attività su edifici scolastici nel terremoto di L'Aquila 2009

Verifiche di vulnerabilità sismica e Progettazione interventi di miglioramento sismico (8 complessi)

Descrizione Progetto	Comune	Verificatore	ESITO 2009	PGA L'AQUILA 2009	PGA AMATRICE 2016
ITC - ITG "G. GALILEI/L. B. ALBERTI" DI AVEZZANO*VIA MONSIGNOR DOMENICO VALERII*LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA	Avezzano	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA	A / B	0,08 g	0,04 g
LICEO SCIENTIFICO "VITRUVIO POLLIONE"*VIA ALDO MORO*MESSA IN SICUREZZA ED AMPLIAMNETO	Avezzano	Dipartimento di Strutture Università degli Studi Roma Tre	A / B	0,08 g	0,04 g
ISTITUTO D'ARTE "V. BELLISARIO"*VIA TIBURTINA VALERIA*LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA	Avezzano	Dipartimento per le Tecnologie Università degli Studi di Napoli "Parthenope"	B	0,08 g	0,04 g
ISTITUTO PROFESSIONALE PER L'AGRICOLTURA E L'AMBIENTE. 'A. SERPIERI'*VIA SANTA MARIA DELLE CASE*LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA	Avezzano	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE Università degli Studi di Salerno	-	0,08 g	0,04 g
LICEO CLASSICO ' A. TORLONIA'*VIA MARCONI*LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA EDIFICIO SCOLASTICO	Avezzano	Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Aerospaziale e Geotecnica Università di Palermo	B	0,08 g	0,04 g
LICEO SOCIOPIEDAGOGICO E DELLE SCIENZE SOCIALI 'G.B. VICO'*VIALE PALMIRO TOGLIATTI*LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA	Sulmona	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE UNIVERTITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II	B	0,03 g	0,02 g
ISTITUTO TECNICO COMMERCIALE/ISTITUTO TECNICO PER GEOMETRI "A. DE NINO" - "R. MORANDI"*VIA V. D'ANDREA*LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA	Sulmona	UNIVERTITÀ DEGLI STUDI G. D'ANNUNZIO CHIETI PESCARA	B	0,03 g	0,02 g
ISITUTO D'ARTE "G. MAZARA"*VIA DI GIACOMO*LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA	Sulmona	DICAM, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali dell'Università di Bologna	A	0,03 g	0,02 g

- ✓ **riparazione di elementi non strutturali danneggiati**
- ✓ **riparazione locale di elementi strutturali**
- ✓ **interventi su tamponature e paramenti esterni non danneggiati volti a prevenire crolli pericolosi per 'incolumità delle persone**
- ✓ **interventi di rafforzamento locale di singole parti e/o elementi di strutture in cemento armato e muratura**

NESSUNA RICHIESTA DI VERIFICA DI AGIBILITÀ NEL 2016

2. LE PRESTAZIONI DEGLI EDIFICI SCOLASTICI

**LE PRESTAZIONI DEGLI EDIFICI SCOLASTICI A SEGUITO
DEGLI EVENTI SISMICI IN ITALIA CENTRALE 2016-2017**

ReLUIS – Danni rilevati su edifici scolastici

Esempi di danni a scuole **CLASSIFICATE A**

Liceo Linguistico, Teramo



Distacco di intonaci

Edificio in Muratura



Scuola elementare P. Tempera, Campli (TE)



Edificio **anni '50**, nel **2012** è stato oggetto di **interventi di consolidamento relativi ad alcune murature, ai solai e copertura**

Nessun danno

Edificio in Muratura

ReLUIIS – Danni rilevati su edifici scolastici

Esempi di danni a scuole **CLASSIFICATE B**

Istituto superiore Roberto Battaglia, Norcia

Struttura a telaio in c.a.



Distacco tamponature esterne

Fessurazioni diagonali sui tramezzi



ReLUIS – Danni rilevati su edifici scolastici

Esempi di danni a scuole **CLASSIFICATE E**

Istituto De Gasperi – Battaglia, Norcia

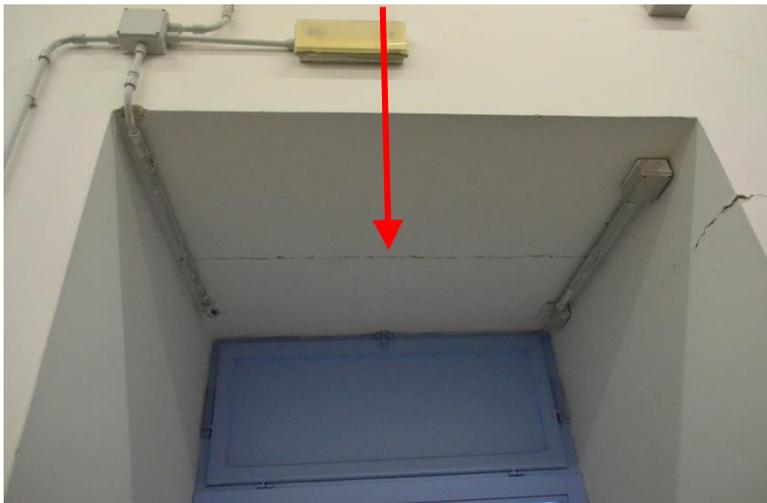
Edificio in Muratura



Fessurazione architrave



Danni alle murature



Apertura giunto tra due corpi di fabbrica



ReLUI5 – Danni rilevati su edifici scolastici

Esempi di danni a scuole **CLASSIFICATE E**

Edificio in Muratura

Scuola elementare Leopardi, Sarnano (MC)



Edificio «moderno» (**anni '50**) in muratura regolare in mattoni con solai latero-cementizi non ben collegati alle pareti murarie parallele alle orditure. **Sono state disposte, dopo il terremoto del '97, catene scorrevoli in entrambe le direzioni all'ultimo livello, che hanno impedito meccanismi di ribaltamento con distacco dalla copertura.**

Prima del terremoto del 30 Ottobre sulle pareti esterne non era presente alcuna lesione; solo danni leggeri alle murature longitudinali centrali, con lesioni diagonali lievi sulle fasce di piano.

Presenza di filature di distacco tra le murature dell'ultimo livello e l'impalcato di sottotetto parallelamente ai travetti del solaio, che fanno presumere la mancanza di armatura di ripartizione trasversale. Qualche danno ai tramezzi.

Dopo il terremoto del 30 Ottobre aggravamento dei danni nelle murature longitudinali centrali senza crolli e/o distacchi significativi delle murature perimetrali.



Remarks on damage and response of school buildings after the Central Italy earthquake sequence

M. Di Ludovico¹  · A. Digrisolo² · C. Moroni³ · F. Graziotti⁴ · V. Manfredi² · A. Prota¹ · M. Dolce^{1,3} · G. Manfredi¹

Received: 2 October 2017 / Accepted: 12 February 2018
© Springer Science+Business Media B.V., part of Springer Nature 2018

Abstract The seismic assessment of the vulnerability of existing public structures, especially school buildings, is a crucial issue in seismic prone countries. Recently, several national and regional programs and activities have focussed on the mitigation of Italian public buildings. They promote the scheduling of public buildings' structural safety assessment and, when needed, the design and execution of strengthening interventions. Nevertheless, the three strong earthquakes that occurred in the last decade in Italy, Abruzzo (2009), Emilia (2012), and Central Italy (2016), confirmed the vulnerability of school

**L' ANAGRAFE DELL'EDILIZIA SCOLASTICA IN
CAMPANIA**

ANAGRAFE REGIONALE EDILIZIA SCOLASTICA

POR Campania FSE 2014-2020

Potenziamento dell'anagrafe regionale attraverso l'acquisizione di dati mancanti e il miglioramento dei contenuti presenti nel sistema informativo

**BANDI NAZIONALI
ED EUROPEI**

UTENTI ONLINE [4] | CONTATTI | CREDITS | LOG-OUT

Benvenuto Prota Andrea nell'area riservata all'Edilizia Scolastica e alla Scheda dell'Anagrafe Nazionale degli Edifici Scolastici.

