

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Rinforzo strutturale e messa in sicurezza di capannoni industriali prefabbricati in c.a., scaffalature e serbatoi



Ing. Lucio Fattori
fattori@smartsicurezza.it

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

1

1

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Mi presento:

Lucio Fattori
Ingegnere civile strutturista, autore di testi in ambito sicurezza e strutture.
Socio fondatore di società di ingegneria e consulenza specializzata nella valutazione dei rischi Natech (sismico e idraulico), retrofit di strutture, impianti e scaffalature, anche con riferimento ad aziende di processo e R.I.R.
Socio di SPONSE (*International Association For The Seismic Performance Of Non-Structural Elements*).

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

2

2

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Argomenti:

- **Sicurezza sismica dei luoghi di lavoro secondo D.Lgs 81/2008**
- **Messa in sicurezza capannoni industriali in C.a.**
- **Attività R.I.R.**
- **Scaffalature**
- **Serbatoi**

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

3

3

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Sicurezza sismica dei luoghi di lavoro

Si ringrazia l'ing. Nicola Mordà per la messa a disposizione di parte del materiale di questa sezione

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

4

4

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

Emilia Romagna : maggio 2012. Cosa ha messo in luce? - 2

GDL «Agibilità sismica dei capannoni industriali»:

Sulle problematiche sismiche delle strutture industriali:

- ✓ Il tema è assai rilevante sia sotto il profilo della sicurezza e la salvaguardia della vita, sia sotto il profilo sociale ed economico [...]
- ... Al tema della salvaguardia della vita, nel caso degli edifici industriali si associa il tema della salvaguardia del valore esposto – attrezzature, lavoratori e semilavorati stoccati nei magazzini – e, soprattutto, della continuità operativa delle aziende
- ✓ È un tema di grande interesse a livello nazionale, che andrebbe affrontato in maniera sistematica soprattutto in termini di prevenzione, particolarmente in quei contesti a notevole sviluppo economico, dove la tardiva classificazione sismica ha determinato una particolare vulnerabilità delle strutture, ma che assume contorni molto peculiari nell'emergenza post-sisma con una sequenza in corso, nei quali il fattore tempo assume rilievo fondamentale. »

DECRETO-LEGGE 6 giugno 2012 , n. 74

Art. 3 Ricostruzione e riparazione delle abitazioni private e di immobili ad uso non abitativo; contributi a favore delle imprese; disposizioni di semplificazione procedimentale

[...]

7. Al fine di favorire la rapida ripresa delle attività produttive e delle normali condizioni di vita e di lavoro in condizioni di sicurezza adeguate, [...] il titolare dell'attività produttiva, in quanto responsabile della sicurezza dei luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e successive modifiche e integrazioni, deve acquisire la certificazione di agibilità sismica rilasciata, a seguito di verifica di sicurezza effettuata ai sensi delle norme tecniche vigenti (cap. 8 - costruzioni esistenti, del decreto ministeriale 14 gennaio 2008), da un professionista abilitato, e depositare la predetta certificazione al Comune territorialmente competente. [...]

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

5

5

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

Indirizzi a livello di ASL: Bergamo

aslbergamo.asl_bq.REGISTRO UFFICIALE.U.0040715.01-04-2014.h.11:51


Regione Lombardia
ASL Bergamo

DIREZIONE GENERALE

Spett.li
 Componenti Commissione
 ex art. 7 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.
Loro Sedì

Oggetto: valutazione del rischio sismico nei capannoni industriali prefabbricati non costruiti con criteri antisismici.
 [...]

I terremoti che hanno recentemente colpito le regioni Emilia Romagna e Lombardia hanno evidenziato un'elevata vulnerabilità delle costruzioni esistenti ad uso produttivo costruite prima della classificazione sismica. Il pesante carico di vittime tra i lavoratori, unitamente al danno ai beni ed al patrimonio tecnologico arrecato alle aziende ed ai potenziali rischi di carattere ambientale, pongono in primo piano la necessità per tutte le imprese di predisporre i necessari interventi per fronteggiare questa calamità naturale e per garantire l'incolumità dei lavoratori, o quantomeno il contenimento dei danni umani.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

6

6

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza

Ed ancora.....sempre la ASL Bergamo:

La vigente normativa in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro richiede pertanto ai datori di lavoro di tutte le aziende di effettuare una specifica valutazione anche dei rischi legati ad un potenziale evento sismico. Infatti gli articoli 17 e 28 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. “Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro” indicano la necessità di effettuare una valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza, comprendendo evidentemente anche quelli collegati a possibili eventi catastrofici naturali (quali frane, inondazioni, terremoti, ecc.). Conferma di quanto appena asserito l’abbiamo inoltre se analizziamo le “procedure standardizzate” per la valutazione dei rischi e per l’elaborazione del DVR di cui all’art. 29, commi 5 e 6 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., che contemplano, tra i pericoli elencati, i rischi ambientali quali le inondazioni, i terremoti, etc.

