

UNIVERSITÀ degli STUDI di Napoli FEDERICO II

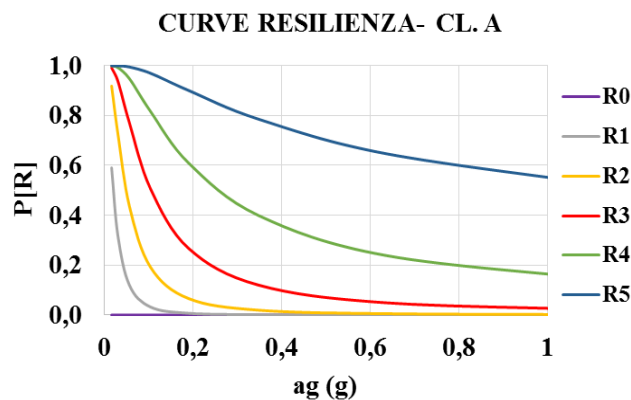
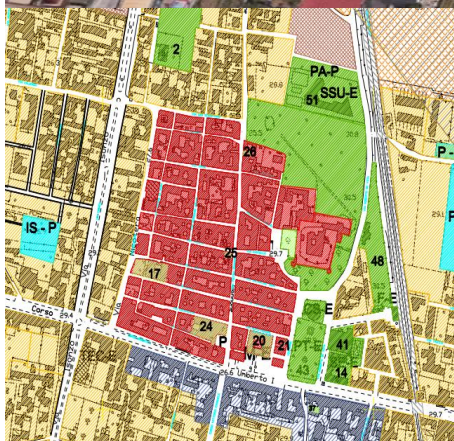
Scuola Politecnica e delle Scienze di base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea Triennale in

Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

Resilienza urbana dei centri storici: applicazione ad un comparto edilizio nel Comune di Marigliano



Relatore:

Prof. Ing. Antonio
Formisano

Correlatore:

Ing. Nicola Chieffo

Candidato:

Davide Serpico

Matr. N49/165

Contenuti del Lavoro

➤ *Oggetto dello Studio*

Indagare la vulnerabilità sismica di un comparto edilizio sito nel centro storico del Comune di Marigliano (Na).

➤ *Cap. 1: Il Rischio Sismico*

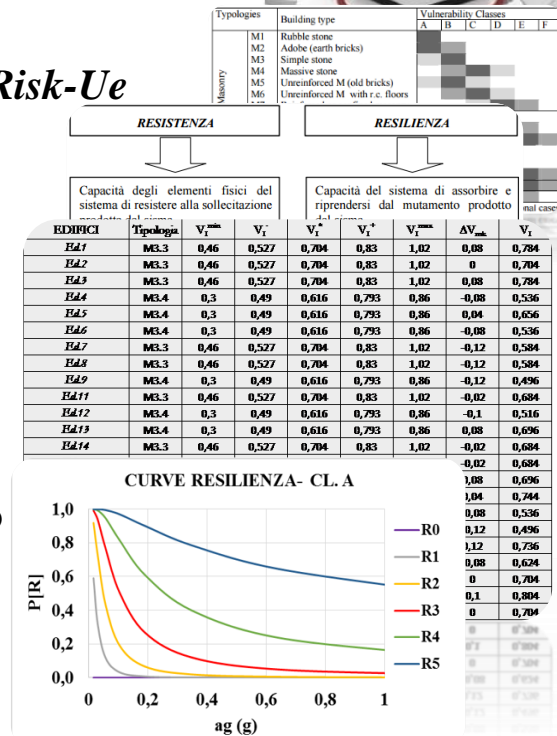
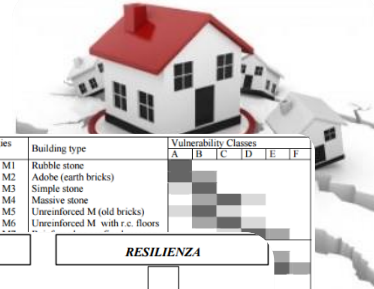
➤ *Cap. 2: Metodo di valutazione della Vulnerabilità: Risk-Ue*

➤ *Cap. 3: Resilienza Urbana*

➤ *Cap. 4: Caratterizzazione tipologica degli edifici nel centro storico di Marigliano*

➤ *Cap. 5: Rischio e Resilienza in zona sismica* Applicazione al comparto nel Comune di Marigliano

➤ *Conclusioni*



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

Rischio e
Resilienza

Vulnerabilità e Rischio Sismico

Per **rischio sismico** si intende la probabilità che venga raggiunto un prefissato livello di perdita in un certo intervallo di tempo. Esso si definisce come:

$$\text{Rischio Sismico} = \text{Pericolosità} \times \text{Vulnerabilità} \times \text{Esposizione}$$

- **La pericolosità (P)** è la probabilità che si verifichi un evento sismico in grado di causare specifici scenari di danno in una data regione ed è legata alla frequenza con la quale tale fenomeno si ripete.
- **La vulnerabilità (V)** è la suscettibilità di una struttura a subire un danno di un certo grado in presenza di un evento sismico di assegnata intensità.
- **L'esposizione (E)** di un'area è riferita alla natura, alla qualità e quantità dei beni esposti al rischio.



Rischio Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

**Rischio e
Resilienza**

Vulnerabilità e Rischio Sismico

Scala Mercalli-Cancani-Sieberg: misura l'entità di un terremoto sulla base degli effetti che produce su persone, cose e manufatti.

Grado	Scossa	Descrizione
I	Strumentale	Avvertita solo dagli strumenti
II	Debole	Avvertito solo da poche persone sensibili in condizioni particolari
III	Leggera	Avvertito da poche persone
IV	Moderata	Avvertito da molte persone, tremiti di infissi e cristalli, oscillazione di oggetti sospesi
V	Piuttosto forte	Avvertito da molte persone, anche addormentate; caduta di oggetti
VI	Forte	Qualche lesione agli edifici
VII	Molto forte	Caduta di comignoli, lesioni agli edifici
VIII	Distruttiva	Rovina parziale di alcuni edifici, vittime isolate
IX	Rovinoso	Rovina totale di alcuni edifici, molte vittime umane, crepacci nel suolo
X	Disastrosa	Crollo di parecchi edifici, numerose vittime umane, crepacci evidenti nel terreno
XI	Catastrofica	Distruzione di agglomerati urbani, moltissime vittime, crepacci, frane, maremoto
XII	Apocalittica	Danneggiamento totale, distruzione di ogni manufatto, pochi superstiti, sconvolgimento del suolo, maremoto

Rischio Sismico

Valutazione della Vulnerabilità

Metodo RISK-UE

Resilienza Urbana

Vulnerabilità del centro storico

Rischio e Resilienza



Vulnerabilità e Rischio Sismico

- **Valutazione dell'esposizione:** misura l'entità di un terremoto sulla base degli effetti che produce su persone, cose e manufatti.

$$I_e = I_f \times I_u$$

- Quantificazione dei manufatti esposti a rischio
- Individuazione delle funzioni: stima dell'indice di funzione (I_f)
- Individuazione delle persone coinvolte: stima dell'indice di utenza (I_u)

Valutazione della pericolosità: misura delle potenzialità distruttive del terremoto.

Approccio Probabilistico:

- Studio delle informazioni fornite dalla storia sismica di un sito;
- Determinazione della probabilità che nell'area interessata si verifichi un terremoto in un certo intervallo di tempo;
- Individuazione di intensità (I), magnitudo o accelerazione di picco (PGA) .



Metodologie Per La Valutazione Della Vulnerabilità Sismica

I metodi di valutazione della vulnerabilità sismica si differenziano in:

- Metodologie Speditive;
- Metodologie Meccaniche.

Metodi speditivi mediante schede di rilevamento:

- 1) Schede di vulnerabilità
- 2) Matrici di Probabilità di Danno
- 3) Metodo proposto da Calvi
- 4) Curve di Fragilità
- 5) Metodo Hazus
- 6) Capacity Spectrum Method
- 7) Metodo N2
- 8) **Risk-Ue**



Il Metodo Risk-Ue

Il metodo **RISK-UE** *An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to European towns*», è finalizzato a ridurre le perdite causate dal terremoto e generare piani di azione per la mitigazione del Rischio Sismico.