UTENTE COLLEGATO: REGUN01
TIPOLOGIA UTENTE: REGIONE

Gestione Edifici Scolastici e Anagrafe Edilizia Scolastica

CERCA EDIFICIO

SELEZIONA COMUNE: 063049 - NAPOLI

TUTTE LE SCHEDE

ELENCO DEI PLESSI SCOLASTICI NON AGGANCIATI A EDIFICI

COD PRINC	COD MPI	NOME PLESSO	INDIRIZZO
NAEE00400A	NAAA004027	Infanzia - M.Cristina di Savoia	VIA M.CRISTINA DI SAVOIA, 2/D
NAEE00400A	NAEE00400A	DD - Riviera	VIALE MARIA CRISTINA DI SAVOIA 2/D
NAEE00400A	NAEE00404E	Primaria - M.Cristina di Savoia	VIALE MARIA CRISTINA DI SAVOIA 2A
NAEE02400G	NAEE02400G	DD - Dante Alighieri	PIAZZA CARLO III N. 33
NAEE03000V	NAEE03000V	DD - Parini	VIA FOSSO DEL LUPO 15
NAEE03600T	NAAA03601N	Infanzia - Vanvitelli	VIA LUCA GIORDANO, 128
NAEE03600T	NAAA03603Q	Infanzia - Caccavello	VIA A. Caccavello 7

EDIFICIO SCOLASTICO E PLESSI ANNESSI	PLAN	MAP	CAD	SPAZI	S.A.	S.V.	FIN.	LOC	A/D	SNAES
87 0630490091 - NAPOLI - VIA MIANO 290 -										
» NAI12900N - NATF129016 - ITI - Attilio Romanò										
» NAI12900N - NARI12951P - IPIA - Milano (serale)										
» NAI12900N - NARI129019 - IPIA - Milano										
» NAI12900N - NAI12900N - IIS - Attilio Romanò										
EDIFICIO SCOLASTICO E PLESSI ANNESSI										
88 0630490092 - NAPOLI - VIA RIMINI 6 -										
» NAPM05000L - NAPM05000L - IM - Villari										
EDIFICIO SCOLASTICO E PLESSI ANNESSI										
90 0630490094 - NAPOLI - VIA DI POZZUOLI SNC -										
» EDIFICIO TEMPORANEAMENTE NON UTILIZZATO										

Principali Criticità:

- Plessi non agganziati ad edifici;
- SNAES ROSSO;
- Qualità del dato contenuto;
- Edifici temporaneamente non utilizzati;
- Edifici di competenza mista provincia/comune.



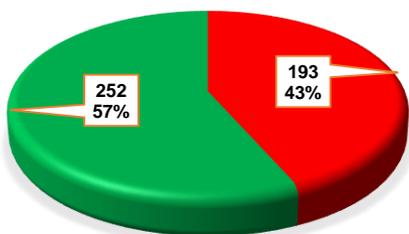
**Convenzione
UNIVERSITÀ-ARES**

ANAGRAFE REGIONALE EDILIZIA SCOLASTICA

POR Campania FSE 2014-2020

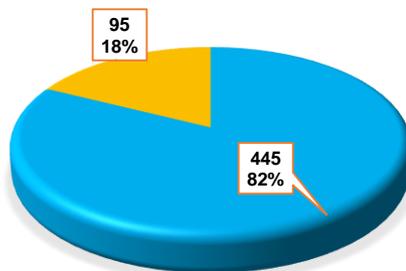
Potenziamento dell'anagrafe regionale attraverso il riempimento dei dati mancanti e il miglioramento dei contenuti presenti nel sistema informativo

Città di Napoli - 445 edifici scolastici



■ SNAES ROSSO ■ SNAES VERDE

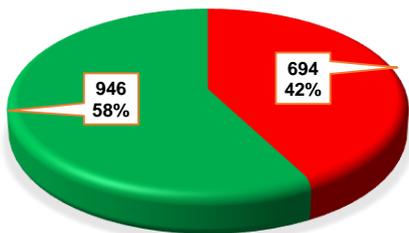
Città di Napoli



■ Agganciato ■ Non agganciato

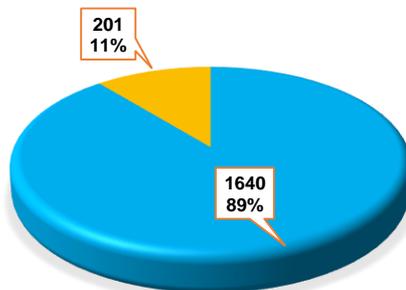
**Città Metropolitana
+
10 Municipalità**

Napoli e Provincia
- 1640 edifici scolastici -



■ SNAES ROSSO ■ SNAES VERDE

Napoli e Provincia



■ Agganciato ■ Non agganciato

92 Comuni

ANAGRAFE REGIONALE EDILIZIA SCOLASTICA

POR Campania FSE 2014-2020

Potenziamento dell'anagrafe regionale attraverso il riempimento dei dati mancanti e il miglioramento dei contenuti presenti nel sistema informativo

	Edifici scolastici e plessi annessi		Controllo SNAES			Plessi scolastici non agganciati a edifici			
	No. Edifici	No. Edifici temporan. non utilizzato	rosso	verde	% SNAES ROSSO	No. Plessi	Edifici+Plessi non agganciati	% Plessi non agganciati	N _{COMUNI}
Napoli	1640	115	694	946	42%	201	1841	11%	92
Benevento	290	48	200	90	69%	91	381	24%	78
Salerno	943	77	633	311	67%	134	1077	12%	158
Caserta	679	39	376	303	55%	86	765	11%	104
Avellino	444	55	233	211	52%	49	493	10%	118
Totale	3996	334	2136	1861	53%	561	4557	12%	550

**53% SNAES ROSSO
IN 5 PROVINCE**

**12% PLESSI NON AGGANCIATI
IN 5 PROVINCE**

3. LE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

NTC 2018

pubblicate in Gazzetta Ufficiale n.42 del 20 Febbraio 2018

entrata in vigore: 22 Marzo 2018

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

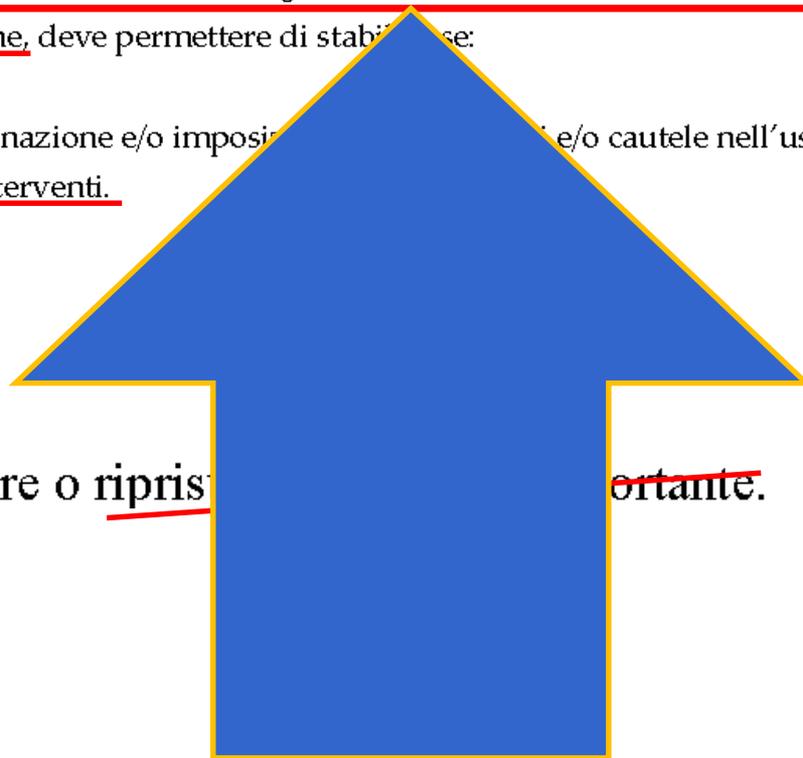
La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

NTC 2008

- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare ~~la~~ portante.



Dopo ci ritorniamo!

Modifiche su Valutazione della sicurezza (2 di 4)

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
- 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 passaggio ad una classe d'uso superiore;
- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidezza;
- ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4;
- opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

NTC 2008

- 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

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.

Modifiche su Valutazione della sicurezza (3 di 4)

Qualora le circostanze di cui ai punti precedenti riguardino porzioni limitate della costruzione, la valutazione della sicurezza potrà essere effettuata anche solo sugli elementi interessati e a quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro funzione nel complesso strutturale, posto che le mutate condizioni locali non incidano sostanzialmente sul comportamento globale della struttura.

Nella valutazione della sicurezza, da effettuarsi ogni qual volta si eseguano interventi strutturali di miglioramento o adeguamento di cui al § 8.4, il progettista dovrà esplicitare in un'apposita relazione, esprimendoli in termini di rapporto fra capacità e domanda, i livelli di sicurezza precedenti all'intervento e quelli raggiunti con esso.

Qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:

- nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si sono prodotti nel passato;
- siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;
- siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.

Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, si farà riferimento alla documentazione disponibile e si potrà omettere di svolgere indagini specifiche solo qualora, a giudizio esplicitamente motivato del professionista incaricato, sul volume di terreno significativo e sulle fondazioni sussistano elementi di conoscenza sufficienti per effettuare le valutazioni precedenti.

Parte sulle fondazioni parzialmente mutuata dal C8A.5.11 INTERVENTI IN FONDAZIONE (Circolare 617 del 2009)

Modifiche su Valutazione della sicurezza (4 di 4)

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso sui carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi sull'uso e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

La restrizione sull'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'i-esima porzione, è quantificata attraverso il rapporto $\zeta_{v,i}$ tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

È necessario adottare provvedimenti restrittivi sull'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento 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.