Lo stesso Ministero del Lavoro con un comunicato stampa del 6 giugno 2012 diramato a seguito dell’evento sismico in Emilia Romagna, ha richiamato esplicitamente l’obbligo del datore di lavoro di garantire, per quanto tecnicamente possibile, la solidità dei luoghi di lavoro anche in relazione ad un potenziale evento sismico.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

7

7

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza

D. LGS 81/2008 : ART. RILEVANTI SUL TEMA RISCHIO SISMICO DEI LUOGHI DI LAVORO

- ☐ Sul tema della sicurezza statica (“stabilità” è il termine usato) il TUSL statuisce una serie di precetti in più articoli, individuando un preciso ordine di responsabilità;
- ☐ E’ fondamentale che i responsabili, *ex legge*, della tutela della sicurezza dei lavoratori siano informati sul tema, valutino i rischi ed adottino le necessarie contromisure;
- ☐ Gli articoli che si ritengono pertinenti sono elencati di seguito

Titolo I - PRINCIPI COMUNI	Titolo II - LUOGHI DI LAVORO
Art. 15. Misure generali di tutela; Art. 17. Obblighi del datore di lavoro non delegabili; Art. 18. Obblighi del datore di lavoro e del dirigente; Art. Art. 22. Responsabilità dei progettisti; Art. 28 Valutazione dei rischi	Art. 63. Requisiti di salute e di sicurezza Art. 64 - Obblighi del datore di lavoro;
	ALLEGATO IV - Requisiti dei luoghi di lavoro

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

8

8

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

ANCORA ALTRI ARTICOLI DEL D.LGS 81/08 PERTINENTI SULLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Art. 63. Requisiti di salute e di sicurezza

1. *I luoghi di lavoro devono essere conformi ai requisiti indicati nell'ALLEGATO IV.*
[...]

5. *Ove vincoli urbanistici o architettonici ostino agli adempimenti di cui al comma 1 il datore di lavoro, previa consultazione del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza e previa autorizzazione dell'organo di vigilanza territorialmente competente, adotta le misure alternative che garantiscono un livello di sicurezza equivalente.*

Art. 64 – Obblighi del datore di lavoro;

1. *Il datore di lavoro provvede affinché:*

- a) *i luoghi di lavoro siano conformi ai requisiti di cui all'articolo 63, commi 1, 2 e 3;*
- b) *le vie di circolazione interne o all'aperto che conducono a uscite o ad uscite di emergenza e le uscite di emergenza siano sgombre allo scopo di consentirne l'utilizzazione in ogni evenienza;*
- c) *i luoghi di lavoro, gli impianti e i dispositivi vengano sottoposti a regolare manutenzione tecnica e vengano eliminati, quanto più rapidamente possibile, i difetti rilevati che possano pregiudicare la sicurezza e la salute dei lavoratori;*
[...]
- e) *gli impianti e i dispositivi di sicurezza, destinati alla prevenzione o all'eliminazione dei pericoli, vengano sottoposti a regolare manutenzione e al controllo del loro funzionamento.*

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

9

9

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

E IN ULTIMO LA STABILITÀ DEI LUOGHI DI LAVORO: L'ALLEGATO IV DEL D.LGS. 81/08

ALLEGATO IV: REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

1. AMBIENTI DI LAVORO

1.1. Stabilità e solidità

1.1.1. *Gli edifici che ospitano i luoghi di lavoro o qualunque altra opera e struttura presente nel luogo di lavoro devono essere stabili e possedere una solidità che corrisponda al loro tipo d'impiego ed alle caratteristiche ambientali.*

☐ L'art. 1.1.1 è limpido: gli ambienti di lavoro devono essere sempre solidi alle caratteristiche ambientali: se in un dato momento le caratteristiche ambientali mutano la loro entità, occorre tenerne conto.

☐ **Come suona alle orecchie del tecnico che si occupa di ingegneria sismica?**

Note:

- i) **Ambiente di progetto:** contesto in cui è immersa la struttura e che la cimenta (NTC 05)
- ii) Sono **“azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura)”** (NTC 08/18)

✓ In realtà ve ne sono anche altre che potrebbero incidere in termini di rischi; ma oggi parliamo di sisma

RISCHI NATECH!