1° LIVELLO DI ANALISI

- Building Typology Matrix
- Classi di vulnerabilità
- Matrici di Probabilità di Danno

2° LIVELLO DI ANALISI

- Building Typology Matrix
- Definizione dei parametri geometrici e strutturali
- Indice di vulnerabilità tipologico

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

Rischio e
Resilienza





Definizione dell'indice di Vulnerabilità Tipologico

Vulnerabilità secondo la definizione fuzzy:

Typologies		Building type	Vulnerability Classes					
			A	B	C	D	E	F
Masonry	M1	Rubble stone	■					
	M2	Adobe (earth bricks)	■	■				
	M3	Simple stone	■	■	■			
	M4	Massive stone	■	■	■	■		
	M5	Unreinforced M (old bricks)	■	■	■	■	■	
	M6	Unreinforced M with r.c. floors	■	■	■	■	■	■
	M7	Reinforced or confined masonry	■	■	■	■	■	■
Reinforced Concrete	RC1	Frame in r.c. (without E.R.D.)		■	■	■	■	■
	RC2	Frame in r.c. (moderate E.R.D.)		■	■	■	■	■
	RC3	Frame in r.c. (high E.R.D.)		■	■	■	■	■
	RC4	Shear walls (without E.R.D.)		■	■	■	■	■
	RC5	Shear walls (moderate E.R.D.)		■	■	■	■	■
	RC6	Shear walls (high E.R.D.)		■	■	■	■	■
Stell	S	Steel structures			■	■	■	■
Tiber	W	Timber structures		■	■	■	■	■

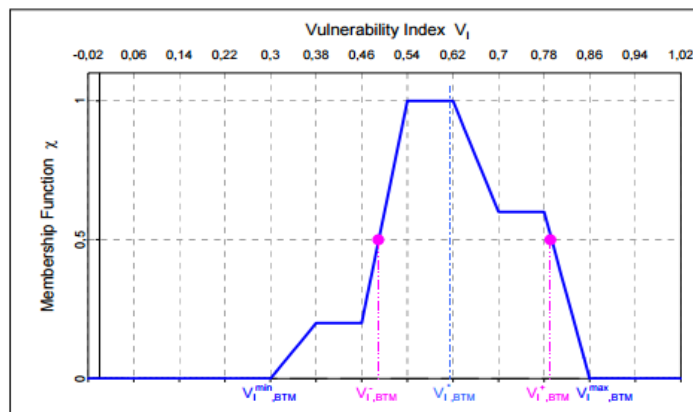
Situations: ■ Most probable class; ■ Possible class; ■ Unlikely class (exceptional cases)

Most Probable class: $\chi = 1$

Possible class: $\chi = 0,6$

Unlikely class: $\chi = 0,2$

Funzione di appartenenza di ciascuna costruzione:



Funzione di appartenenza tipologia M4:

$$\chi_{M4}(V_I) = \chi_C(V_I) + 0.6\chi_B(V_I) + 0.2\chi_A(V_I)$$

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

Rischio e
Resilienza

Il Metodo Risk-Ue



Valori dell'indice di Vulnerabilità Tipologico

Typology	Description	V_I representative values				
		V_I^*	V_I^-	V_I^+	V_I^{min}	V_I^{max}
M1.1	Rubble stone, fieldstone	0,62	0,81	0,873	0,98	1,02
M1.2	Simple stone	0,46	0,65	0,74	0,83	1,02
M1.3	Massive stone	0,30	0,49	0,616	0,793	0,86
M2	Adobe	0,62	0,687	0,84	0,98	1,02
M3.1	Wooden slabs	0,46	0,65	0,74	0,83	1,02
M3.2	Masonry vaults	0,46	0,65	0,776	0,953	1,02
M3.3	Composite steel and masonry slabs	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02
M3.4	Reinforced concrete slabs	0,30	0,490	0,616	0,793	0,86
M4	Reinforced or confined masonry wall	0,14	0,330	0,451	0,633	0,7
M5	Overall strengthened	0,30	0,490	0,694	0,953	1,02
RC1	Concrete Moment Frames	-0,02	0,047	0,442	0,8	1,02
RC2	Concrete shear walls	-0,02	0,047	0,368	0,67	0,86
RC3.1	Regularly infilled walls	-0,02	0,007	0,402	0,76	0,98
RC3.2	Irregular frames	0,06	0,127	0,522	0,88	1,02
RC4	RC Dual systems	-0,02	0,047	0,386	0,67	0,86
RC5	Precast concrete Tilt-Up walls	0,14	0,207	0,384	0,51	0,7
RC6	Precast C. Frontes, C. shear walls	0,30	0,367	0,544	0,67	0,86
S1	Steel Moment Frames	-0,02	0,467	0,363	0,64	0,86
S2	Steel braced Frames	-0,02	0,467	0,287	0,48	0,7
S3	Steel frame+unrein. Mas. Infill. wall	0,14	0,330	0,484	0,64	0,86
S4	Steel frame+cast-in-place shear wall	-0,02	0,047	0,224	0,35	0,54
S5	Steel and RC composite system	-0,02	0,257	0,402	0,72	1,02
W	Wood structures	0,14	0,207	0,447	0,64	0,86

• V_I^* : valore coincidente con il baricentro della distribuzione;

• V_I^- : limite inferiore dell'intervallo;

• V_I^+ : limite superiore dell'intervallo;

• V_I^{min} : limite inferiore di V_I ;

• V_I^{max} : limite superiore di V_I .

Rischio Sismico

Valutazione della Vulnerabilità

Metodo RISK-UE

Resilienza Urbana

Vulnerabilità del centro storico

Rischio e Resilienza



Il Metodo Risk-Ue

Valutazione dell'indice di vulnerabilità tipologico: il comportamento sismico di una costruzione non dipende solo dal sistema strutturale ma coinvolge anche altri fattori.

Behaviour modifier	Masonry		Reinforced Concrete			
		V_{mk}	ERD Level	Pre/Low	Medium	Hight
				V_{mk}	V_{mk}	V_{mk}
State of preservation	Good	-0.04	Good	-	-	-
	Bad	+0.04	Bad	+0.04	+0.02	0
Number of floors	Low (1or 2)	-0.08	Low (1-3)	-0.02	-0.02	-0.02
	Medium (3,4 or 5)	0	Medium (4-7)	0	0	0
	High (6 or more)	+0.08	High (8 or more)	+0.04	+0.04	+0.04
Structural system	Wall thickness					
	Wall distance	-0.04+0.04				
	Wall connections					
Plan Irregularity	Geometry	+0.04	Geometry	+0.04	+0.02	0
	Mass distribution		Mass distribution	+0.02	+0.01	0
Vertical Irregularity	Geometry	+0.04	Geometry	+0.04	+0.02	0
	Mass distribution		Mass distribution			
Superimposed floors		+0.04				
Roof	Weight, thrust and connections	+0.04				
Retrofitting Intervention		-0.08+0.08				
Aseismic Devices	Barbican, Foil arches, Buttresses	-0.04				
Aggregate Building: position	Middle	-0.04	Insufficient aseismic joints	+0.04	0	0
	Corner	+0.04				
	Header	+0.06				
Aggregate Building: elevation	Staggered floors	+0.04				
	Buildings with different height	-0.04+0.04				
Foundation	Different level foundations	+0.04	Beams	-0.04	0	0
			Connected beams	0	0	0
			Isolated Footing	+0.04	0	0
			Short-column	+0.02	+0.01	0
			Bow windows	+0.04	+0.02	0

$$V_I = V_I^* + \Delta V_R + \Delta V_m$$

- ΔV_R : Fattore di vulnerabilità regionale, relativo alle tecniche costruttive di una determinata Regione.
- ΔV_m : Fattore relativo ai modificatori di comportamento, computa il contributo dovuto alle caratteristiche della costruzione

Rischio Sismico

Valutazione della Vulnerabilità

Metodo RISK-UE

Resilienza Urbana

Vulnerabilità del centro storico

Rischio e Resilienza

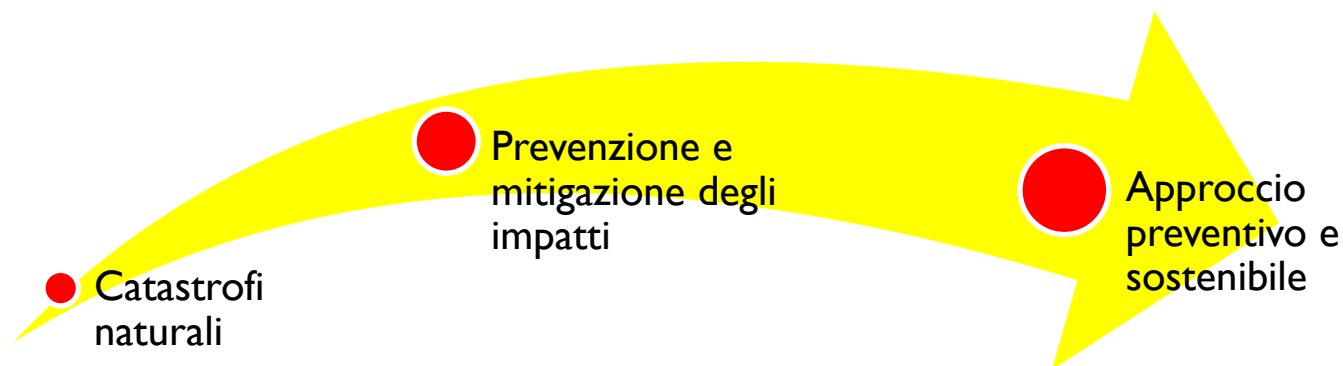


Resilienza Urbana

La Resilienza Urbana: Messa a punto di azioni urbanistiche atte ad accrescere la capacità del sistema urbano di resistere, far fronte e riprendersi da un evento sismico.