NTC 2008

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU; nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli SLE i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente.

Modifiche relative a Classificazione degli Interventi

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

interventi di riparazione o locali: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;

interventi di miglioramento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;

interventi di adeguamento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al paragrafo 8.4.3.

Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.

Per gli interventi di miglioramento e di adeguamento l'esclusione di provvedimenti in fondazione dovrà essere in tutti i casi motivata esplicitamente dal progettista, attraverso una verifica di idoneità del sistema di fondazione in base ai criteri indicati nel §8.3.

Qualora l'intervento preveda l'inserimento di nuovi elementi che richiedano apposite fondazioni, queste ultime dovranno essere verificate con i criteri generali di cui ai precedenti Capitoli 6 e 7, così come richiesto per le nuove costruzioni.

Per i beni di interesse culturale ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del DLgs 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.

8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

NTC 2008

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.

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

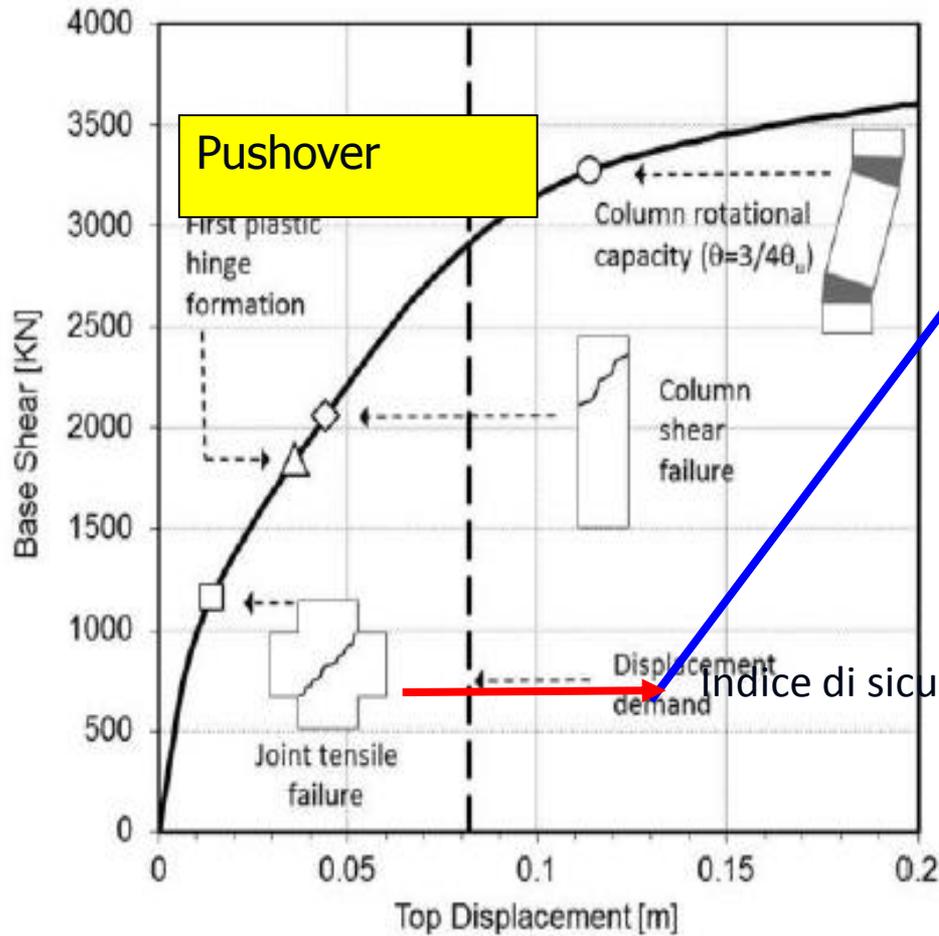
Incremento di sicurezza globale tramite interventi locali

Earthquake Spectra

May 2015, Vol. 31, No. 2, pp. 1083-1102

Local Strengthening of Reinforced Concrete Structures as a Strategy for Seismic Risk Mitigation at Regional Scale

Raffaele Frascadore, Marco Di Ludovico, Andrea Prota, Gerardo Mario Verderame, Gaetano Manfredi, Mauro Dolce, and Edoardo Cosenza



Eliminazione meccanismi fragili (locali)

Considerazioni sulla scelta di un intervento locale

Perché e quando?

- Perché non è possibile effettuare interventi troppo invasivi
- Perché la redazione di un progetto di miglioramento o adeguamento è più onerosa in partenza specialmente per le prove sui materiali e sui dettagli
- Quando ci si trova di fronte a strutture per le quali un modello globale è ingegneristicamente non convincente (aggregati con differenti altezze, solai sfalsati, etc)

Ma comunque un intervento locale va preceduto da saggi e prove. E' comunque raccomandabile, anche se non obbligatorio, studiare il modello globale

EDIFICI ESISTENTI – C.A

➤ Collassi tipici e deficienze strutturali

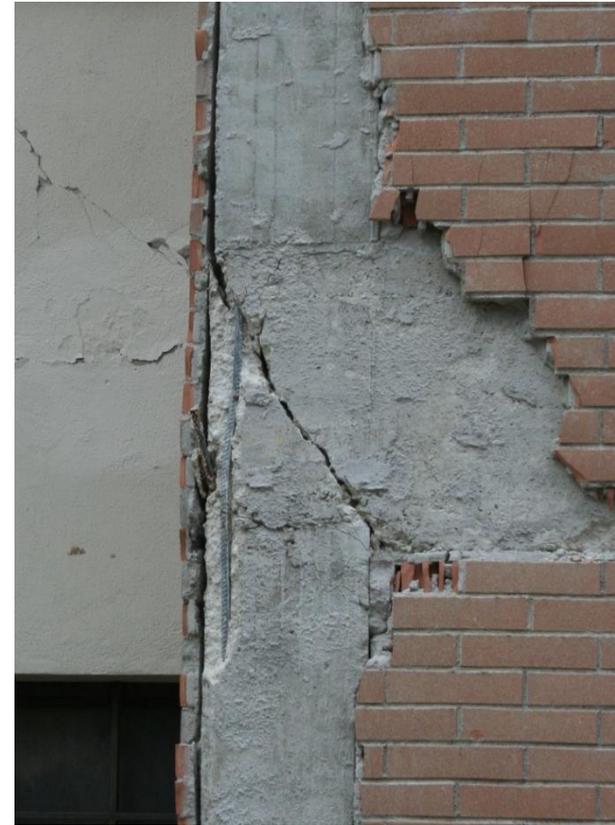
Edifici in C. A.

L'Aquila, 2009

- I nodi trave-pilastro



Assenza di staffe nel nodo



Instabilità armatura pilastro passante nel nodo

EDIFICI ESISTENTI – C.A

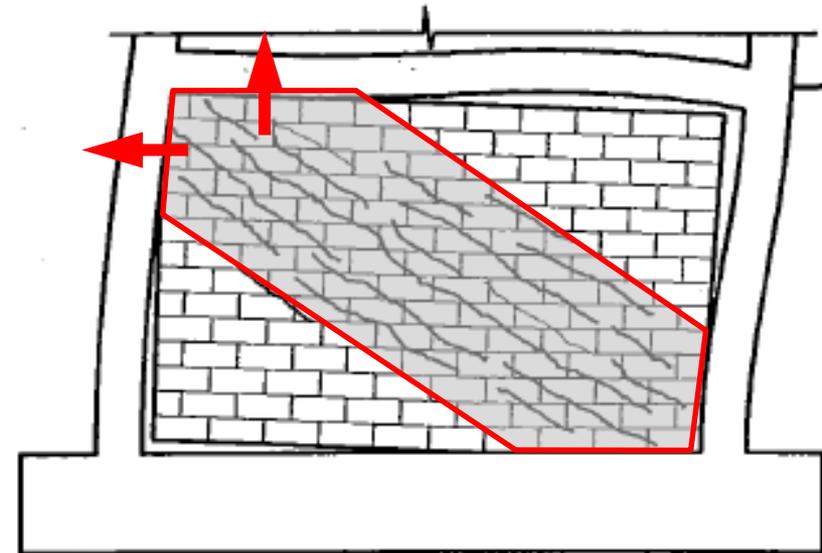
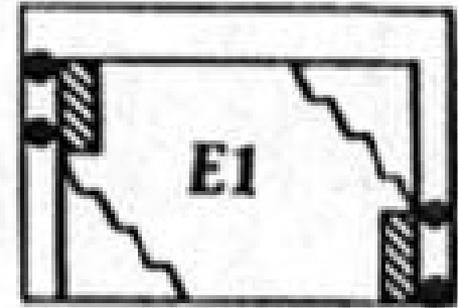
➤ Collassi tipici e deficienze strutturali

L'Aquila, 2009

- I nodi trave-pilastro

Interazione con tamponature

Edifici in C. A.



