



CONVEGNO  
NAZIONALE  
SICUREZZA  
SCUOLE

# LA SCUOLA SICURA LA SCUOLA CHE VOGLIAMO

prospettive alla luce della Legge 215/21

Torino, 30 maggio 2022

## LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO STRUTTURALE E DELLA VULNERABILITA' SISMICA

---

Prof. Ing. Bernardino CHIAIA  
Ing. Oscar MANCINELLI





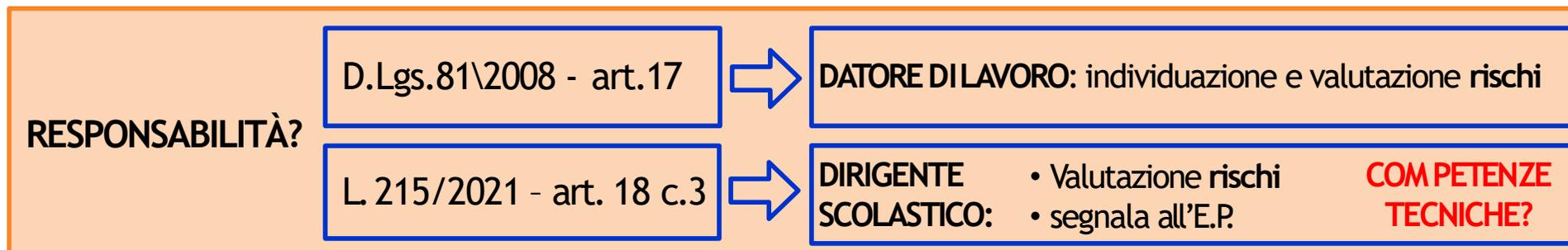
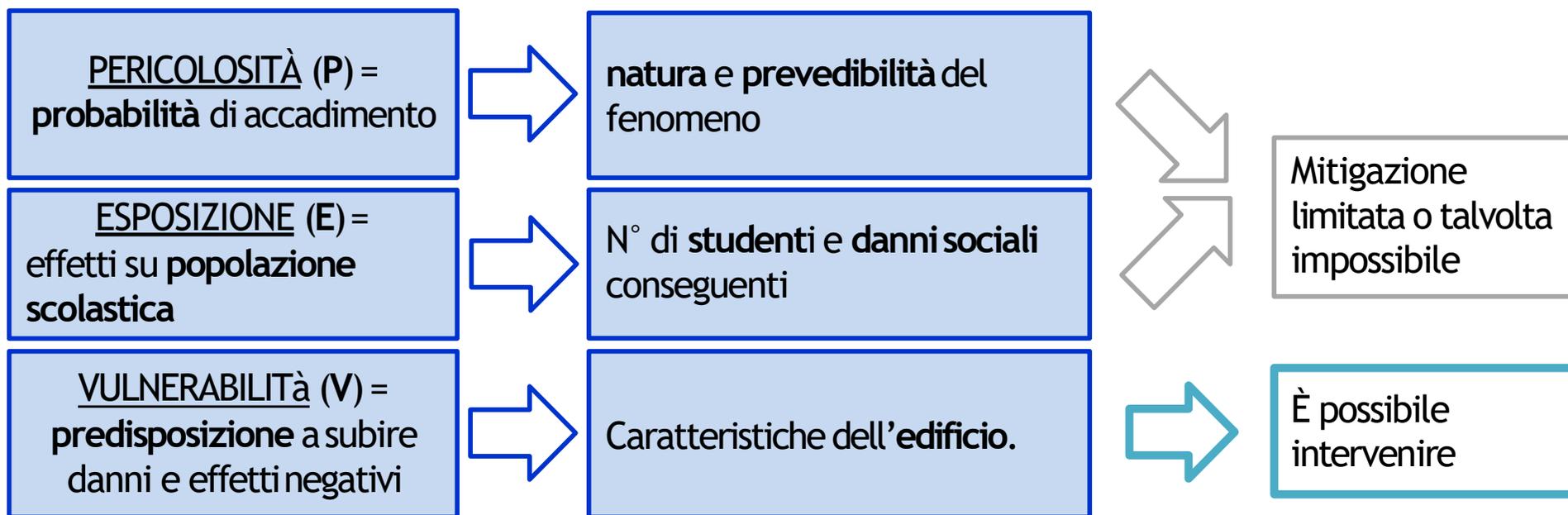
## INDICE