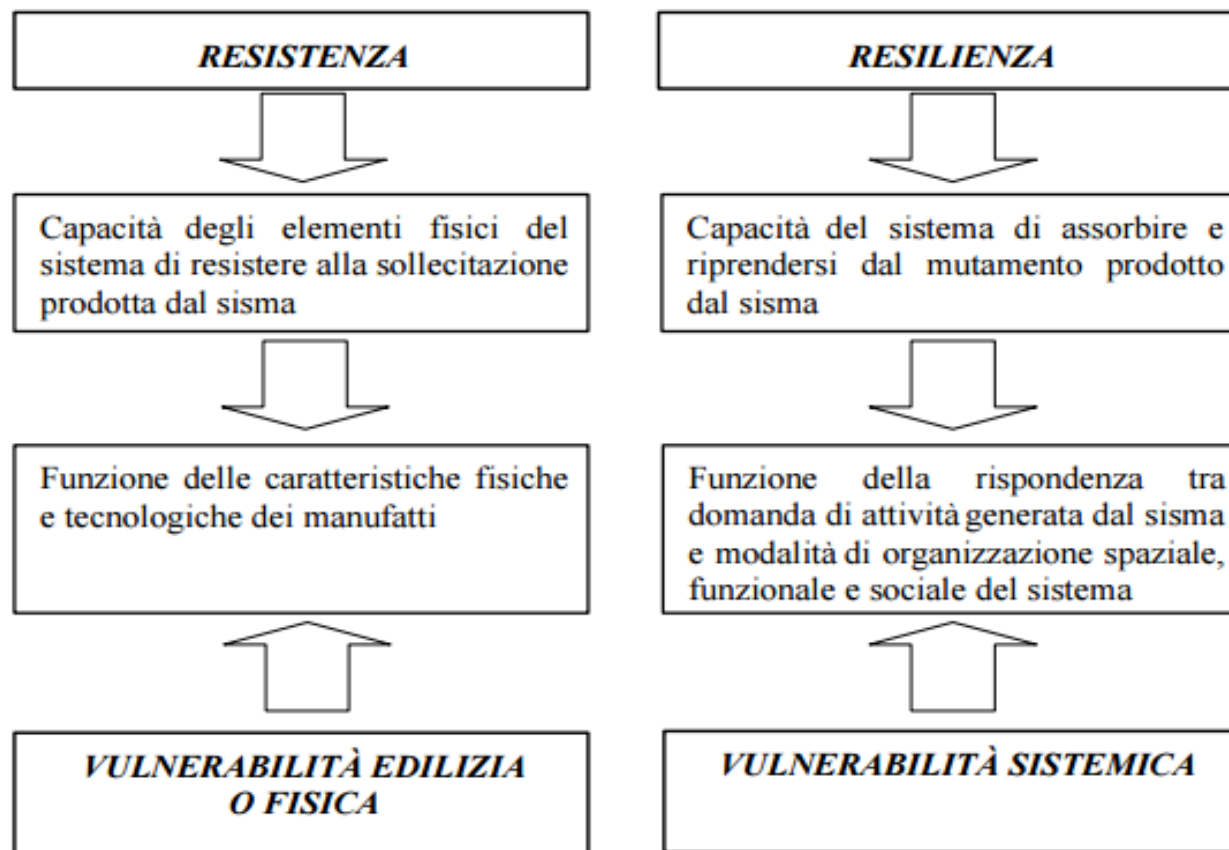


- Sostenibilità dello sviluppo
- Approccio preventivo alla problematica del Rischio Sismico
- Resilienza e Vulnerabilità dei sistemi urbani



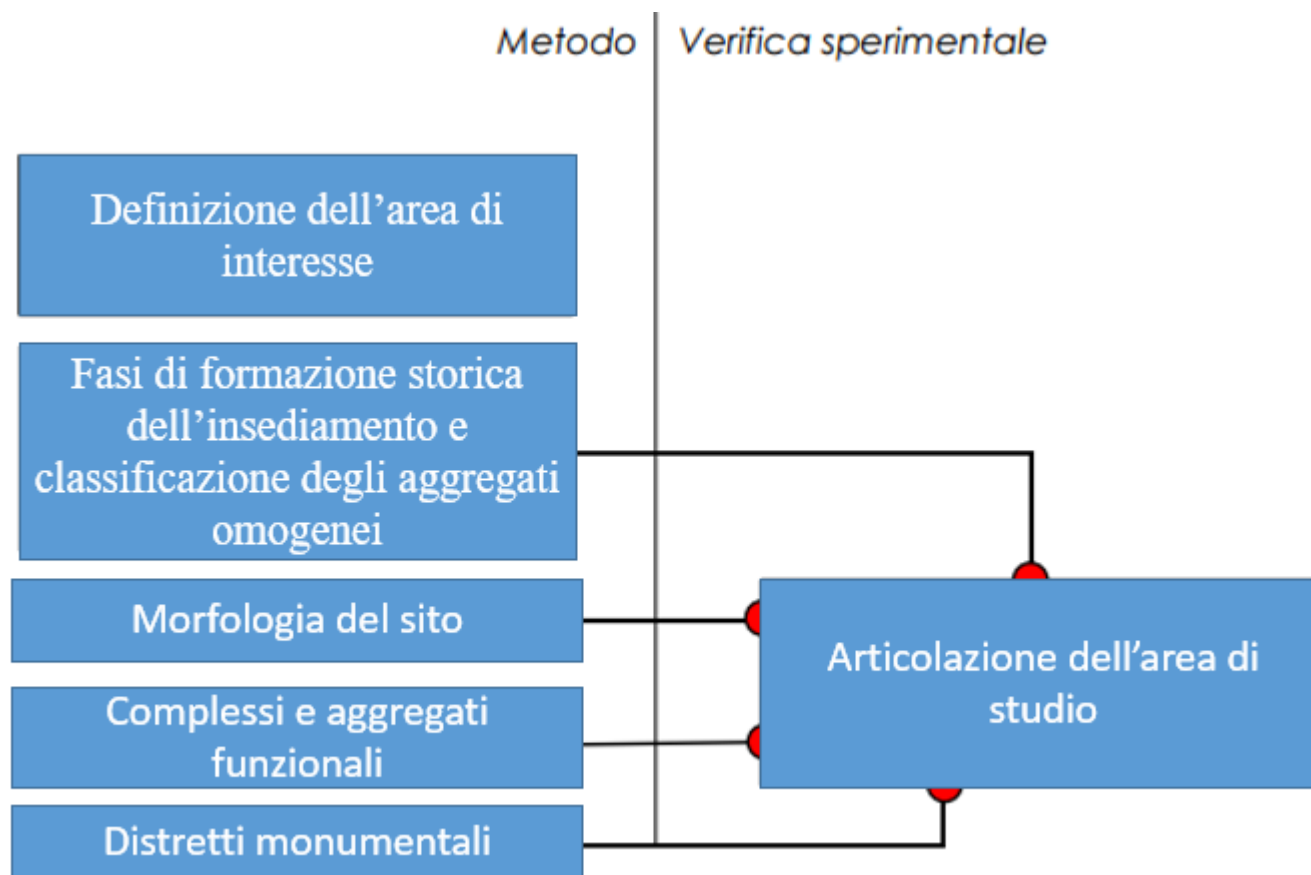
Resilienza Urbana

Resilienza e vulnerabilità dei sistemi urbani: la Vulnerabilità di un sistema può essere interpretata come l'opposto della sua capacità di assorbire perturbazioni, ovvero come l'opposto della sua resilienza.



Resilienza Urbana

Metodo di misura della Vulnerabilità Sistemica: definizione di criteri per l'individuazione dell'unità territoriale omogenea di interesse e messa a punto di indicatori.



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

**Resilienza
Urbana**

Vulnerabilità
del centro
storico

Rischio e
Resilienza



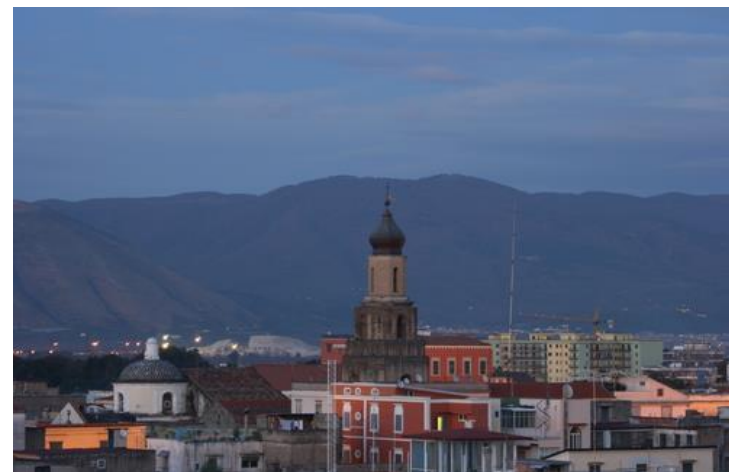
Vulnerabilità del centro storico

Il Comune di Marigliano



- **Marigliano:** è un centro di 2,6 Km² situato a 19 Km da Napoli.
- **Cenni storici:** antico centro di origine romana fondato nel 631 A.C.
- **Centro storico:** conserva il suo aspetto originario generato da un castrum militare romano con la sua rete di cardini e decumani ortogonali tra loro;

- **Rischio sismico:** zona sismica 2 ($0,15g \leq a_g < 0,25g$) con pericolosità sismica media dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