EDIFICI ESISTENTI – C.A

➤ Collassi tipici e deficienze strutturali

Edifici in C. A.

L'Aquila, 2009

■ Elementi non strutturali



Discontinuità prodotte dalle aperture



Ribaltamento della fodera esterna della tamponatura

Modifiche relative a Intervento di Miglioramento

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno $\zeta_E = 1,0$.

Le novità:

- ζ_E pari ad almeno 0,6 per classe III ad uso scolastico e classe IV
- per altre costruzioni di classe III e per quelle di classe II, incremento di ζ_E comunque non minore di 0,1

Classi di Rischio Sismico: la minore tra IS-V e PAM



Ministero delle
Infrastrutture e dei
Trasporti

la classe di Rischio Sismico

Parametro Sicurezza:

Classe IS-V (Indice di sicurezza) ζ_E

rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita e quella prevista, nel sito, per un nuovo edificio



Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A_{IS-V}^+
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A_{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Il Metodo convenzionale per

Parametro Economico:

Classe PAM (Perdita Annuale Media attesa)

costo di riparazione dei danni prodotti dagli eventi sismici che si manifesteranno nel corso della vita della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione



Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A_{PAM}^+
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}

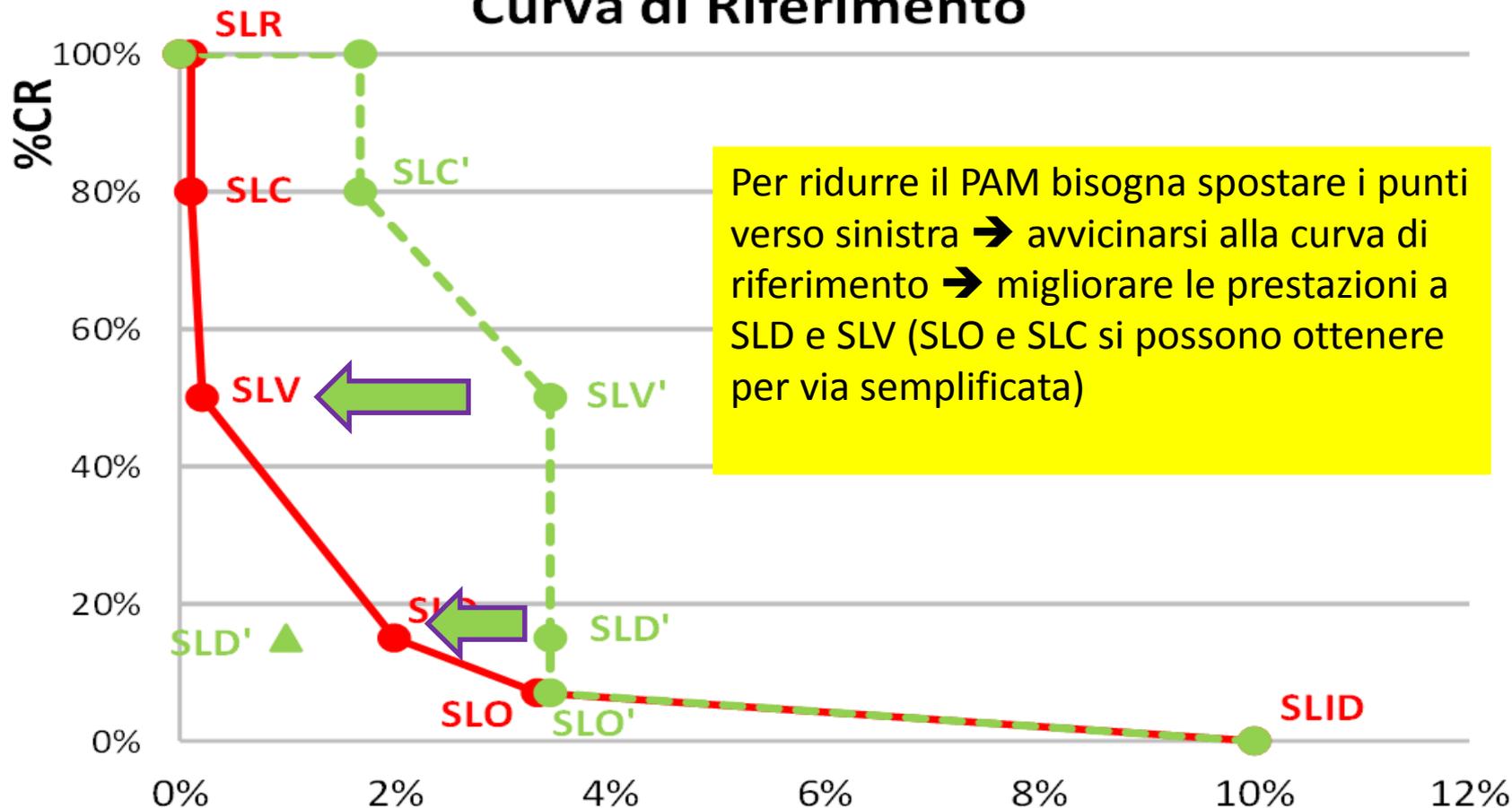
La
di F
si in
me
in re
due p
e privi
nel co
la c
più
(più

CLASSI DI RISCHIO: PAM

Analisi delle perdite attese

Classe PAM: ?

Curva di Riferimento



Modifiche relative a Intervento di Miglioramento

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno $\zeta_E = 1,0$.



Le novità:

- ζ_E pari ad almeno 0,6 per classe III ad uso scolastico e classe IV
- per altre costruzioni di classe III e per quelle di classe II, incremento di ζ_E comunque non minore di 0,1

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A_{IS-V}^+
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A_{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Modifiche relative a Intervento di Adeguamento

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- sopraelevare la costruzione;
- ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;
- apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla Equazione 2.5.2 includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
- effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.
- apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere $\zeta_E \geq 1,0$. Nei casi c) ed e) si può assumere $\zeta_E \geq 0,80$.

Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione.

Una variazione dell'altezza dell'edificio dovuta alla realizzazione di cordoli sommitali o a variazioni della copertura che non comportino incrementi di superficie abitabile, non è considerato ampliamento, ai sensi della condizione a). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni di cui agli altri precedenti punti.

Le novità:

- Adeguamento raggiungibile in alcuni casi con ζ_E maggiore o uguale a 0,8 !

Modifiche relative a Intervento di Adeguamento

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento di adeguamento della costruzione

- sopraelevare la costruzione;
- ampliare la costruzione mediante opera; sta;
- apportare variazioni di destinazione c
ri al 10%, valutati secondo la combina
nali. Resta comunque fermo l'obbligo
che se interessano porzioni limitate de
- effettuare interventi strutturali volti a
ad un sistema strutturale diverso dal
sistema strutturale mediante l'impieg
tazionali complessivi riferiti ai singol
- apportare modifiche di classe d'uso c

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all
secondo le indicazioni del presente capitolo.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttu
Resta comunque fermo l'obbligo di procedere
sano porzioni limitate della costruzione.

Una variazione dell'altezza dell'edificio dovuta
portino incrementi di superficie abitabile, non
procedere all'adeguamento, salvo che non ricori



Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100% < IS-V$	A_{IS-V}^+
$100% \leq IS-V < 80%$	A_{IS-V}
$80% \leq IS-V < 60%$	B_{IS-V}
$60% \leq IS-V < 45%$	C_{IS-V}
$45% \leq IS-V < 30%$	D_{IS-V}
$30% \leq IS-V < 15%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15%$	F_{IS-V}

ispo-

erio-
azio-
l, an-

rtino
no il
ravi-

ento,

es-

com-
sario

Le novità:

- Adeguamento raggiungibile in alcuni casi con ζ_E maggiore o uguale a 0,8 !

Modifiche relative a Intervento di Adeguamento

E, nel testo revisionato della Circolare (almeno attualmente), si specifica come interpretare l'adeguamento quando viene fatto anche se non è obbligatorio:

C8.4.3 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento di adeguamento ha l'obiettivo di raggiungere i livelli di sicurezza richiesti per gli edifici di nuova costruzione; nel § 8.4.3 delle NTC sono definiti i casi nei quali l'intervento di adeguamento è obbligatorio.

Per questa categoria di interventi la valutazione della sicurezza è obbligatoria e finalizzata a stabilire se la struttura, a seguito dell'intervento, è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto con il grado di sicurezza richiesto dalle NTC per le nuove costruzioni. Non è, in generale, necessario il soddisfacimento delle prescrizioni sui dettagli costruttivi (per esempio armatura minima, passo delle staffe, dimensioni minime di travi e pilastri, ecc.) valide per le costruzioni nuove, purché il progettista dimostri che le prestazioni previste per i vari stati limite sono comunque garantite.