- Concetto di rischio e vulnerabilità sismica
- Fasi di gestione del RISCHIO e strategie di riduzione
- Evoluzione della normativa STRUTTURALE
- Evoluzione della normativa sull'EDILIZIA SCOLASTICA
- Dati MIUR sullo stato dell'arte dalla compilazione schede ARES
- L'importanza dell'analisi conoscitiva
- Studio sulle scuole della Provincia di Torino
- Analisi di vulnerabilità speditive
- Attestato di Classificazione sismica (ACS)
- Cause della vulnerabilità
- Recuperare o demolire le scuole esistenti?
- Elementi non strutturali
- Best practice e conclusioni



## Concetto di rischio e vulnerabilità sismica

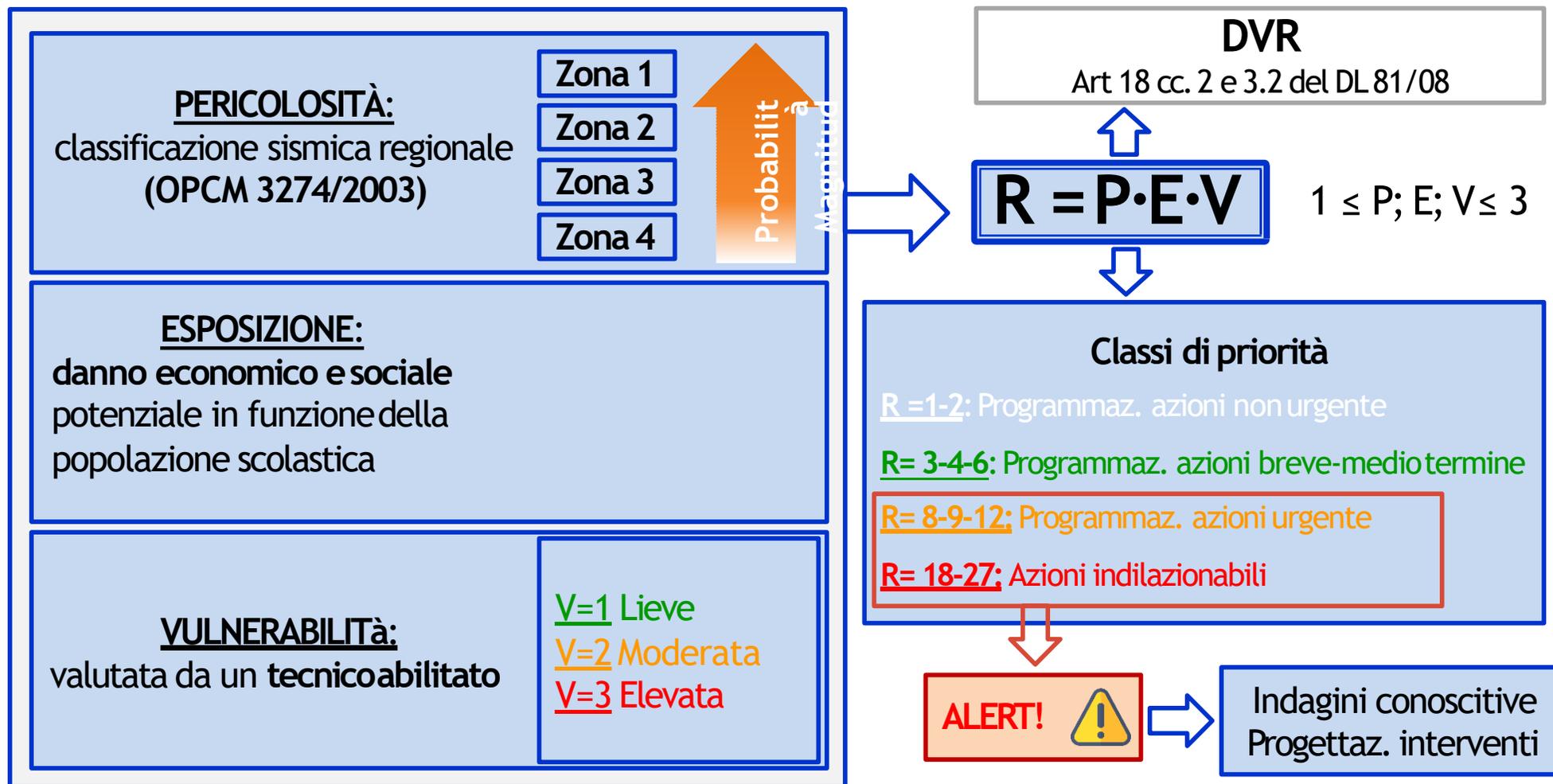
### Cos'è il RISCHIO?