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

10

10

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

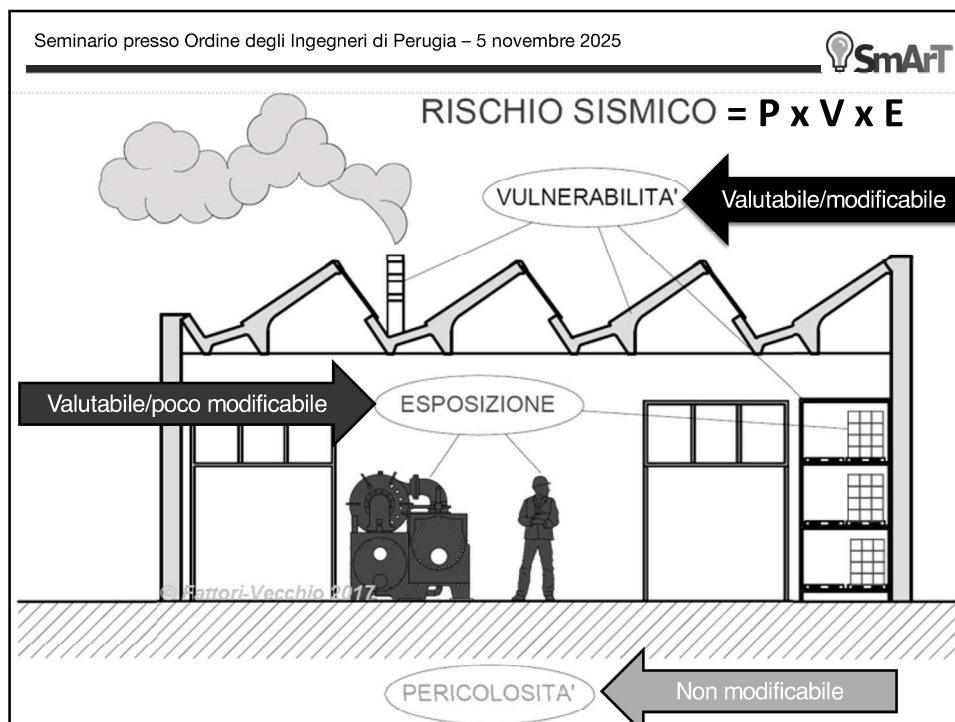
Quadro di sintesi degli obblighi di sicurezza strutturale e sismica

Atto legislativo	Obbligo	Riferimento	Soggetto destinatario
D. Lgs. 81/08 s.m.i.	Valutazione di tutti i rischi ed eliminazione o minimizzazione degli stessi	Art. 15 cm. 1 lett. a, b, c, e e Art. 17 cm. 1 lett. A	Datore di lavoro
	Manutenzione e miglioramento dei livelli di sicurezza degli ambienti	Art. 15 cm. 1 lett. t, z	Datore di lavoro
	Esecuzione di regolare manutenzione per eliminazione di difetti pregiudizievoli della sicurezza dei lavoratori	Art. 64 cm. 1 lett. C	Datore di lavoro
	Stabilità, solidità e manutenzione	Allegato IV	Datore di lavoro (tramite l'art. 64 cm. 1 lett. a e art. 63 cm. 1 e ss.)
D.M. 14/01/2008	Le componenti strutturali devono essere soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, [...] con il livello di sicurezza previsto [...]	§ 2.1 (Principi Fondamentali)	Datore di lavoro (tramite All. IV, art. 64 cm. 1 lett. a e art. 63 cm. 1 e ss. del D.Lgs 81/08)
Circ. CSPL 617/2009	... i proprietari o i gestori [...] dovranno (NdA) definire il provvedimento più idoneo, eventualmente individuando uno o più livelli delle azioni, commisurati alla vita nominale restante e alla classe d'uso, rispetto ai quali si rende necessario effettuare l'intervento di incremento della sicurezza entro un tempo prestabilito.	§ C. 8.3 (Valutazione della sicurezza)	Proprietario o gestore
D.M. 3 Dicembre 1987 (soppresso dal DM14/1/08)	Nel caso di cambiamento d'uso dell'opera, la proprietà deve provvedere a fare effettuare una verifica strutturale [...] dell'intera opera [...]	Art. 6.1	Proprietario
	Per cambiamento d'uso si intende qui quello che comporta azioni di esercizio non previste in fase di progettazione.		
	... in circostanza di modifica di fatti che possono influire sulle condizioni di esercizio della struttura (destinazione, configurazione di carichi, ecc.), la proprietà dovrà disporre indagini e/o prove atte ad accertare le condizioni statiche delle strutture.	Art. 6.2	Proprietario

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

11

11



12

Anche gli **elementi secondari, non strutturali** e gli **impianti** vanno considerati nello studio di vulnerabilità ed esposizione.

NTC2018 §7.2.2:

I sistemi strutturali sono composti di elementi strutturali primari ed eventuali elementi strutturali secondari. Agli elementi strutturali primari è affidata l'intera capacità antisismica del sistema; gli elementi strutturali secondari sono progettati per resistere ai soli carichi verticali.