Negli interventi di adeguamento delle costruzioni nei confronti delle azioni sismiche è richiesto, generalmente, il raggiungimento del valore unitario del parametro ζ_E ; nel caso di semplici variazioni di classe e/o destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi verticali in fondazione superiori al 10% (caso c) del § 8.4.3 delle NTC è ammesso un valore minimo di ζ_E pari a 0,8. È assimilabile a tale situazione anche l'adeguamento sismico deciso dal proprietario a seguito di inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione di sicurezza di cui al § 8.3 delle NTC, ma non ricadente nei casi a), b) o d). Tale riduzione, giustificata dalla conoscenza che si ha di una struttura esistente rispetto ad una ipotetica struttura da realizzare, consente di evitare stravolgimenti delle strutture originarie, oltre che incentivare gli interventi di adeguamento.

Per gli edifici esistenti in muratura, particolarmente quelli storici, in cui il regime delle sollecitazioni è frutto della sovrapposizione delle vicende statiche subite dalla costruzione nel tempo, la previsione degli effetti degli interventi sul comportamento strutturale risulta estremamente difficile. Per questo motivo, è conveniente limitare l'alterazione dello stato di fatto per non creare situazioni di esito incerto; particolare cautela deve pertanto essere adottata nel caso di interventi di tipo a), b) e d).

4. LA PROGETTAZIONE INTEGRATA PER LA RIQUALIFICAZIONE

LA PROGETTAZIONE INTEGRATA PER LA RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA SCOLASTICA

4. LA PROGETTAZIONE INTEGRATA PER LA RIQUALIFICAZIONE



Progetto DPC - ReLUIS 2017
PR2-CA

WP3 - TASK 3.1 INTERVENTI DI RAPIDA ESECUZIONE

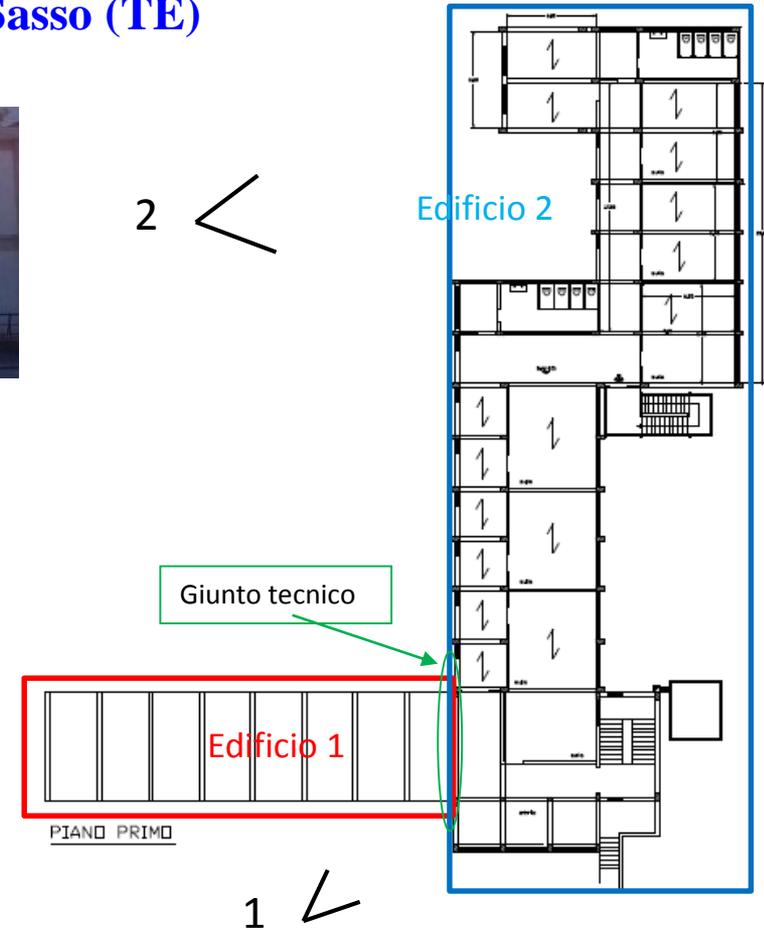
SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico
"Parozzani" Isola del Gran Sasso (TE)



Vista 2



Vista 1



Pianta dei degli edifici 1 e 2

Edificio oggetto di studio: Edificio 2 (corpo aule)

**SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico
"Parozzani" Isola del Gran Sasso (TE)**

Anno di progettazione	1960-1970
Interventi post-sisma 1997	nessuno
a_g/g ($V_R=75$ anni)	0.255
CAT suolo	B
f_{cm}	Min=12,55 MPa; Max=34,90 MPa; Media di calcolo=16.6 MPa
f_{ym} (barre lisce)	390.8 MPa
Livello di conoscenza	LC2

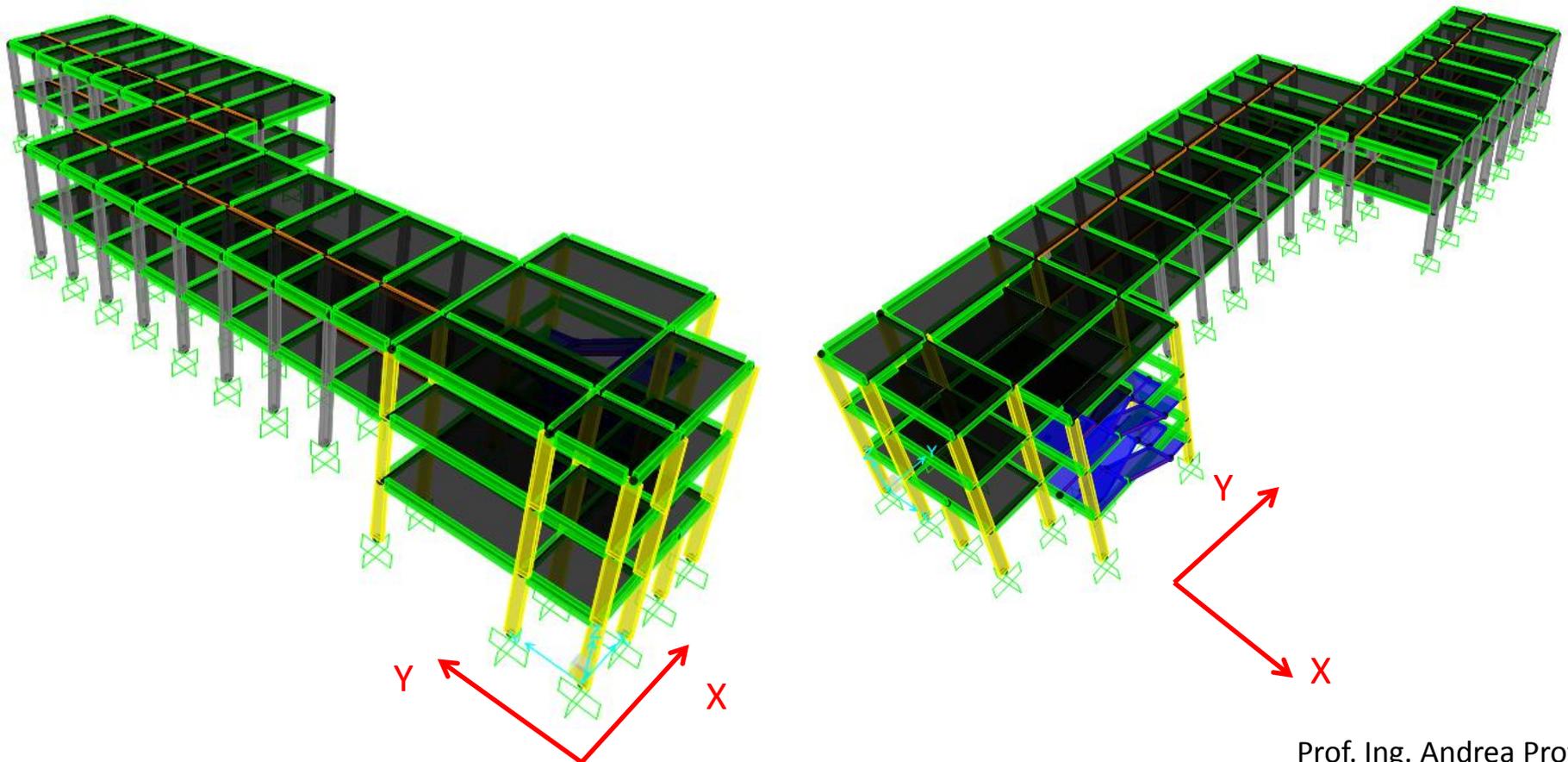
I risultati delle prove di laboratorio combinati con i dati del metodo SONREB restituiscono una $f_{cm}=20$ MPa circa.

Nel caso in esame si è preferito usare lo stesso valore usato nella valutazione sismica eseguita da terzi $f_{cm}=16.6$ MPa.

Per l'acciaio si è usato $f_{ym}=391$ MPa (test di laboratorio).

SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico
"Parozzani" Isola del Gran Sasso (TE)

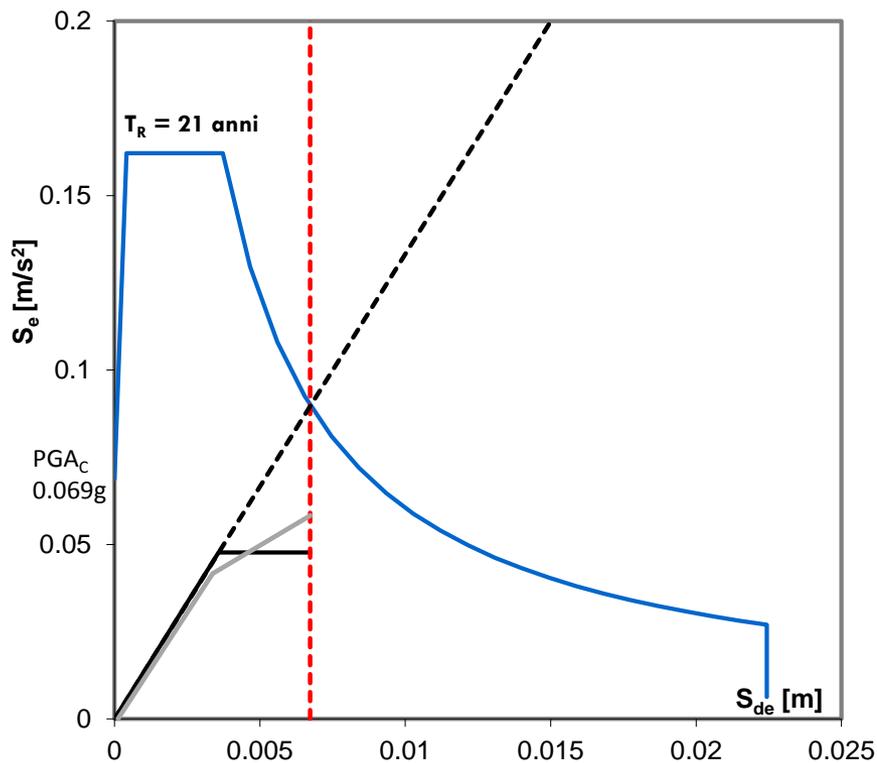
Vista assonometrica dei modelli di calcolo (SAP2000)





SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico "Parozzani"
Isola del Gran Sasso (TE)

Indicatore di rischio $\alpha_{UV}=23\%$



$$\alpha_{uv} = PGA_C / PGA_D = 23\%$$



Crisi a taglio compressione
nodi perimetrali



SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico "Parozzani"
Isola del Gran Sasso (TE)

Elementi da rinforzare per giungere ad $\alpha_{UV}=60\%$

Meccanismi fragili (NTC θ variabile)

- 0/202 Travi;
- 7/128 Pilastri (pilastri tozzi del vano scala);
- 7/35 Nodi compressione (di cui 3 del vano scala);
- 33/35 Nodi trazione;

Meccanismi duttili

- 0/128 Pilastri;



**SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico "Parozzani"
Isola del Gran Sasso (TE)**

Elementi da rinforzare per giungere ad $\alpha_{UV}=80\%$

Meccanismi fragili (NTC θ variabile)

- **1/202 Travi** (esterna della scala);
- **7/128 Pilastri** (pilastri tozzi del vano scala);
- **8/35 Nodi compressione** (di cui 5 del vano scala);
- **35/35 Nodi trazione**;

Meccanismi duttili

- **12/128 Pilastri** (alcuni dei quali anche in crisi per taglio);



SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico "Parozzani"
Isola del Gran Sasso (TE)

Elementi da rinforzare per giungere ad $\alpha_{UV}=100\%$

Meccanismi fragili (NTC θ variabile)

- 1/202 Travi (esterna della scala);
- 7/128 Pilastri (pilastri tozzi del vano scala);
- 10/35 Nodi compressione (di cui 5 del vano scala);
- 35/35 Nodi trazione;

Meccanismi duttili

- 38/128 Pilastri (alcuni dei quali anche in crisi per taglio);

SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico "Parozzani"
Isola del Gran Sasso (TE)

Interventi sull'involucro esterno – $\alpha_{UV} = 73\%$

Travi → n°1 trave rinforzabile dall'esterno $\alpha_{UV} = 100\%$
(prima crisi fragile per trave $\alpha_{UV_min} = 75\%$)

Pilastri → rinforzabili dall'esterno ($\alpha_{UV_min} = 26\%$)

Nodi trazione → rinforzabili dall'esterno ($\alpha_{UV_min} = 27\%$)

Nodi compressione → rinforzabili dall'esterno ($\alpha_{UV_min} = 23\%$)

Travi → nessun elemento da rinforzare

Pilastri → prime crisi duttile per pilastri interni $\alpha_{UV} = 73\%$ (prima crisi duttile per pilastri $\alpha_{UV} = 66\%$)

Eseguendo interventi dall'esterno di rinforzo a taglio della trave della scala, di confinamento dei nodi e dei pilastri (9), si giunge ad un $\alpha_{UV} = 73\%$ dovuto a meccanismo duttile dei pilastri interni.

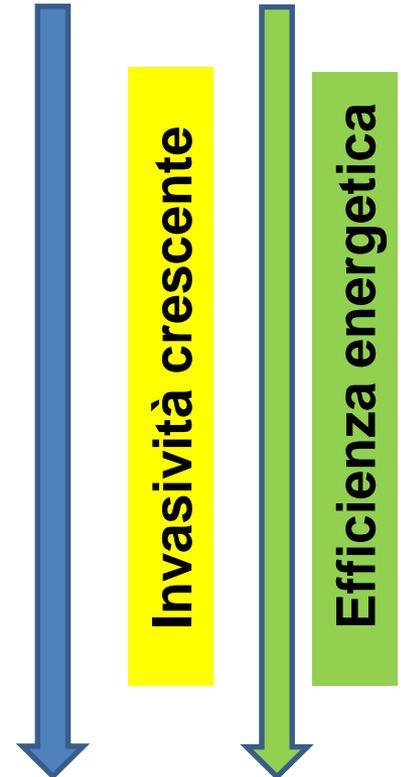
SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico "Parozzani"
Isola del Gran Sasso (TE)

Progetto interventi di rinforzo sismico

Livello 1: *Interventi di rafforzamento locale*
(FRP solo pannello di nodo + rinforzo taglio pilastri +
antiribaltamento tamponature di facciata)

Livello 2: *Interventi di rafforzamento locale*
(FRP pannello di nodo + confinamento +
spinta tamponatura + rinforzo taglio pilastri +
antiribaltamento tamponature di facciata)

Livello 3: *Interventi di miglioramento*
(controventi dissipativi esterni + FRP)



Livello 1:

Interventi di efficienza energetica

Involucro: Interventi locali dall'esterno

1. Isolamento termico della copertura

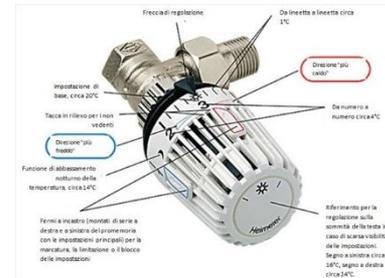
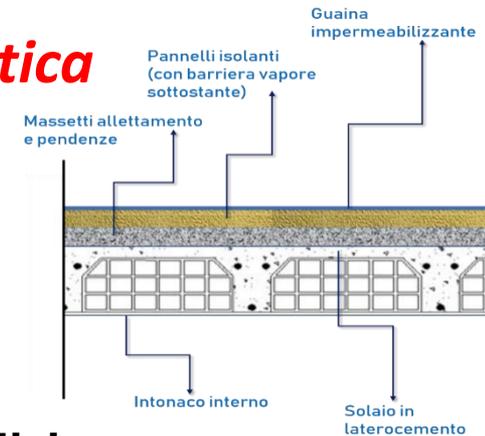
(trasmissione termica da 1.2 W/m²K a 0.26 W/m²K)

2. Sostituzione dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio

(La trasmissione termica passa da 5.7 W/m²K a 1.9 W/m²K
il fattore solare passa da 0.80 a 0.55)

Impianti

3. Installazione di valvole termostatiche e in corrispondenza dei corpi scaldanti



Risultato atteso: Salto di 1/2 classi energetiche, da F a E

(se non si interviene sugli impianti)

D (se si interviene sugli impianti).

Si evidenzia che il livello 1 di intervento rientra nella casistica delle **ristrutturazioni energetiche di II livello** in base a quanto previsto dal Decreto 26 giugno 2015.