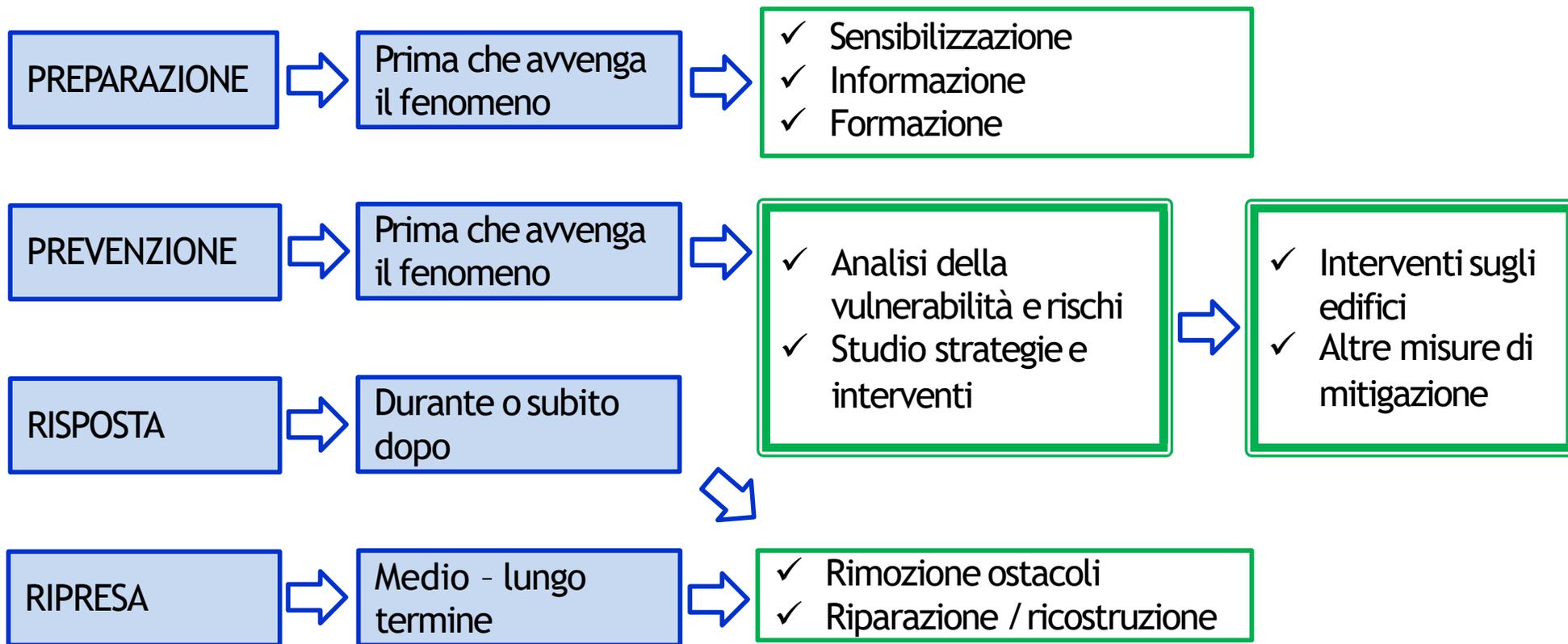
## Concetto di rischio e vulnerabilità sismica

### La valutazione del Rischio e il DVR





## Fasi di gestione del RISCHIO e strategie di riduzione



Tendenza ricerca scientifica sulle strategie:

Dallo studio su **gestione calamità** e fase di **risposta**



Allo studio su **gestione rischio** e fasi di **preparazione** e **prevenzione**



## Evoluzione della normativa STRUTTURALE

Legge n.1086/1971 e  
DM del 30/05/1972



all'evoluzione tecnologica dei materiali e tecniche costruttive;  
norma tecnica su opere in c.a., c.a.p e acciaio.