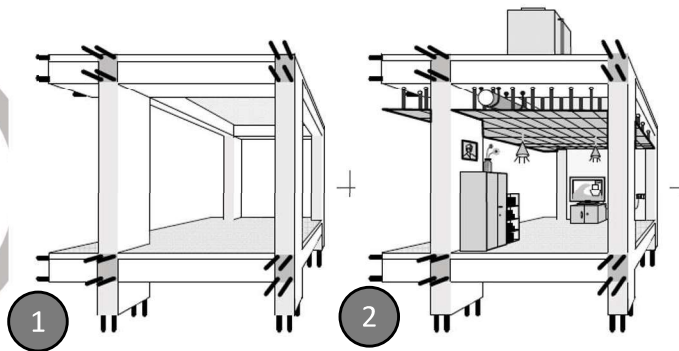
NTC2018 §7.2.3:

Per elementi costruttivi non strutturali s'intendono quelli con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

13

13

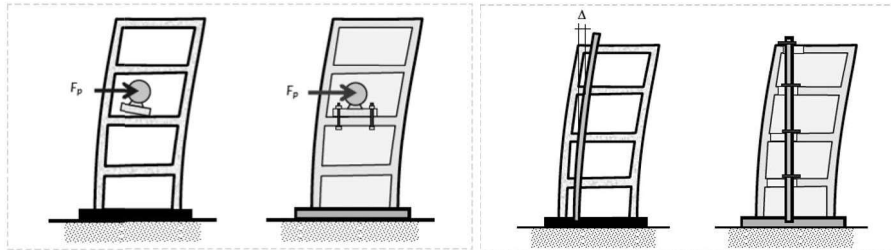


*In quali ambienti viviamo e/o lavoriamo?
Nel caso 1 o nel caso 2?*

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

14

14



Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I		CU II		CU III e IV	
		ST	ST	NS	IM	ST	NS
SLE	SLO					RIG	
	SLD	RIG	RIG			RES	
SLI	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA
	SLC		DUT ^(*)			DUT ^(*)	

(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

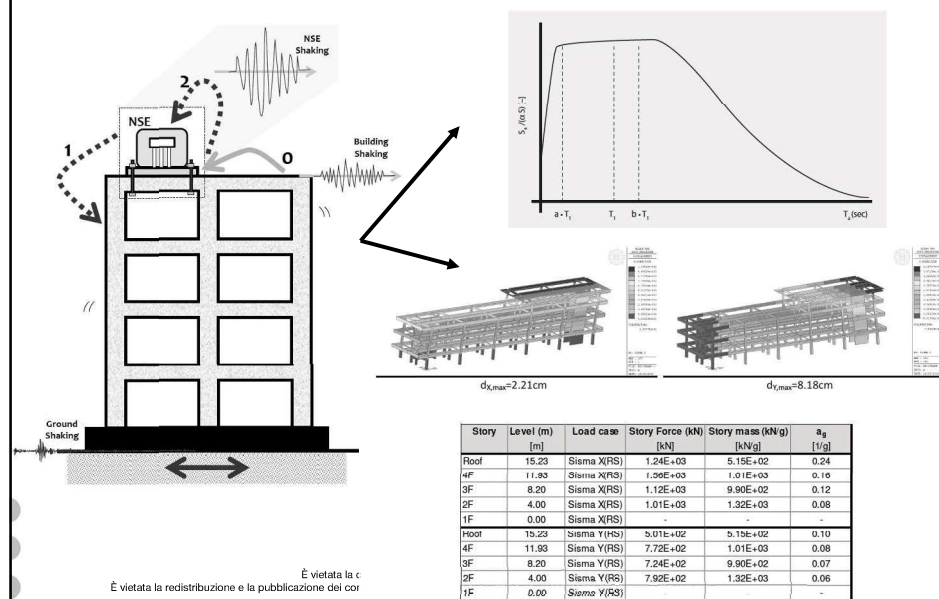
(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.

È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

15

15



È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

16

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Aziende R.I.R. e Natech

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

17

17

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Scopo della **classe d'uso** è indicare quanto può essere pericolosa l'interruzione di operatività della struttura in progetto.

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. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

18

18

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

Ad ogni classe d'uso è associato un “**coefficiente d'uso**” indicato con **C_U**.

Il coefficiente d'uso non deve essere confuso con la classe d'uso, anche se i due parametri sono collegati tra loro.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coeff. d'uso C _U	0,7	1,0	1,5	2,0

Si ricava così il **periodo di riferimento** per l'azione sismica:

*Quanto è
“preziosa” l'opera*

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

*Quanto è
importante in
caso di sisma*

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

19

19

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

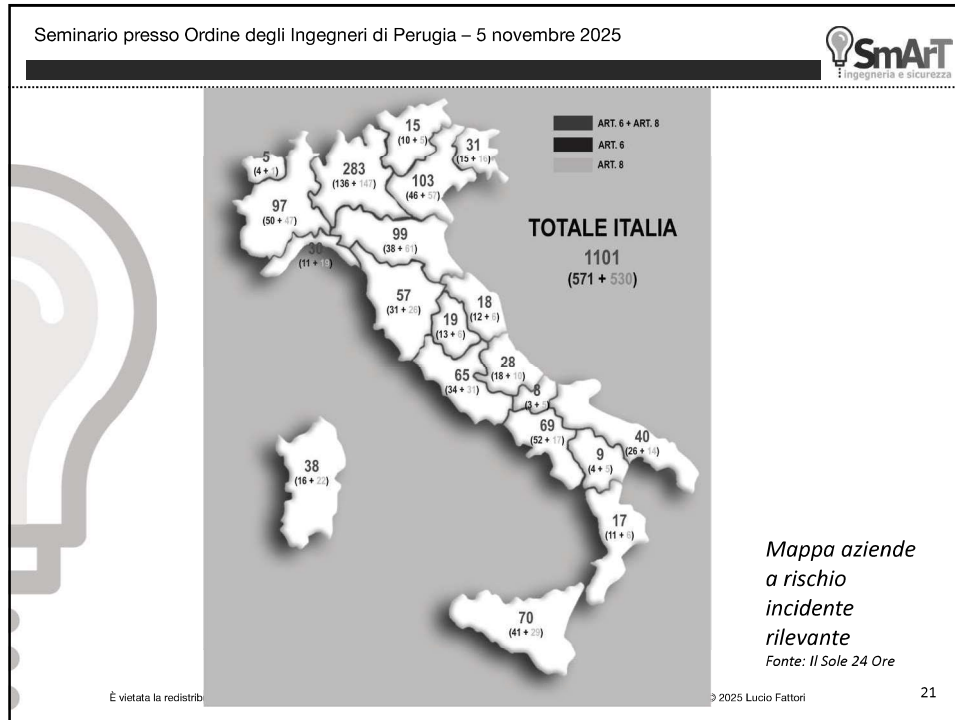
 SmArT
Ingegneria e sicurezza

- La norma UNI/TS 11816-1:2021 “**Linee guida per la gestione di eventi NaTech nell'ambito degli stabilimenti con pericolo di incidente rilevante - Parte 1: Requisiti generali e sisma**” è una specifica tecnica che ha l'obiettivo di fornire, ai gestori di stabilimenti con pericolo di incidente rilevante, criteri, metodologie e procedure per la valutazione dei rischi NaTech sulla base delle migliori conoscenze al momento disponibili.
- La specifica tecnica integra la UNI 10617, che si applica comunque per la gestione di tutti rischi associati ai pericoli di incidente rilevante dello stabilimento, ivi compresi quelli indotti da pericoli o disastri naturali o da atti deliberati.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

20

20



21

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

SmArT
Ingegneria e sicurezza

Messa in sicurezza di capannoni industriali in c.a.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

22

Messa in sicurezza dei capannoni esistenti: perché è urgente intervenire

- Danni osservati nei capannoni industriali in recenti eventi sismici (es. Emilia 2012, Centro Italia 2016)
- Vulnerabilità tipiche: tamponamenti, giunti, scaffalature, coperture
- Rischi per la sicurezza, la produzione e la continuità operativa
- Riferimenti normativi: NTC 2018, Circolare 2019, linee guida regionali

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

23

23



Figura 2 – Perdita di appoggio della trave principale a sezione variabile in un edificio monopiano prefabbricato con travi principali trasversali di non recente costruzione a causa della crisi a taglio del pilastro di appoggio, reso tozzo dalla configurazione del pannello di tamponatura



Figura 7 - Perdita di appoggio della trave in un edificio monopiano prefabbricato con travi principali trasversali

Fonte: Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni RELUIS

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

24

24

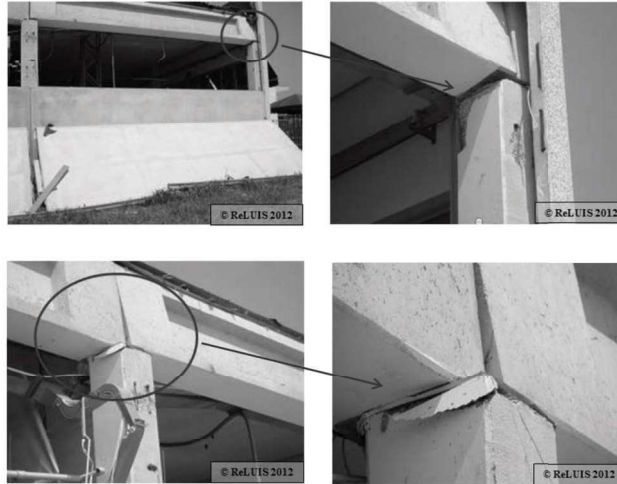


Figura 17 – Inadeguatezza del vincolo trave-colonna con danneggiamenti locali del pilastro e rotazioni permanenti della trave in copertura

Fonte: Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni RELUIS

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
 È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

25

25



Figura 28 - (a) Crollo dei pannelli orizzontali di tamponamento e (b) dettagli connessione in corrispondenza del pilastro