Livello 2: *Interventi di efficienza energetica*

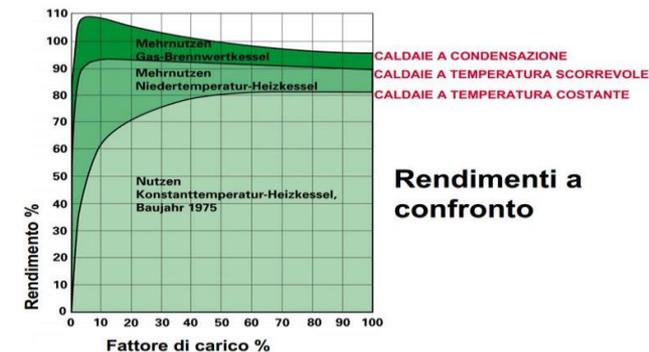
In aggiunta agli interventi proposti al Livello 1

Involucro: Interventi diffusi dall'esterno

1. Isolamento termico delle pareti verticali a cassa vuota attraverso l'insufflaggio di isolante termico (trasmittanza termica da 1.1 W/m²K a 0.28 W/m²K)

Impianti

2. Installazione di una caldaia ad alto rendimento della potenza di circa 80kW

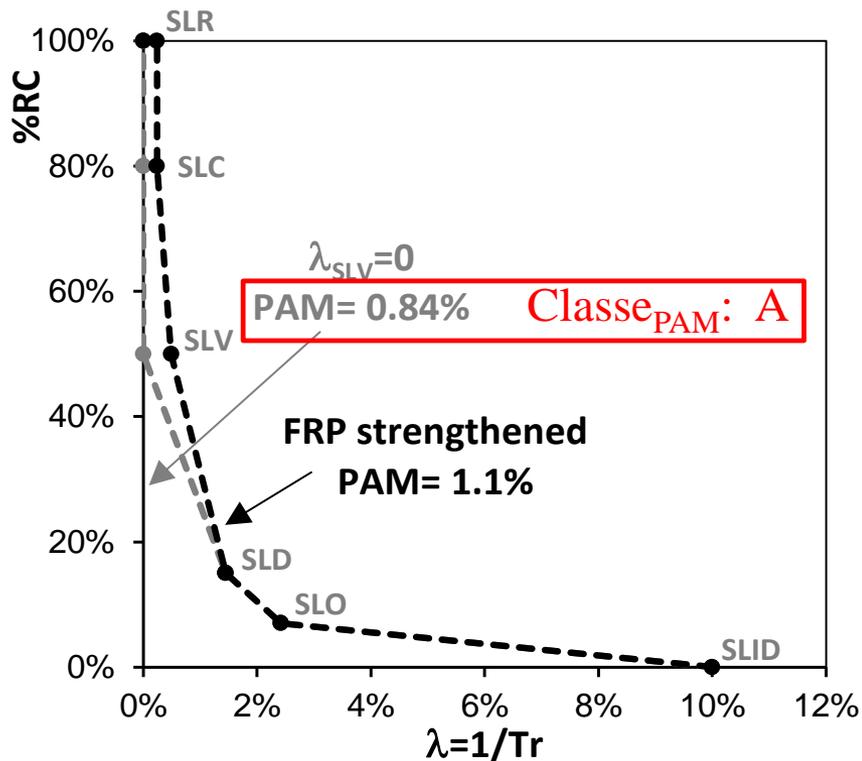


Risultato atteso: Salto di **3/4 classi energetiche, da F a C**
(se non si interviene sugli impianti)
B (se si interviene sugli impianti).

*Si evidenzia che il livello 1 di intervento rientra nella casistica delle **ristrutturazioni energetiche di I livello** in base a quanto previsto dal Decreto 26 giugno 2015.*

SCUOLA 2 - ID 36162, 36185_SCUOLA MEDIA – Complesso scolastico
 "Parozzani" Isola del Gran Sasso (TE)

Livello 3: *Interventi di miglioramento* (*controventi dissipativi esterni + FRP*)



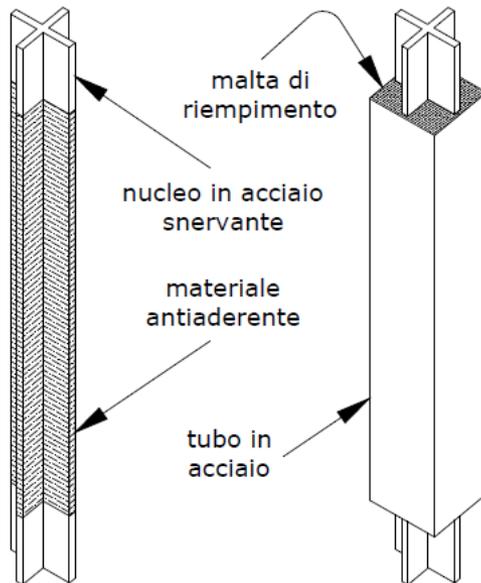
Per migliorare ulteriormente la classe di rischio e proteggere le tamponature non basta intervenire solo allo SLV
bisogna intervenire anche allo SLD

↓
Controventi dissipativi

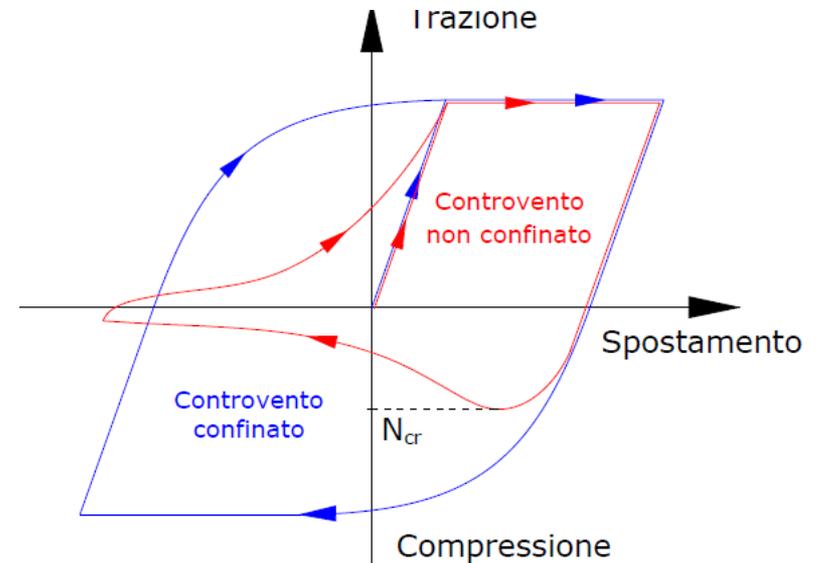
Livello 3: Progetto interventi con controventi dissipativi