Legge n.64/1974



Prima normativa su costruzioni in zona sismica.

OPCM n. 3274 del  
2003



Obbligo per E.P. verifiche strutturali su edifici strategici, anche scuole;  
Tutta l'Italia classificata come sismica (4 zone).

NTC 2008  
Circolare applicativa  
n. 617/2009



Raccolta tutte norme tecniche in **unicotesto**.  
Obbligo di **adeguamento statico** per gli edifici con deficit statico

NTC 2018  
Circolare applicativa  
n. 7/2019



Normativa **vigente**.  
Semplificazioni in materia di miglioramento e adeguamento sismico

# Evoluzione della normativa sull'EDILIZIA SCOLASTICA

## Le norme sull'edilizia scolastica: una lenta evoluzione

**D.M. 18-12-1975:**

Norme tecniche edilizia scolastica;  
Indici di funzionalità didattica  
edilizia ed urbanistica

Tutt'oggi riferimento tecnico per progettaz. degli  
edifici scolastici

L'art.5.4: sommarie indicazioni su stabilità degli  
edifici e carichi solai

**L. 23 del 1996:**

Norme per l'edilizia scolastica.

Abroga il D.M. 18-12-1975;  
180 alle Regioni per approvare norme tecniche .

**l'Osservatorio per l'edilizia:**

Promozione, indirizzo e coordinamento attività di  
studio, ricerca e normazione tecnica espletate dalle  
Regioni ed E.L.

**Anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica:**  
consistenza, la situazione e la funzionalità del  
patrimonio edilizio scolastico, articolata per regioni.

## Evoluzione delle schede per raccolta dati su consistenza, situazione e funzionalità del patrimonio edilizio scolastico per la redazione dell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica:

1996:



[ARES 1.0](#)



2009:



[Intesa Rep. 7/CU 28/1/2009](#)



Schede dell'Intesa istituzionale: indirizzi per  
prevenire situazioni di rischio alla  
vulnerabilità di elementi connessi non  
strutturali

2018:



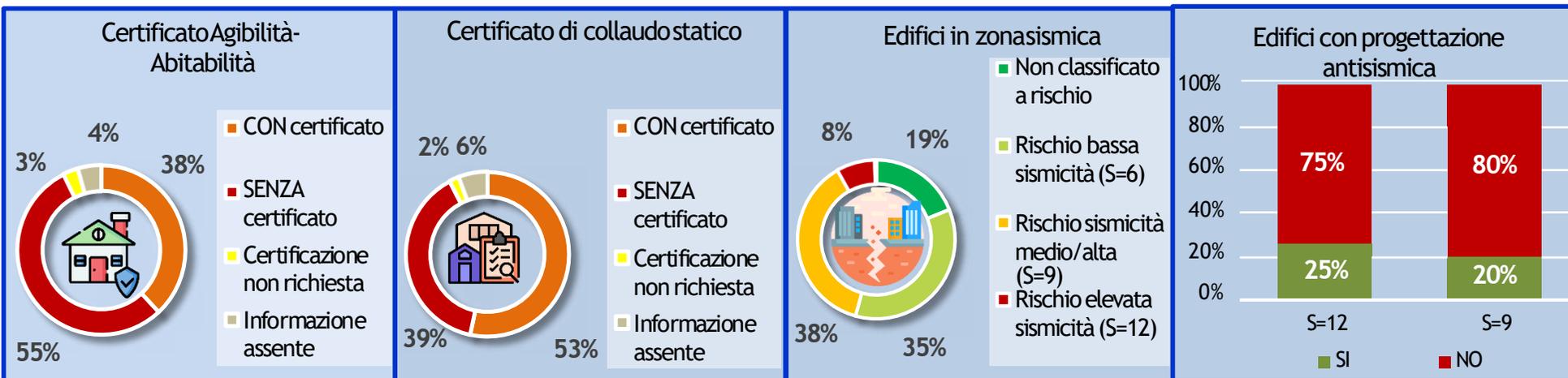
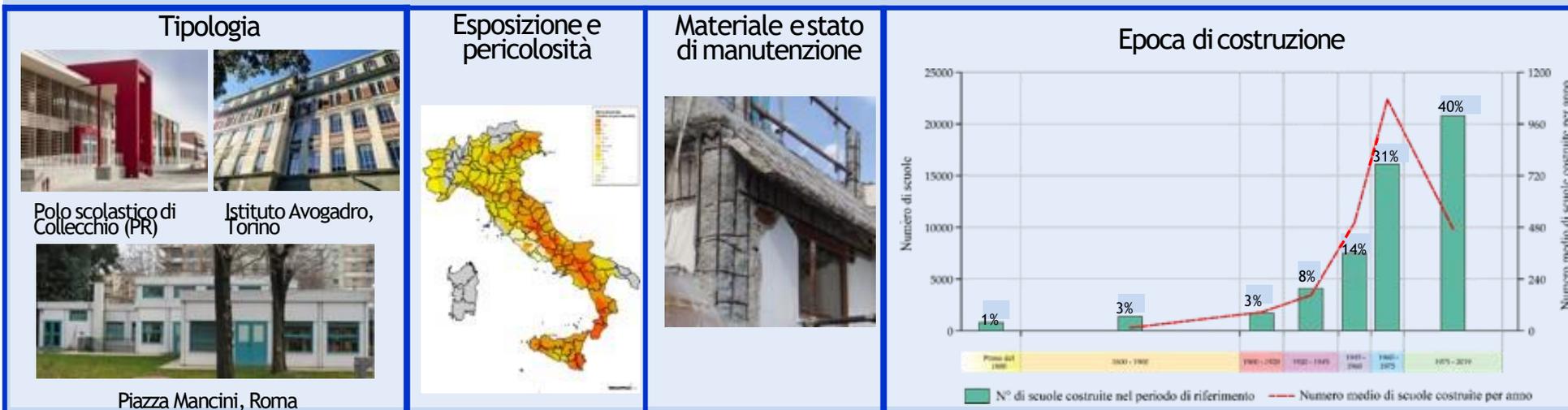
[ARES 2.0](#)