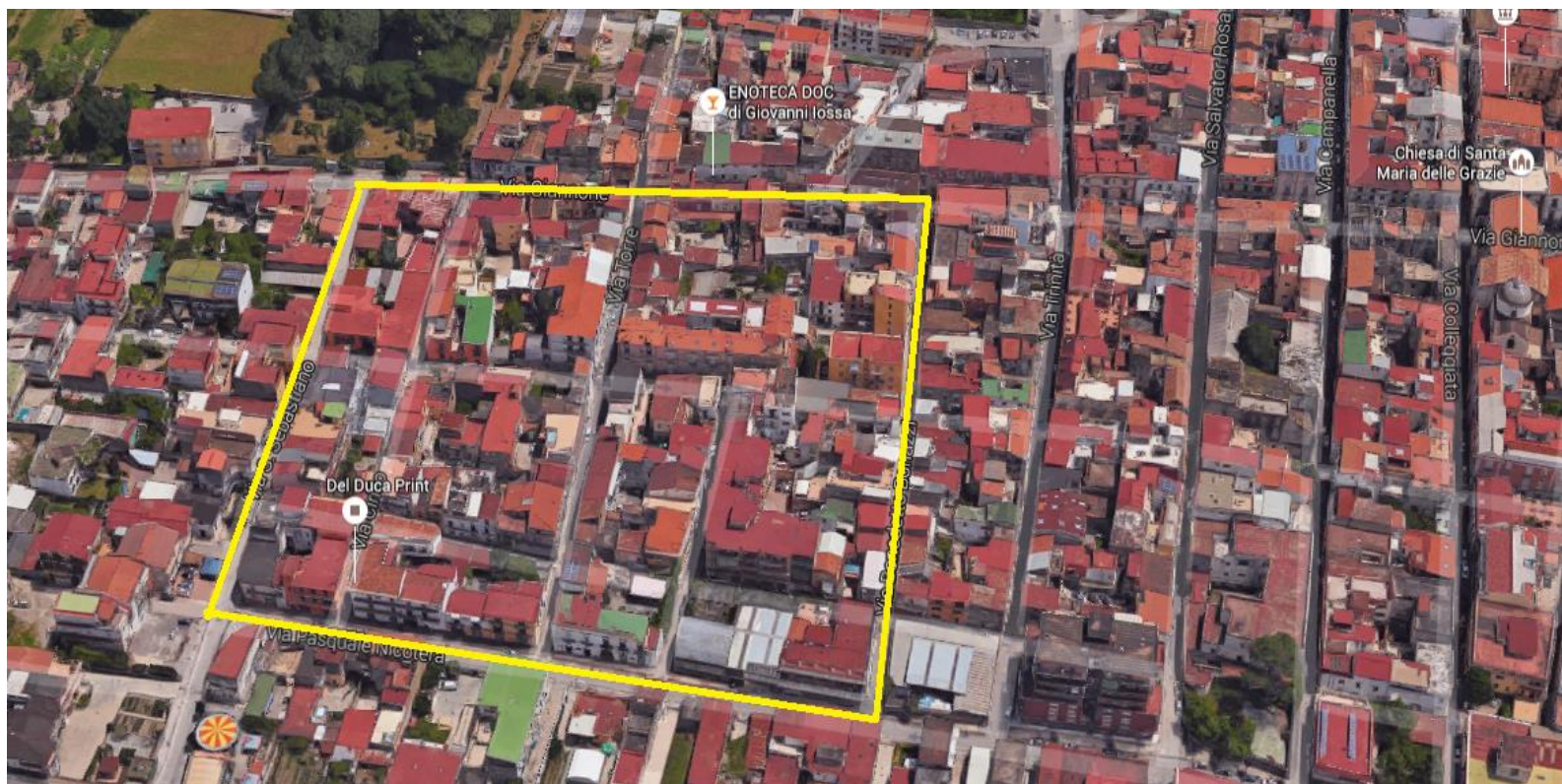
**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza



Vulnerabilità del centro storico

Caso studio: un comparto del centro storico del Comune di Marigliano



Possibile applicazione della metodologia Risk-Ue a diverse scale di grandezza.
La definizione di tale scala dipende dal dettaglio dei dati disponibili.

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

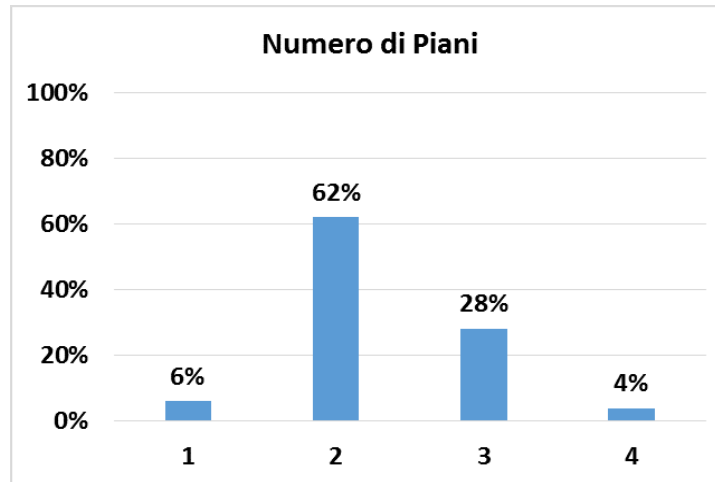
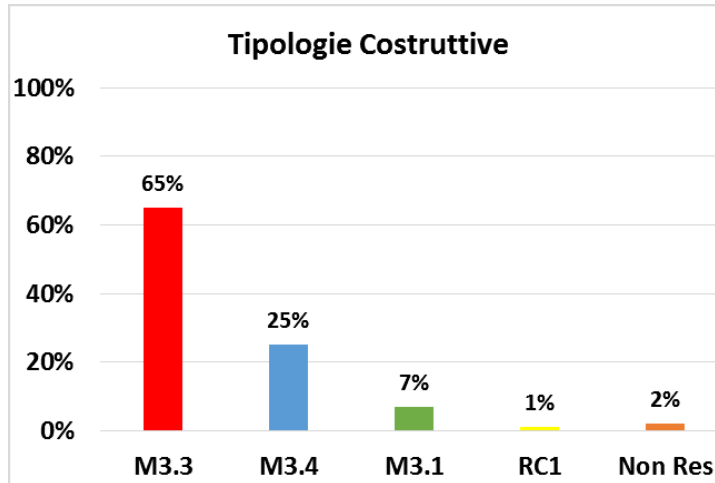
**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza



Vulnerabilità del centro storico

Caratterizzazione tipologica strutturale di 104 edifici in esame:



- **M3.3:** Muratura portante non armata con solai composti di ferro e tavelloni;
- **M3.4:** Muratura portante non armata con solai in cemento armato
- **M3.1:** Muratura portante non armata con solai in legno
- **RC1:** Telai in cemento armato

- **Numero medio di piani:** 2,3

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza



Vulnerabilità del centro storico

Correlazione delle tipologie edilizie espresse dal metodo Risk-Ue con le classi tipologiche espresse dal gruppo di lavoro GNDT-SSN del 2002:

		STRUTTURA ORIZZONTALE				
		SCARSA RIGIDEZZA Volte e/o solai in legno senza tiranti	TECNOLOG. POVERA "SAP" floor	MEDIA RIGIDEZZA Volte e/o Solai in legno con tiranti	RIGIDEZZA MEDIO-ALTA Solai con putrelle	ELEVATA RIGIDEZZA Solai in c.a.
STRUTTURA VERTICALE	MURATURA DEBOLE Muratura in pietra sbazzata in cattive condizioni	A	A	A	A	A
	MURATURA DI MEDIA QUALITA' Muratura in pietra sbazzata in buone condizioni	A	A	B	B	B
	MURATURA RESISTENTE Muratura di mattoni squadriati	A	A	B	B	C
	STRUTTURE INTELAIATE	-	B	-	-	D

Rischio Sismico

Valutazione della Vulnerabilità

Metodo RISK-UE

Resilienza Urbana

Vulnerabilità del centro storico

Rischio e Resilienza



Indice di vulnerabilità a scala locale

Sintesi dei risultati secondo il metodo Risk-Ue (Ed.: 48-72)

EDIFICI	Tipologia	V_I^{\min}	V_I^-	V_I^+	V_I^+	V_I^{\max}	ΔV_{mk}	V_I
Ed.48	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,16	0,544
Ed.50	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	0,08	0,784
Ed.51	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,04	0,664
Ed.52	M3.4	0,3	0,49	0,616	0,793	0,86	-0,04	0,576
Ed.53	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	0	0,704
Ed.54	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,12	0,584
Ed.55	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,12	0,584
Ed.56	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,04	0,664
Ed.57	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,06	0,644
Ed.58	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	0,04	0,744
Ed.59	M3.1	0,46	0,65	0,74	0,83	1,02	0,08	0,82
Ed.60	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,04	0,664
Ed.61	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,04	0,664
Ed.62	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,16	0,544
Ed.63	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,08	0,624
Ed.64	M3.4	0,3	0,49	0,616	0,793	0,86	-0,04	0,576
Ed.65	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,12	0,584
Ed.66	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,12	0,584
Ed.67	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,04	0,664
Ed.68	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,04	0,664
Ed.69	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,12	0,584
Ed.70	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,16	0,544
Ed.71	M3.3	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02	-0,12	0,584
Ed.72	M3.4	0,3	0,49	0,616	0,793	0,86	0,02	0,636

Valutazione della vulnerabilità a livello locale:

- Definizione su base tipologica: identificazione di ogni edificio con la relativa tipologia edilizia;
- Definizione su base semeiotica: identificazione di quanti più possibili particolari strutturali tecnologici e costruttivi.