Dispositivi dissipativi di progetto

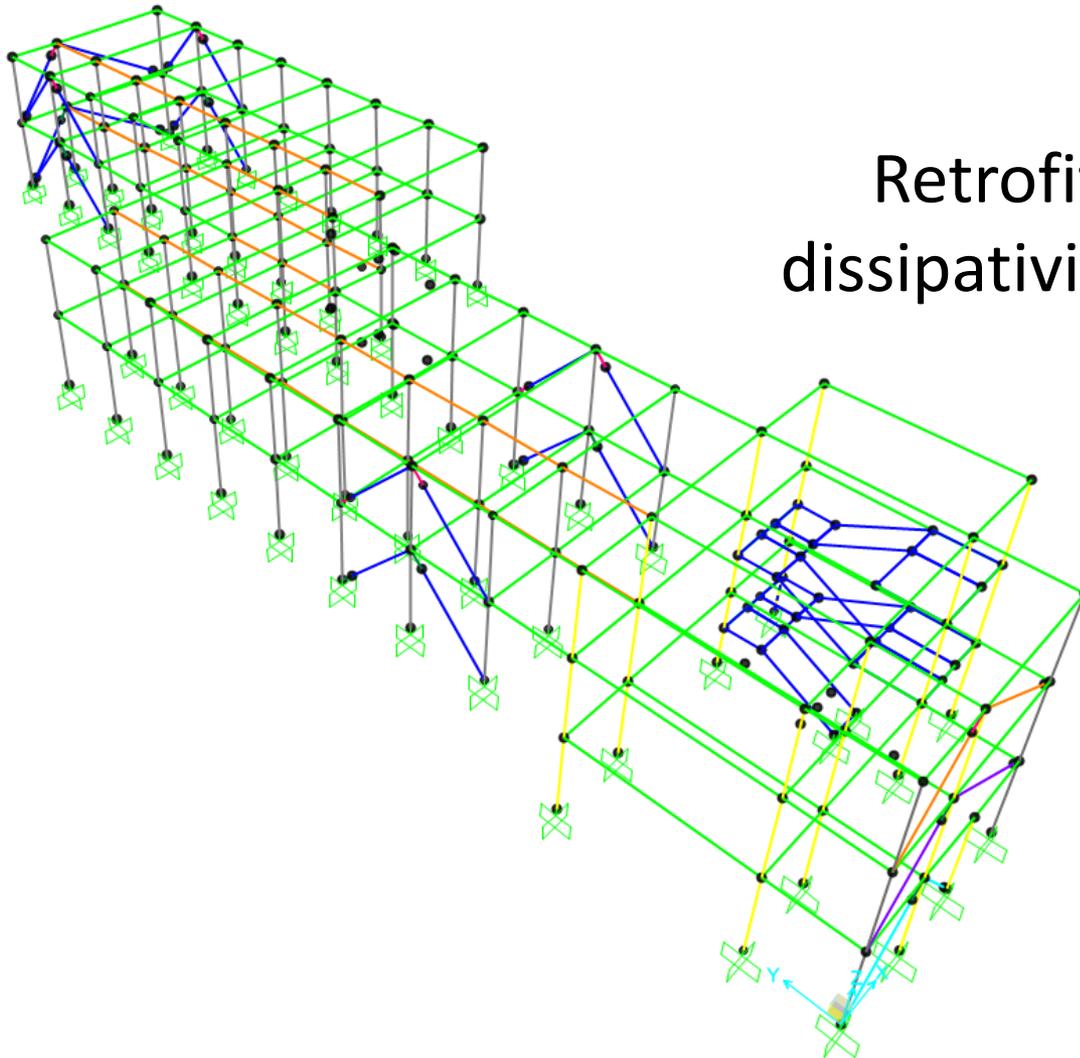
Controvento ad instabilità impedita



Ciclo di isteresi schematico



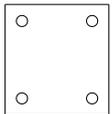
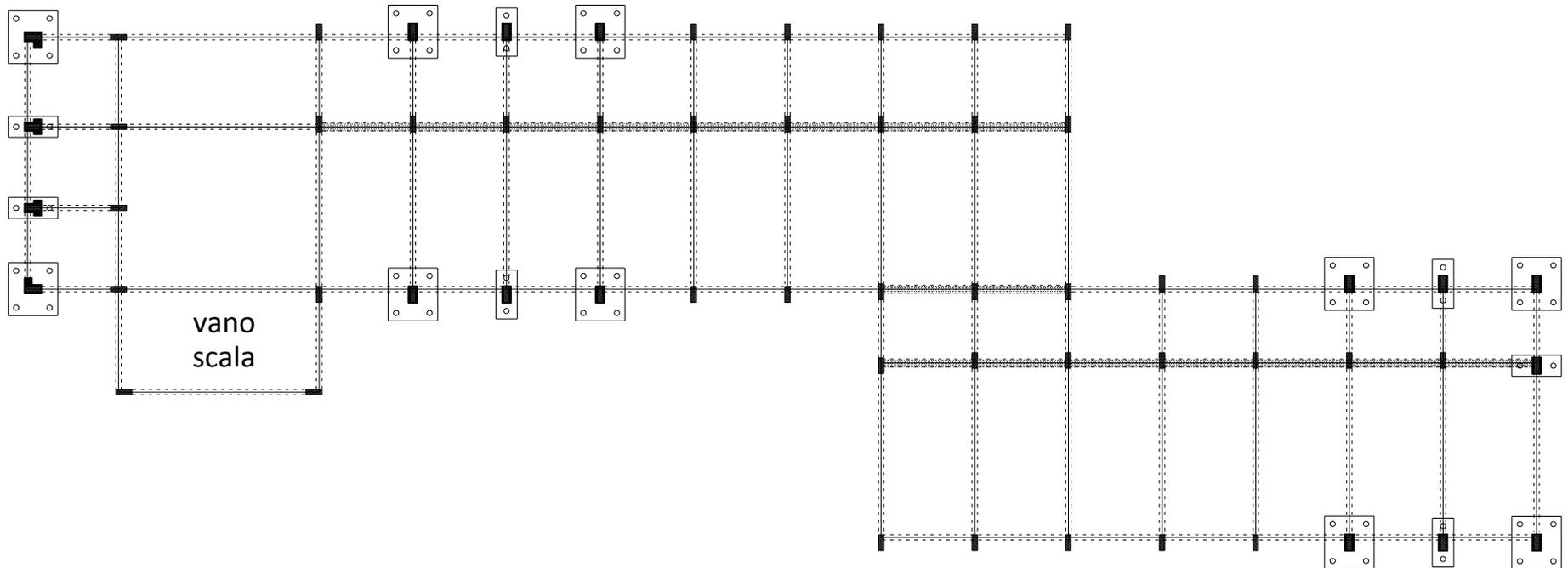
Livello 3: Progetto interventi con controventi dissipativi



Retrofit con controventi
dissipativi nelle direzioni X e Y

Livello 3: Progetto interventi con controventi dissipativi

Ringrosso fondazioni ed inserimento micropali



Ringrosso in fondazione con 4 micropali $\phi 200$ mm L=6 m



Ringrosso in fondazione con 2 micropali $\phi 200$ mm L=6 m

Livello 3: *Interventi di efficienza energetica*

In aggiunta agli interventi proposti al Livello 1

Involucro: Interventi diffusi dall'esterno

1. Isolamento termico delle pareti verticali a cassa vuota confinanti con attraverso cappotto termico esterno dello spessore di 8 cm

(trasmissione termica da $1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ a $0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Impianti

2. In alternativa alla caldaia ad alto rendimento
Installazione di una pompa di calore aria-acqua
(raffreddata ad aria)



Livello 3: *Interventi di efficienza energetica*

In aggiunta agli interventi proposti al Livello 1

Impianti

**3. Installazione di pannelli fotovoltaici
in copertura in silicio polii-cristallino**

potenza elettrica dell'impianto fotovoltaico circa 60 kW



**4. Sostituzione dei corpi illuminanti con sistemi
LED ad alta efficienza**



Risultato atteso: Salto di **3/4 classi energetiche, da F a C**
(se non si interviene sugli impianti)
A3 (se si interviene sugli impianti).

*Si evidenzia che il livello 3 di intervento rientra nella casistica delle **ristrutturazioni energetiche di I livello** in base a quanto previsto dal Decreto 26 giugno 2015.*

Livello 3: *Interventi di efficienza energetica*

In aggiunta agli interventi proposti al Livello 1

Involucro: Interventi diffusi dall'esterno

1. **Isolamento termico delle pareti verticali a cassa vuota confinanti con attraverso cappotto termico esterno dello spessore di 8 cm**

(trasmissione termica da $1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ a $0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Impianti

2. **In alternativa alla caldaia ad alto rendimento
Installazione di una pompa di calore aria-acqua
(raffreddata ad aria)**



Livello 3: *Interventi di efficienza energetica*

In aggiunta agli interventi proposti al Livello 1

Impianti

**3. Installazione di pannelli fotovoltaici
in copertura in silicio polii-cristallino**

potenza elettrica dell'impianto fotovoltaico circa 60 kW



**4. Sostituzione dei corpi illuminanti con sistemi
LED ad alta efficienza**



Risultato atteso: Salto di **3/4 classi energetiche, da F a C**
(se non si interviene sugli impianti)
A3 (se si interviene sugli impianti).

*Si evidenzia che il livello 3 di intervento rientra nella casistica delle **ristrutturazioni energetiche di I livello** in base a quanto previsto dal Decreto 26 giugno 2015.*



Livello 1-2-3:

Analisi costi-benefici

Livello di Progettazione	Descrizione	Importo	Superficie calpestabile	Volumetria		
	OPERE CIVILI	[€]	[m ²]	[m ³]	€/m ²	€/m ³
Livello I (IS-V=60%, PAM=1.1%) +3 classi Sismiche (B) +2 Classi Energ (E)	Opere strutturali	104,000	1,470	4,700	70.75	22.13
	Opere di demolizione e ripristino finiture	21,500			14.63	4.57
	Parziale strutturale	125,500			85.37	26.70
	Opere di efficientamento energetico	255,000			173.47	54.26
	TOTALE INTERVENTI	380,500			258.84	80.96
Livello II (IS-V=60%, PAM=1.1%) +3 classi Sismiche (B) +4 Classi Energetiche (C)	Opere strutturali	240,500	1,470	4,700	163.61	51.17
	Opere di demolizione e ripristino finiture	60,000			40.82	12.77
	Parziale strutturale	300,500			204.42	63.94
	Opere di efficientamento energetico	289,000			196.60	61.49
	TOTALE INTERVENTI	589,500			401.02	125.43
Livello III (IS-V=100%, PAM=0.47%) +5 classi Sismiche (A+) +7 Classi Energetiche (A3)	Opere strutturali (controv 280.000€)	392,000	1,470	4,700	266.77	83.40
	Opere di demolizione e ripristino finiture	47,000			31.97	10.00
	Parziale strutturale	439,000			298.64	93.40
	Opere di efficientamento energetico	513,500			349.32	109.3
	TOTALE INTERVENTI	952,500			647.96	202.66
ONERI DELLA SICUREZZA (PSC)						
	Oneri comuni ai vari livelli di progettazione	25,000	1,470	4,700	17.01	5.32

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Prof. Ing. Andrea Prota

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura (DiST)

Email: apota@unina.it