## Dati MIUR sullo stato dell'arte dalla compilazione schede ARES

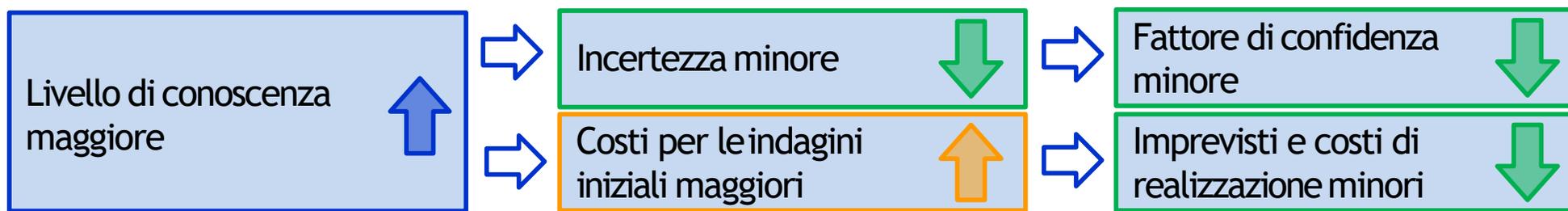
Patrimonio di oltre 50.000 estremamente eterogeneo per:



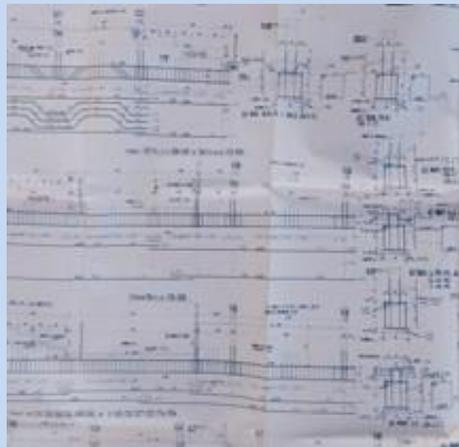
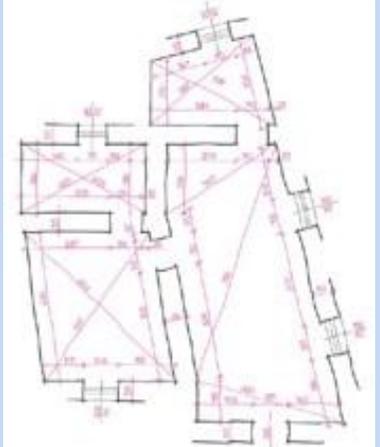