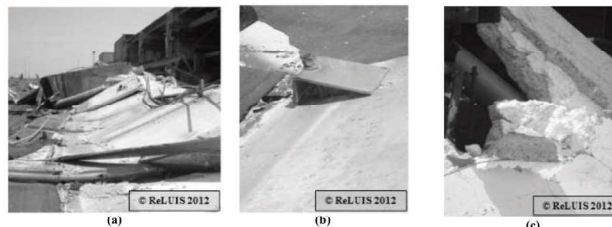


Figura 40 – (a) Crollo dei pannelli verticali di tamponamento; (b) dettagli profili della quadretta e del bullone ancora inserito nel profilo a C del pannello crollato e (c) dettaglio sezione trasversale del pannello verticale, costituito da calcestruzzo armato e materiale di alleggerimento e isolante

Fonte: Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni RELUIS

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
 È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

26

26

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

SmArT
Ingegneria e sicurezza

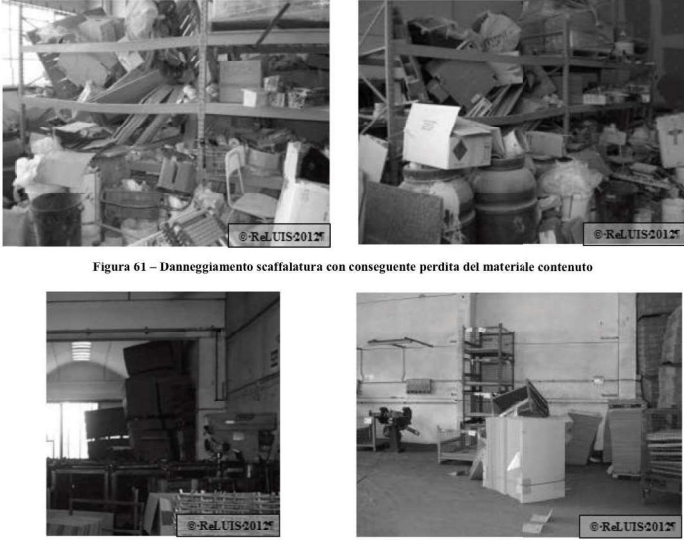


Figura 61 – Danneggiamento scaffalatura con conseguente perdita del materiale contenuto

Figura 62 – Ribaltamento incipiente ed avvenuto di scaffalature

Fonte: Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni RELUIS

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

27

27

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

SmArT
Ingegneria e sicurezza

Le vulnerabilità sismiche tipiche dei capannoni prefabbricati

- Crollo dei tamponamenti (pannelli prefabbricati non ancorati correttamente)
- Instabilità delle scaffalature e danni al contenuto (NaTech)
- Cedimento dei giunti tra elementi strutturali (trave-colonna, colonna-fondazione)
- Sfilamento delle travi di copertura (per assenza di dispositivi anti-sfilamento)
- Mancanza di continuità tra elementi prefabbricati
- Assenza o inefficacia di dispositivi di collegamento
- Interazione pericolosa con impianti e componenti non strutturali

Rif.: Dolce M., Di Bucci D. et al. – “Rapporto sugli effetti del terremoto del 20-29 maggio 2012 in Emilia-Romagna”, DPC e ReLUIS

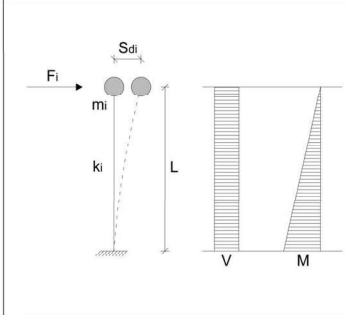
È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

28

28

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza



$$m_i = W_i / g \quad k_i = 3 \frac{EI_i}{L^3}$$

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{\sum m_i}{\sum k_i}}$$

L = altezza del pilastro dal vincolo al piede ritenuto efficace
E = modulo elastico del calcestruzzo
I = momento di inerzia della sezione di solo calcestruzzo del pilastro

A – Impalcato infinitamente rigido: $F_i = F_{tot} \cdot \frac{k_i}{\sum k_i}$

B – Impalcato infinitamente deformabile: $F_i = F_{tot} \cdot \frac{W_i}{\sum W_i}$

Fonte: Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici RELUIS

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

29

29

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza

Approcci per la messa in sicurezza

- Adeguamento VS miglioramento sismico
- Interventi **locali** e **globali**
- Tecniche tradizionali (controventi, irrigidimenti) VS tecnologie innovative
- Introduzione all'uso di dispositivi: dissipativi e di isolamento

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

30

30

Intervento locale o globale?