Rischio Sismico

Valutazione della Vulnerabilità

Metodo RISK-UE

Resilienza Urbana

Vulnerabilità del centro storico

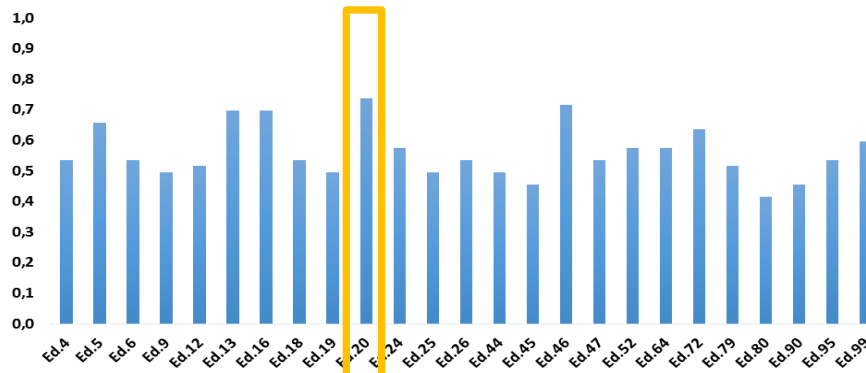
Rischio e Resilienza



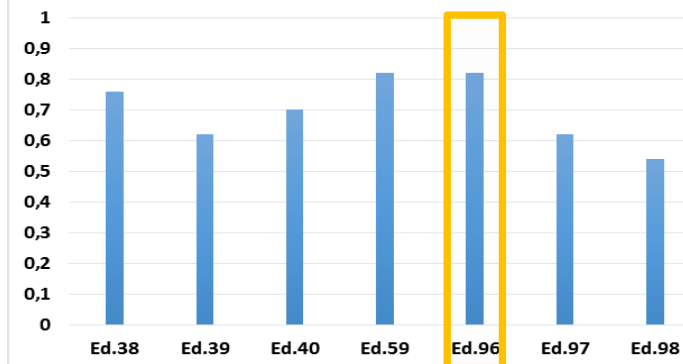
Vulnerabilità del centro storico

Distribuzione dell'indice di vulnerabilità mediante il metodo Risk-Ue (**Ed.1-103**)

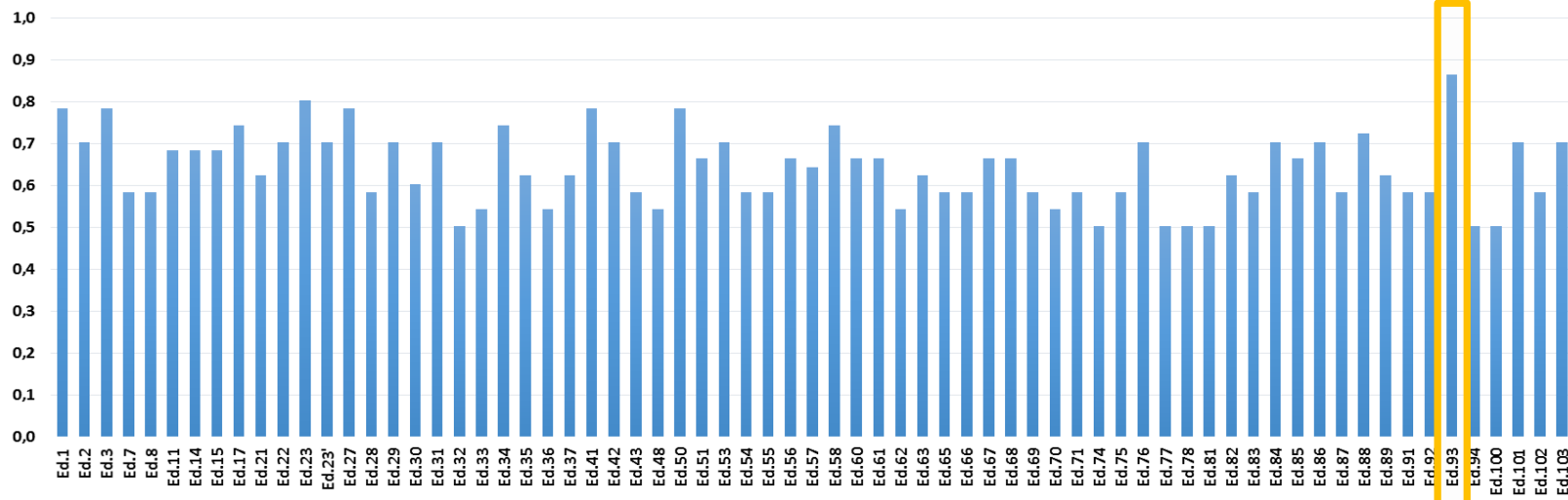
VULNERABILITA' RISK-UE M3.4



VULNERABILITA' RISK-UE M3.1



VULNERABILITA' RISK-UE M3.3



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza



UNIVERSITÀ degli STUDI di Napoli FEDERICO II

Scuola Politecnica e delle Scienze di base

Vulnerabilità del centro storico

Edificio 93



Tale edificio presenta una struttura in muratura di tufo non armata in cattive condizioni; costituito da 4 piani ha delle irregolarità sia in pianta che in elevazione.

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza

Vulnerabilità del centro storico

Grado di Danno Medio μ_D : calcolo del grado di danno medio atteso per ogni valore dell'intensità macrosismica (I) valutata secondo la scala macrosismica EMS 98 e funzione dell'indice di vulnerabilità tipologico.

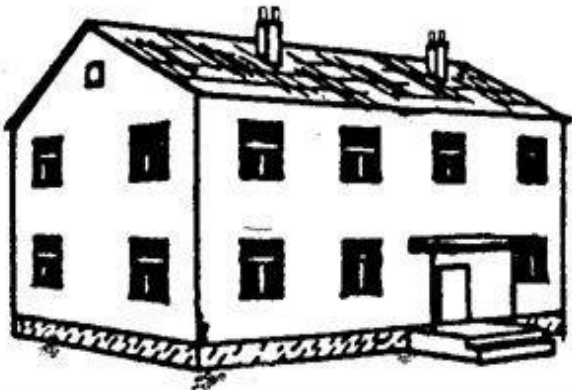
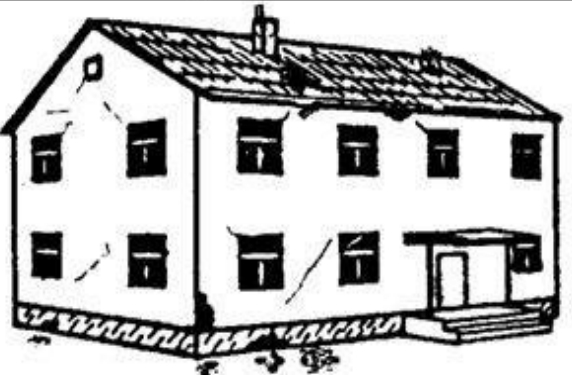
$$\mu_D = 2,5 \cdot \left(1 + \tanh \left(\frac{I + 6,25 \cdot V_I - 1,31}{2,3} \right) \right)$$

EDIFICI	V_I	GRADO DI DANNO MEDIO μ_D							
		$I=5$	$I=6$	$I=7$	$I=8$	$I=9$	$I=10$	$I=11$	$I=12$
Ed.48	0,544	0,083	0,193	0,436	0,928	1,762	2,824	3,780	4,404
Ed.50	0,784	0,291	0,643	1,302	2,283	3,336	4,136	4,597	4,823
Ed.51	0,664	0,156	0,357	0,775	1,522	2,554	3,568	4,280	4,671
Ed.52	0,576	0,098	0,227	0,511	1,067	1,965	3,035	3,933	4,489
Ed.53	0,704	0,193	0,436	0,928	1,762	2,824	3,780	4,404	4,732
Ed.54	0,584	0,102	0,237	0,531	1,104	2,017	3,087	3,969	4,509
Ed.55	0,584	0,102	0,237	0,531	1,104	2,017	3,087	3,969	4,509
Ed.56	0,664	0,156	0,357	0,775	1,522	2,554	3,568	4,280	4,671
Ed.57	0,644	0,141	0,323	0,707	1,410	2,419	3,455	4,210	4,636
Ed.58	0,744	0,237	0,531	1,104	2,017	3,087	3,969	4,509	4,782
Ed.59	0,82	0,350	0,761	1,499	2,527	3,546	4,267	4,664	4,853
Ed.60	0,664	0,156	0,357	0,775	1,522	2,554	3,568	4,280	4,671
Ed.61	0,664	0,156	0,357	0,775	1,522	2,554	3,568	4,280	4,671
Ed.62	0,544	0,083	0,193	0,436	0,928	1,762	2,824	3,780	4,404
Ed.63	0,624	0,126	0,291	0,643	1,302	2,283	3,336	4,136	4,597
Ed.64	0,576	0,098	0,227	0,511	1,067	1,965	3,035	3,933	4,489
Ed.65	0,584	0,102	0,237	0,531	1,104	2,017	3,087	3,969	4,509
Ed.66	0,584	0,102	0,237	0,531	1,104	2,017	3,087	3,969	4,509
Ed.67	0,664	0,156	0,357	0,775	1,522	2,554	3,568	4,280	4,671
Ed.68	0,664	0,156	0,357	0,775	1,522	2,554	3,568	4,280	4,671
Ed.69	0,584	0,102	0,237	0,531	1,104	2,017	3,087	3,969	4,509
Ed.70	0,544	0,083	0,193	0,436	0,928	1,762	2,824	3,780	4,404
Ed.71	0,584	0,102	0,237	0,531	1,104	2,017	3,087	3,969	4,509
Ed.72	0,636	0,135	0,310	0,681	1,366	2,364	3,408	4,181	4,621

Rischio
SismicoValutazione
della
VulnerabilitàMetodo
RISK-UEResilienza
UrbanaVulnerabilità
del centro
storicoRischio e
Resilienza