## L'importanza dell'analisi conoscitiva

La normativa (NTC 2018): 3 fattori di confidenza in base al livello di conoscenza raggiunto



### Tipologie di indagini

Analisi storico-critica	Rilievo geometrico	Sondaggi e prove sui materiali
		 <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Prove non distruttive:</b> prove sclerometriche, pacometriche, ultrasuoni;</li> <li>➤ <b>Prove semi-distruttive e distruttive:</b> carotaggi, estrazioni barre di armatura, martinetti singoli e doppi (murature);</li> <li>➤ <b>Prove di carico</b></li> </ul>



## Studio sulle scuole della provincia di Torino

### Obiettivi:

- ✓ S.d.F strutture in c.a. delle scuole;
- ✓ Curve predittive '*prestazioni meccaniche-età*' per analisi di vulnerabilità speditive su larga scala

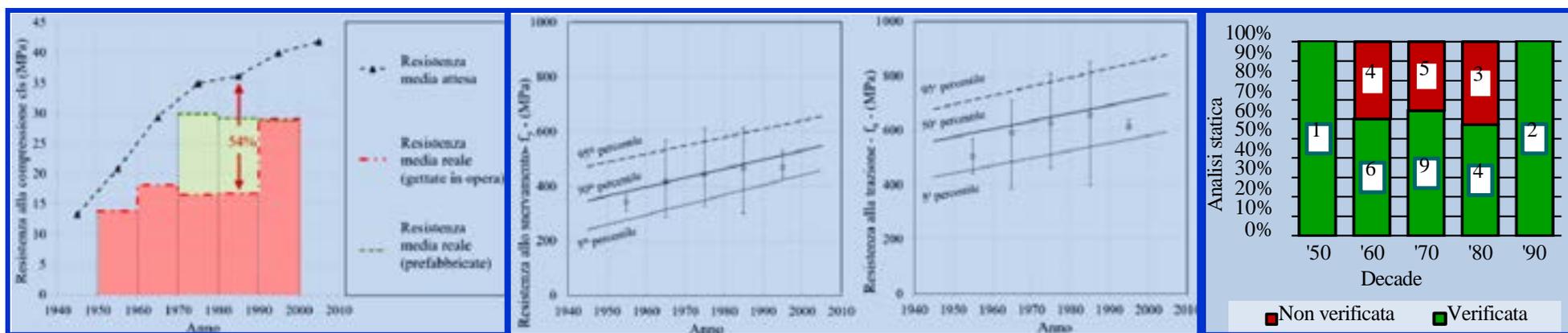
### Oggetto:

- ✓ **45 scuole** in c.a. costruite tra il **1950** e il **2000** nella Provincia di Torino
- ✓ Risultati test su **barre di armatura** e **carote cls** estratte per le **analisi conoscitive**;
- ✓ Confronto tra i risultati ottenuti e il **database del Politecnico di Torino**;
- ✓ Ricerca di una correlazione tra **qualità** del calcestruzzo e **deficit statici** delle strutture



## Studio sulle scuole della provincia di Torino

### Risultati:



- ✓ Prestazioni minori di quelle attese, soprattutto tra 1970 e 1990 (irregolarità nel getto?)
- ✓ Qualità migliore nelle strutture prefabbricate
- ✓ Prestazione acciaio di armatura abbastanza vicino a quelle attese perché:
  - ❖ è un prodotto industriale;
  - ❖ rari fenomeni di degrado delle armature;
- ✓ Circa il 40% delle scuole non è verificata staticamente