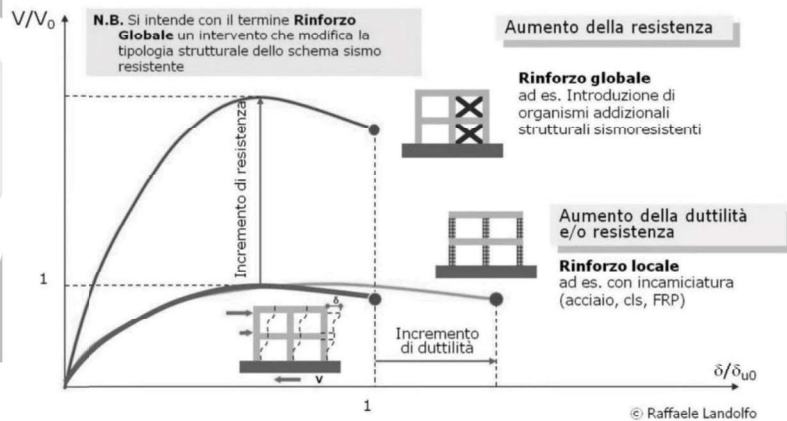


Immagine da Promozione Acciaio

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

31

31

Adeguamento o miglioramento?

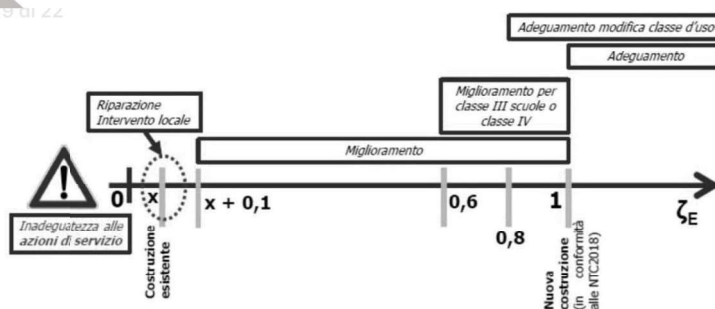


Fig. 7 – Valore dell'indice di sicurezza al variare dell'intervento e della classe d'uso degli edifici esistenti

Immagine da Promozione Acciaio

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

32

32

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza

Dissipare energia per ridurre il danno

- Principio di funzionamento: riduzione della domanda sulle strutture
- Tipologie:
 - Dissipatori isteretici (in acciaio)
 - Dissipatori viscosi (fluidi, elastomeri)
 - Dissipatori a frizione
- Applicazioni in capannoni: controventi dissipativi, nodi dissipativi

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

33

33

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

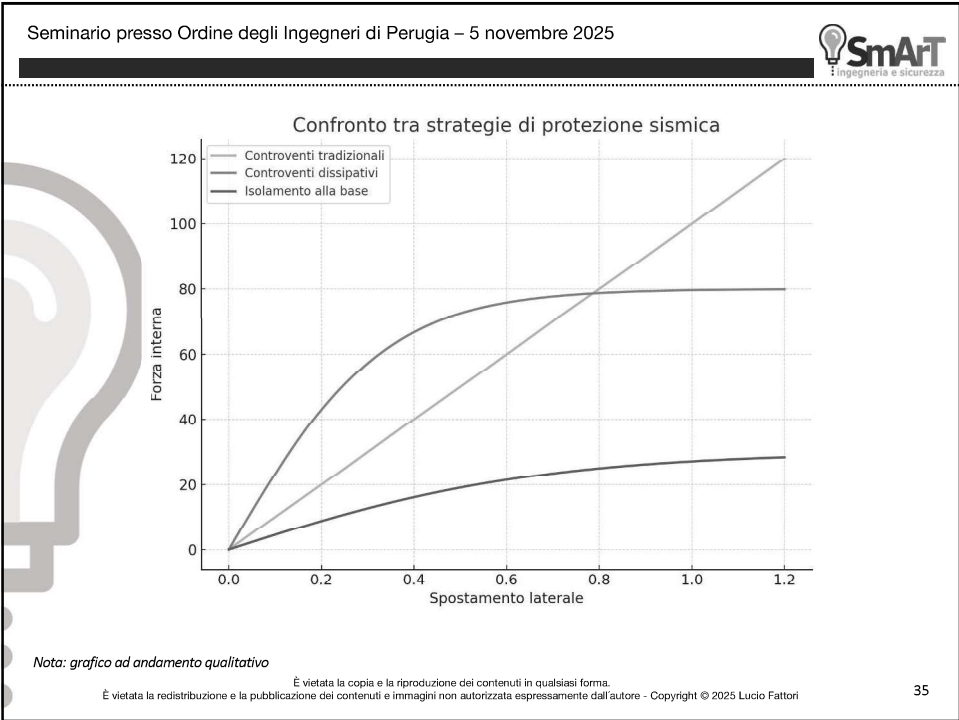
 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza

Tipo di dissipatore	Meccanismo	Caratteristiche principali	Applicazioni tipiche
Isteretico (acciaio)	Deformazione plastica	Elevata capacità dissipativa, semplice, robusto	Controventi metallici, nodi dissipativi
Viscoso (fluido/elast.)	Viscosità del fluido	Risposta dipendente dalla velocità, molto efficiente	Edifici strategici, ponti, telai metallici
A frizione	Scorrimento controllato	Rigidità variabile, dissipazione stabile, ripristinabile	Unioni trave-colonna, controventi dissipativi