Vulnerabilità del centro storico

Scala EMS 98: Classificazione del danno in forma discreta, attraverso 5 livelli distinti per le diverse tipologie costruttive

Classificazione del danno per gli edifici in muratura	
	<p>D1: danno da trascurabile a leggero (assenza di danno strutturale, danno non strutturale leggero)</p> <p>Fessure molto sottili in un numero estremamente ridotto di muri.</p> <p>Caduta di piccoli pezzi di intonaco.</p> <p>Caduta di pietre mal ancorate dalle parti più alte dell'edificio in casi molto rari.</p>
	<p>D2: Danno moderato (danno strutturale leggero, danno non strutturale moderato)</p> <p>Fessure in numerosi muri.</p> <p>Caduta di pezzi di intonaco piuttosto larghi.</p> <p>Parziale collasso delle canne fumarie.</p>

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

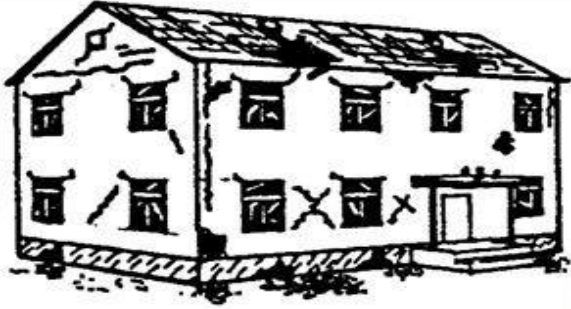
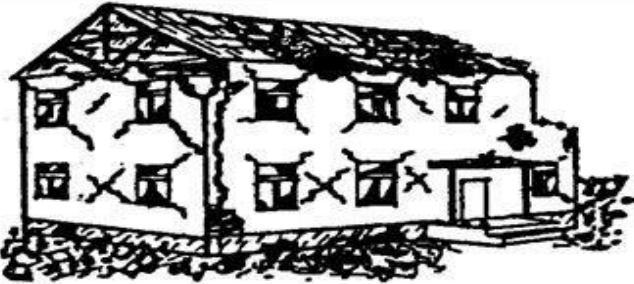

Resilienza
Urbana

**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza

Vulnerabilità del centro storico

Scala EMS 98: Classificazione del danno in forma discreta, attraverso 5 livelli distinti per le diverse tipologie costruttive

	<p>D3: Danno da sostanziale a grave (danno strutturale moderato, danno non-strutturale grave)</p> <p>Fessure profonde ed estese in numerosi muri</p> <p>Distacco di tegole, Frattura delle canne fumarie sulla linea del tetto; crisi di singoli elementi non strutturali (pareti divisorie, timpani).</p>
	<p>D4: Danno molto grave (danno strutturale grave, danno non-strutturale molto grave)</p> <p>Grave crisi dei muri; crisi strutturale parziale di tetti e solai.</p>
	<p>D5: Distruttivo (Danno strutturale molto grave)</p> <p>Collasso totale o incipiente</p>

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

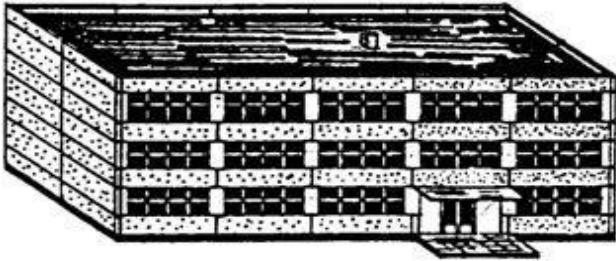
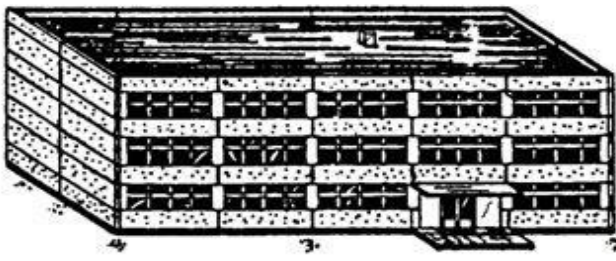
**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza



Vulnerabilità del centro storico

Scala EMS 98: Classificazione del danno in forma discreta, attraverso 5 livelli distinti per le diverse tipologie costruttive

Classificazione del danno per edifici in cemento Armato	
	<p>D1: danno da trascurabile a leggero (assenza di danno strutturale, danno non strutturale leggero)</p> <p>Fessure sottili nell'intonaco sugli elementi del telaio o alla base delle pareti.</p> <p>Fessure sottili nelle partizioni e nelle tamponature.</p>
	<p>D2: Danno moderato (danno strutturale leggero, danno non strutturale moderato)</p> <p>Fessure in colonne e travi del telaio e nelle pareti strutturali.</p> <p>Fessure nelle partizioni e nelle tamponature; caduta di rivestimenti fragili e intonaco. Caduta di malta nelle zone di giunzione dei pannelli delle pareti.</p>

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

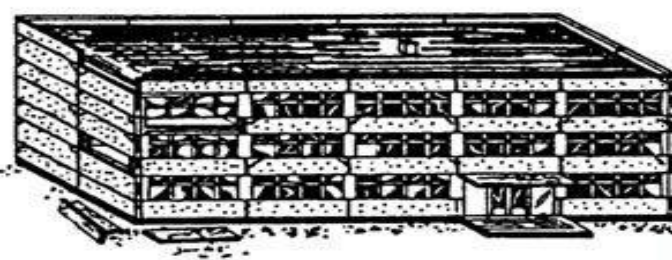
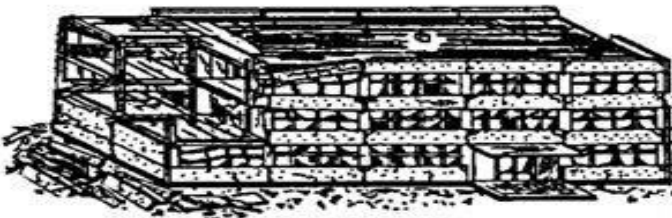

**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza



Vulnerabilità del centro storico

Scala EMS 98: Classificazione del danno in forma discreta, attraverso 5 livelli distinti per le diverse tipologie costruttive

	<p>D3: Danno da sostanziale a grave (danno strutturale moderato, danno non strutturale grave)</p> <p>Fessure in colonne e nodi trave-colonna del telaio alla base e zone di giunzione di pareti accoppiate. Espulsione del copriferro, instabilizzazione delle barre di rinforzo.</p> <p>Fessure ampie nelle partizioni e nelle tamponature, crisi di singole tamponature.</p>
	<p>D4: Danno molto grave (danno strutturale grave, danno non strutturale molto grave)</p> <p>Fessure ampie negli elementi strutturali con crisi a compressione del calcestruzzo e frattura delle barre di rinforzo; perdita dell'aderenza delle barre di rinforzo delle travi; inclinazione delle colonne. Collasso di un numero ridotto di colonne o di un singolo piano più alto.</p>
	<p>D5: Distruttivo (danno strutturale molto grave)</p> <p>Collasso del piano terra o porzioni di edificio (ad es., singole ali).</p>