## Analisi di vulnerabilità sismica

### OBIETTIVI DELLA RICERCA

Stima vulnerabilità da  
limitate informazioni  
sull'edificio



Ubicazione, epoca costruzione

Dimensioni in pianta en. piani



Ricerca storica, planimetrie,  
sopralluogo speditivo

### METODO

**STEP 1:** creazione **database** elementi  
strutturali



Disamina **20 progetti** risalenti tra **1970 e 2003**

**STEP 2:** modellazione telaio **virtuale**



Basato su db **materiali** e elementi **strutturali**

**STEP 3:** modellazione telaio **reale**



Basato su dati strutturali **reali**

**STEP 4:** confronto dei due modelli

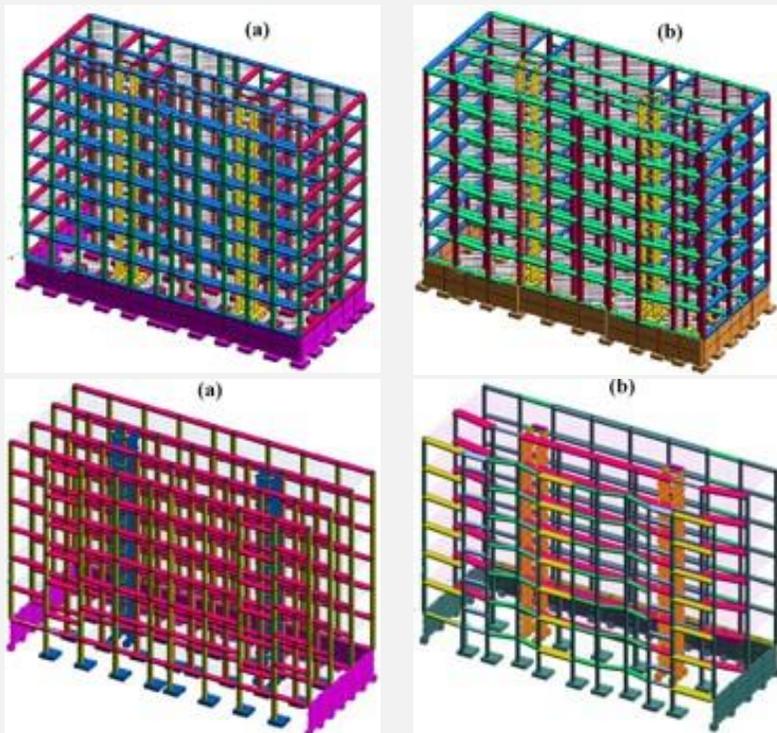


$\zeta_{E,virt}$   $\longleftrightarrow$   $\zeta_{E,real}$



## Analisi di vulnerabilità sveditive

### RISULTATI



	Building #1		Building #2	
	VM_B#1	RM_B#1	VM_B#2	RM_B#2
$\zeta_E$	0,703	0,703	0,731	0,729
T(s)	2,05	2,43	2,37	2,36

Risultati quasiuguali; costo e tempistiche irrisonori



Simile alla definizione di ACS  
D.M. n. 58/2017



Inserimento nel DVR;  
Individuaz. strutture che necessitano interventi **urgenti**

**CDM DOLMEN** CALCOLO STRUTTURALE  
GEOTECNICA  
RESISTENZA AL FUOCO

Procedura semplificata per l'analisi di vulnerabilità sismica  
di edifici in cemento armato

Alessandro F. Fantò, Bernardino Chiaia - Politecnico di Torino  
Alberto Protauro  
Giuseppina Massaccesi, Paolo Marchetti - CDM DOLMEN Srl



## Attestato di Classificazione sismica (ACS)

**D.M. 28 febbraio 2017, n°58** “Linee Guida sulla classificazione del Rischio Sismico”



**Valutazione e grado di sicurezza strutturale edifici nuovi ed esistenti**

**Equiparabile all'ACE/APE; dovrebbe entrare a far parte del fascicolo del fabbricato**

Classe di rischio sismico:

$PGA, C$

$PGA, D$

**massima 'Accelerazione Sismica' supportabile dalla struttura**

**% dell'Accelerazione Sismica' che induce al raggiungimento di uno Stato Limite**



**Valutabile con i metodo speditivo sopra proposto?**



**NTC2018 lo esprimono in termini di**

$\zeta_E$



## Cause della vulnerabilità

### Strutture in muratura

- ✓ Tessitura muraria irregolare;
- ✓ Ciottoli irregolari;
- ✓ Scarsa qualità malta cementizia;
- ✓ Murature a sacco;
- ✓ Scarso comportamento scatolare (no catene, cordoli, ammorsamento murature);
- ✓ Tetti a falde spingenti;
- ✓ Interventi successivi invasivi, dannosi, non correttamente progettati (tetti e solai in c.a., sopraelevazioni)