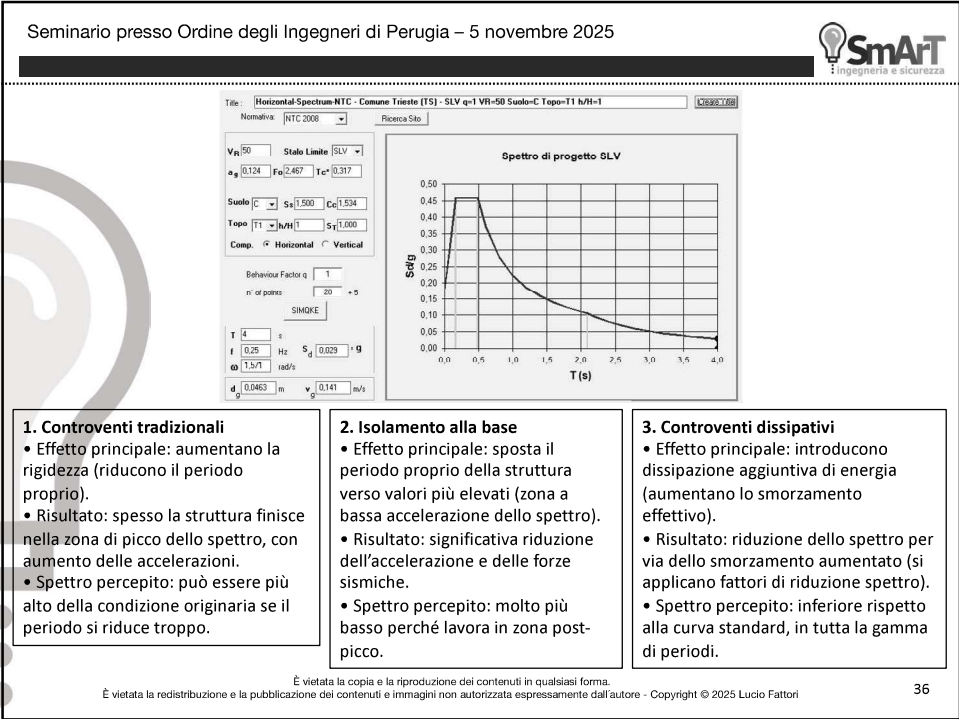
È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

34

34



35



Isolare per proteggere la struttura dal sisma

- Concetto base: abbassamento della frequenza propria
- STRUT - Tipologie:
 - Isolatori a pendolo scorrevole
 - Elastomerici (con e senza nucleo in piombo)
- NSE - Applicazioni a livello di fondazione o di elementi non strutturali
- Pro e contro: efficienza vs costi e manutenzione

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
 È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

37

37

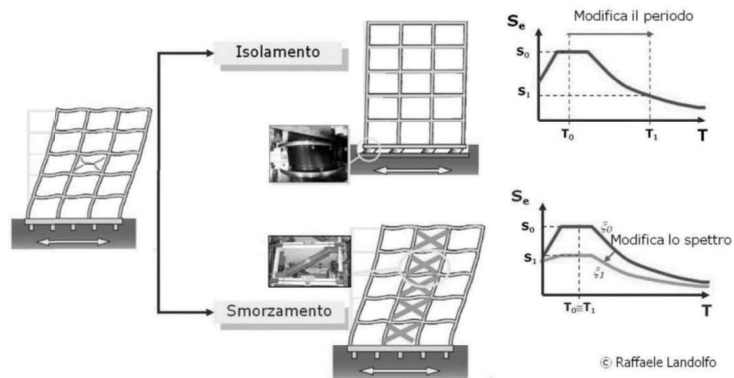


Immagine da Promozione Acciaio

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
 È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

38

38

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

Strategia	Obiettivo principale	Effetto sul comportamento sismico
1. Isolamento alla base	Allontanare la struttura dall'accelerazione critica	Riduce l'accelerazione e la forza trasmessa
2. Controventi dissipativi	Dissipare energia tramite deformazione	Riduce la domanda energetica sulla struttura
3. Controventi tradizionali	Aumentare rigidità e resistenza	Aumenta la forza interna da sopportare

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

39

39

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

Cosa sono i FRP (Fiber Reinforced Polymers)?

- Compositi costituiti da fibre ad alta resistenza (vetro, carbonio, aramide) immerse in una matrice polimerica (resine epossidiche, poliestere, ecc.)
- Leggeri, resistenti alla corrosione, versatili

Vantaggi principali:

- Elevato rapporto resistenza/peso
- Facilità di posa (anche su edifici esistenti)
- Nessuna alterazione significativa della geometria delle strutture
- Durabilità nel tempo

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

40

40