### Strutture in c.a.

#### Difetti di progettazione:

- ✓ Irregolarità in pianta e in altezza;
- ✓ Meccanismi di piano soffice (pilotis);
- ✓ Scarsa duttilità;
- ✓ Mecc. trave forte - pilastro debole;
- ✓ Telai monodirezionali;
- ✓ Mancanza strutture controventanti;

#### Difetti di esecuzione:

- ✓ Irregolarità confezionamento e getto;
- ✓ Difformità con il progetto;
- ✓ Dannose varianti in corso d'opera



## Recuperare o demolire le scuole esistenti?

Aspetti economici



Costi di demolizione e ricostruzione **VS** Costi di retrofitting e adeguamento

Aspetti tecnici



Difficoltà nel raggiungimento degli stessi standard di una nuova scuola

Aspetti sociali

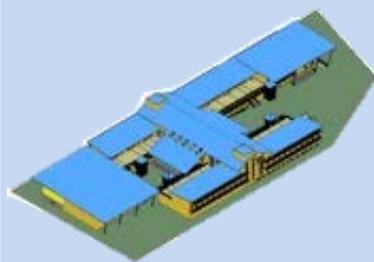


Tempistiche e disagi per l'utenza

### Aspetti energetici e ambientali

Risultati:

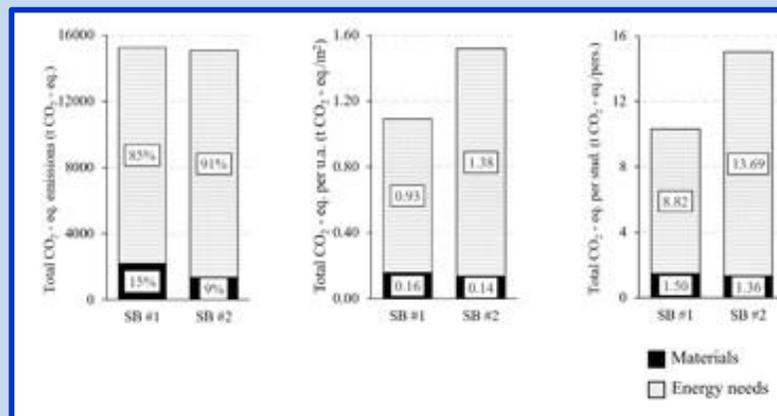
- ✓ L'edificio esistente: minore volume di nuovi materiali ma maggiori consumi energetici;
- ✓ Impatto ambientale unitario globale minore per nuova scuola
- ✓ Risultato influenzato dal contesto climatico

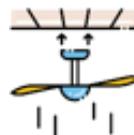


Nuova scuola in legno



Miglioramento sismico ed efficientamento energetico scuola esistente





## Elementi non strutturali



### Cause:

- ✓ Progetto assente o non rispondente alla realtà;
- ✓ Scarsa conoscenza edificio e mancanza di indagini ispettive;
- ✓ Interventi successivi dannosi e/o non segnalati
- ✓ Scarsa manutenzione

Elemento non strutturale	Danni alle persone	Ostruzioni
Crollo controsoffitti	✗	✗
Ribaltamento / crollo tamponature e tramezzi	✗	✗
Malfunzionamento / blocco porte e accessi		✗
Distacco elementi appesi	✗	
Crollo cornicioni, elementi decorativi e simili	✗	✗
Ribaltamento scaffalature e arredi	✗	✗
Malfunzionamento / danneggiamento impianti	✗	✗



## Best practice e conclusioni

- ✓ **Necessario Screening e analisi di vulnerabilità speditive;**
- ✓ **Rilascio Attestato di Classificazione sismica (D.M. 28 febbraio 2017, n° 58)**
- ✓ **Analisi approfondita** con altro indice di Rischio in base alle risultanze delle analisi speditive;
- ✓ Creazione/aggiornamento **database** su materiali, elementi strutturali, schede ARES;
- ✓ Ispezioni approfondite e sostituzione **elementi non strutturali;**
- ✓ **Demolizione/ricostruzione o rinnovamento:** aspetti tecnici, economici, socio-pedagogici, ambientali nei processi decision-making
- ✓ Aggiornamento **linee guida e normativa** basato su evoluzione tecnologica e modelli pedagogici



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Prof. Ing. Bernardino CHIAIA  
Ing. Oscar MANCINELLI