Rischio Sismico

Valutazione della Vulnerabilità

Metodo RISK-UE

Resilienza Urbana

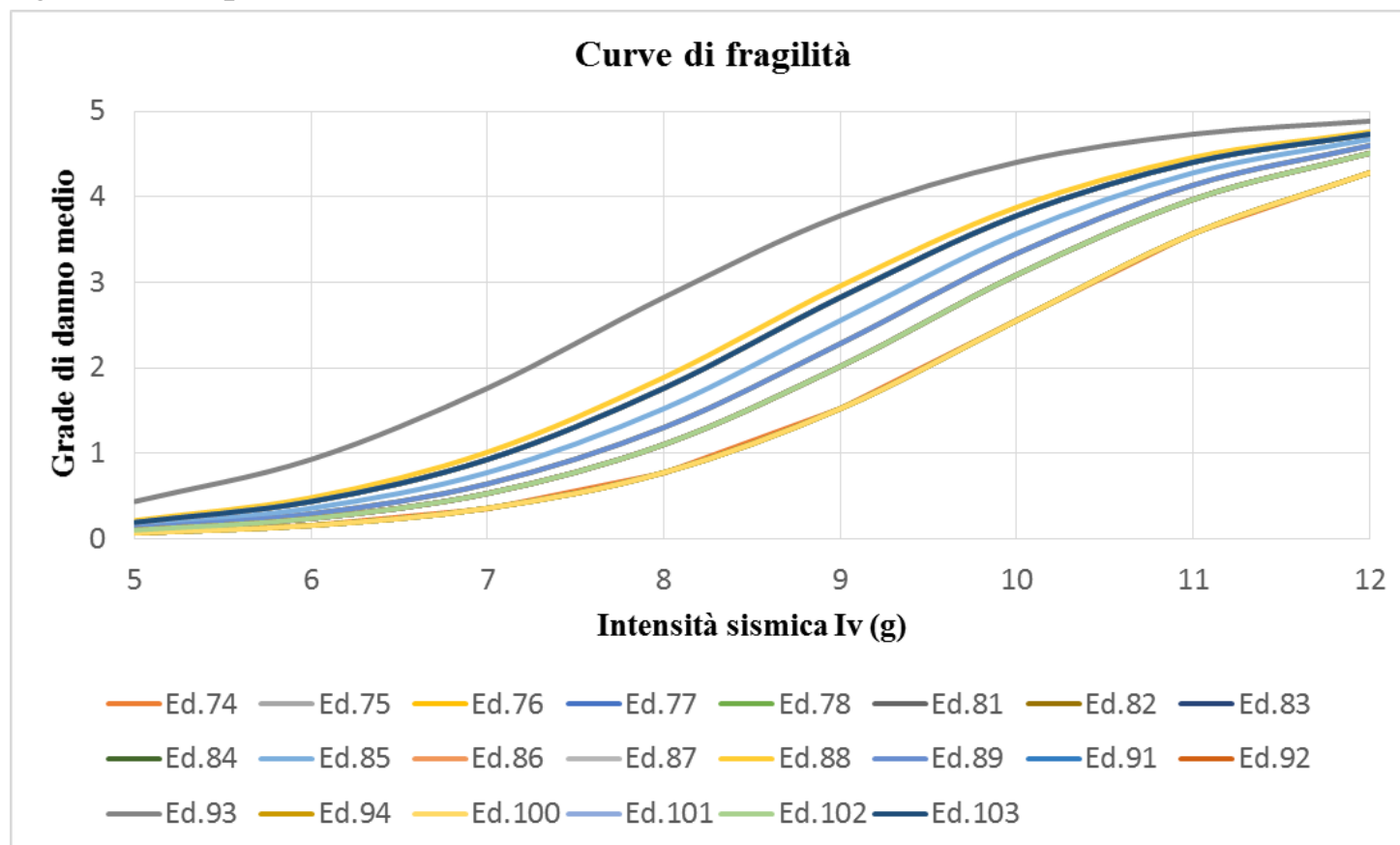
Vulnerabilità del centro storico

Rischio e Resilienza



Vulnerabilità del centro storico

Curve di Fragilità: probabilità di un sistema strutturale, soggetto ad un input sismico assegnato, di superare determinati livelli di danno.



In riferimento alla scala macrosismica EMS 98 per livelli di danno da I a V

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

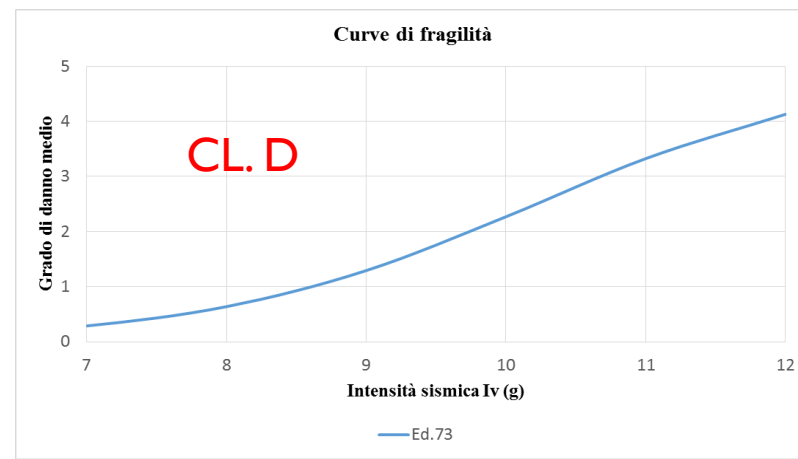
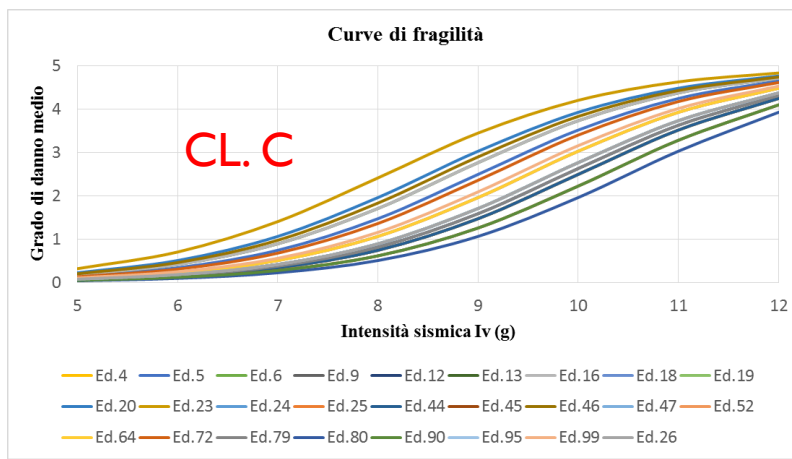
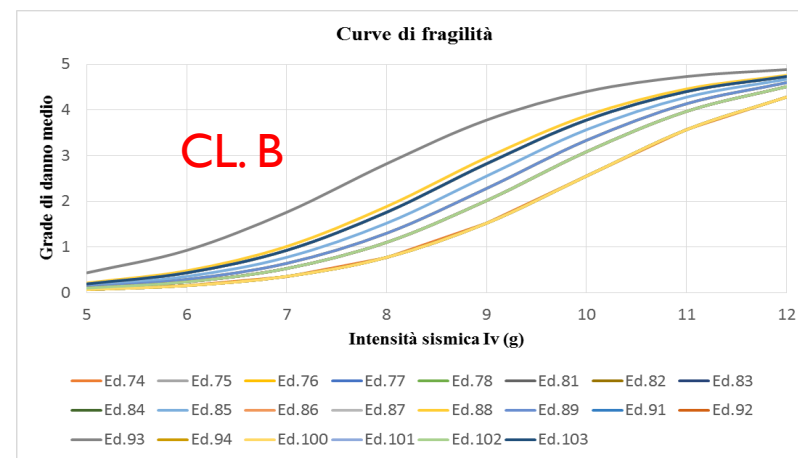
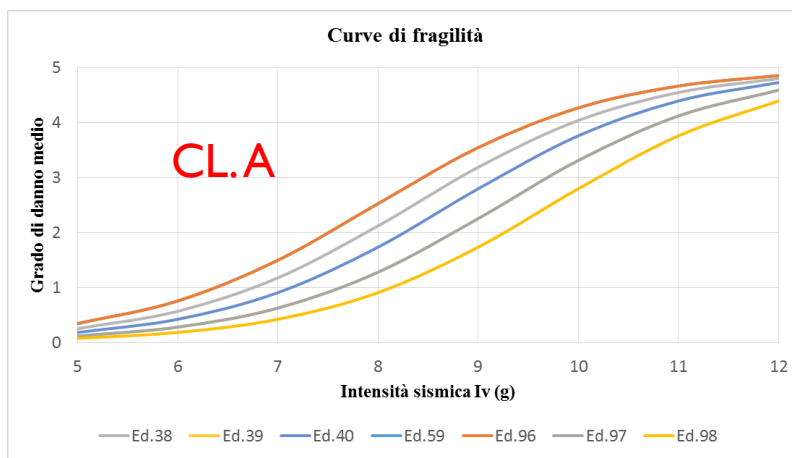
**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza



Vulnerabilità del centro storico

Curve di Fragilità per classe tipologica.



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza



Vulnerabilità del centro storico

Scenari di danno: rappresentazione dell'impatto di un evento sismico sul territorio



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

**Vulnerabilità
del centro
storico**

Rischio e
Resilienza

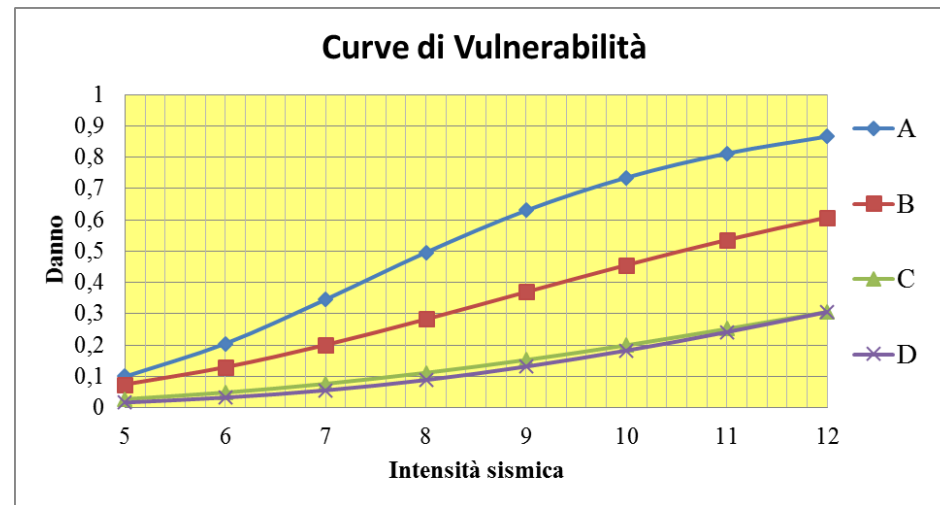


Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

Applicazione delle DPM elaborate dal gruppo di lavoro GNDT-SSN al fine di ottenere una stima del grado di danno noto l'input sismico

COEFFICIENTI BINOMIALI p_{hi} GNDT								
T/I	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	0,1	0,205	0,346	0,496	0,63	0,735	0,812	0,866
B	0,075	0,13	0,201	0,283	0,37	0,456	0,536	0,608
C	0,028	0,049	0,077	0,112	0,153	0,2	0,252	0,306
D	0,017	0,033	0,056	0,089	0,132	0,183	0,242	0,306

Andamento dei coefficienti binomiali al variare dell'intensità sismica per ogni tipologia strutturale:



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

Rischio e
Resilienza

Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

DPM del caso studio

$$V_{khi} = \frac{n!}{k!(n-k)!} P_{hi}^k (1 - P_{hi})^{5-k}$$

V_{khi} : probabilità per la tipologia di classe h di avere un livello di danno k per effetto di una intensità I

P_{hi} : valore del coefficiente binomiale

n : numero di osservazioni pari a 5

CLASSE A	DANNO					
INTENSITA'	0	1	2	3	4	5
V	0,590490	0,328050	0,072900	0,008100	0,000450	0,000010
VI	0,317567	0,409442	0,211159	0,054450	0,007020	0,000362
VII	0,119643	0,316488	0,334877	0,177167	0,046865	0,004959
VIII	0,032520	0,160020	0,314960	0,309960	0,152520	0,030020
IX	0,006934	0,059036	0,201042	0,342314	0,291430	0,099244
X	0,001307	0,018123	0,100534	0,278839	0,386692	0,214505
XI	0,000235	0,005072	0,043811	0,189227	0,408650	0,353004
XII	0,000043	0,001396	0,018045	0,116617	0,376831	0,487068

CLASSE B	DANNO					
INTENSITA'	0	1	2	3	4	5
V	0,677187	0,274535	0,044519	0,003610	0,000146	0,000002
VI	0,498421	0,372383	0,111287	0,016629	0,001242	0,000037
VII	0,325637	0,409594	0,206078	0,051842	0,006521	0,000328
VIII	0,189494	0,373967	0,295210	0,116519	0,022995	0,001815
IX	0,099244	0,291430	0,342314	0,201042	0,059036	0,006934
X	0,047642	0,199678	0,334754	0,280603	0,117606	0,019716
XI	0,021507	0,124224	0,287001	0,331536	0,191490	0,044241
XII	0,009256	0,071782	0,222672	0,345369	0,267837	0,083084

CLASSE C	DANNO					
INTENSITA'	0	1	2	3	4	5
V	0,87491449	0,12496635	0,00719971	0,0002074	2,9872E-06	1,721E-08
VI	0,77786205	0,20039559	0,02065065	0,00106402	2,7412E-05	2,8248E-07
VII	0,66989773	0,27942646	0,04662153	0,00388934	0,00016223	2,7068E-06
VIII	0,55215986	0,34820892	0,08783648	0,01107848	0,00069864	1,7623E-05
IX	0,4359303	0,39372689	0,14224372	0,02569456	0,0023207	8,3841E-05
X	0,32768	0,4096	0,2048	0,0512	0,0064	0,00032
XI	0,23415746	0,39443635	0,26576995	0,08953747	0,01508251	0,00101626
XII	0,16098943	0,35491905	0,31298337	0,13800131	0,03042392	0,00268292

CLASSE D	DANNO					
INTENSITA'	0	1	2	3	4	5
V	0,925554	0,07936573	0,0027451	4,7474E-05	4,1051E-07	1,4199E-09
VI	0,84553652	0,14427459	0,00984708	0,00033604	5,7339E-06	3,9135E-08
VII	0,74965246	0,22235454	0,02638105	0,00156498	4,6419E-05	5,5073E-07
VIII	0,62746844	0,30650215	0,05988736	0,00585069	0,00028579	5,5841E-06
IX	0,49271822	0,3746475	0,11394809	0,01732851	0,00131761	4,0075E-05
X	0,36400746	0,40767053	0,18262841	0,04090698	0,00458138	0,00020524
XI	0,25023383	0,39944979	0,25505765	0,08143001	0,01299872	0,00083
XII	0,16098943	0,35491905	0,31298337	0,13800131	0,03042392	0,00268292

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

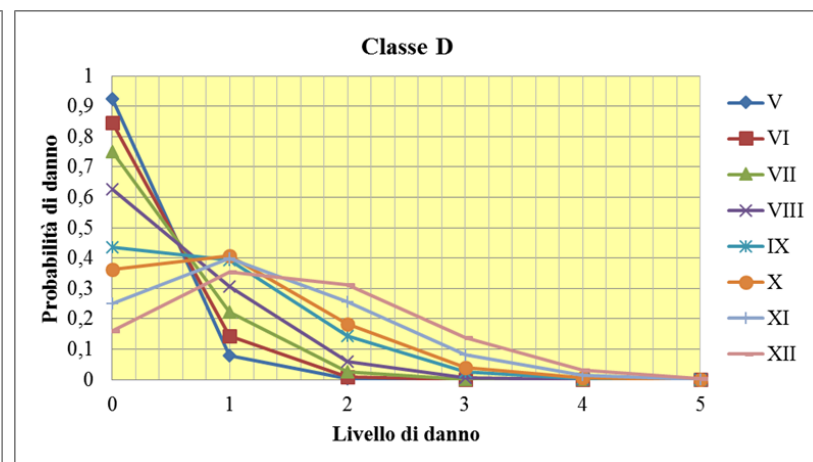
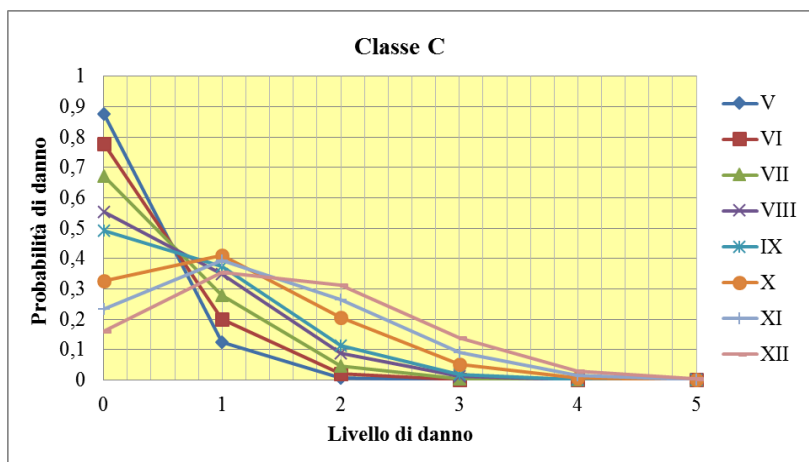
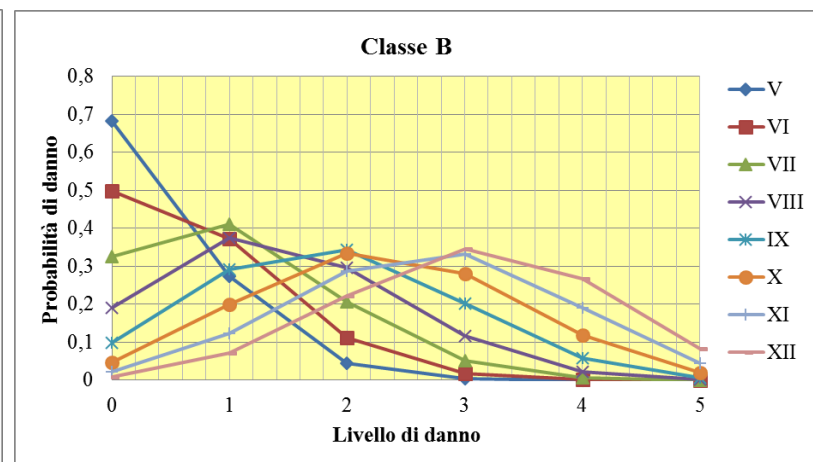
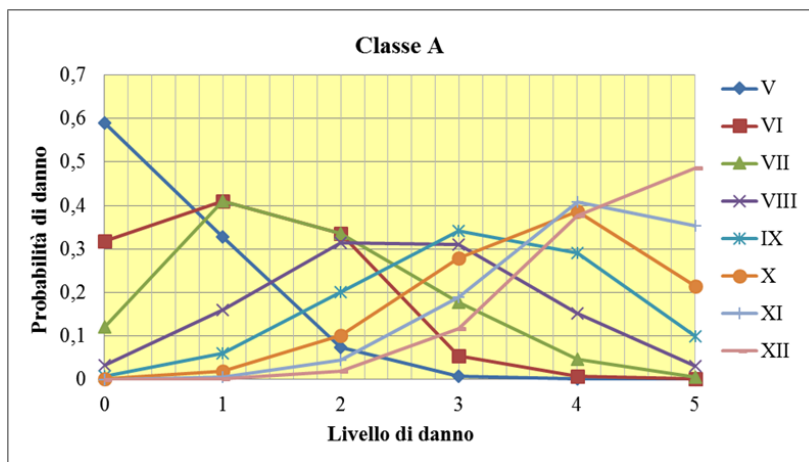
Vulnerabilità
del centro
storico

Rischio e
Resilienza



Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

Distribuzione di probabilità di danno per vari livelli di intensità sismica



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

Rischio e
Resilienza



Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

Curve di vulnerabilità in funzione del Peak Ground Acceleration: Probabilità condizionata $P[SL|I]$ che si verifichi lo stato limite SL all'intensità I in funzione della PGA

$$a_g = e^{0,602I - 7,073} \quad (1)$$

Guagenti - Petrini (1)	I	5	6	7	8	9	10	11	12
	ag	0,017197	0,031398	0,057326	0,104664	0,191092	0,34889	0,636991	1,162997

$$a_g = c_1 \times c_2^{(I-5)} \quad (2)$$

Correletion law	C1	C2
Gaugenti-Petrini (2)	0,03	2,05

Guagenti - Petrini (2)	I	5	6	7	8	9	10	11	12
	ag	0,03	0,0615	0,126075	0,258454	0,52983	1,086152	2,226611	4,564553

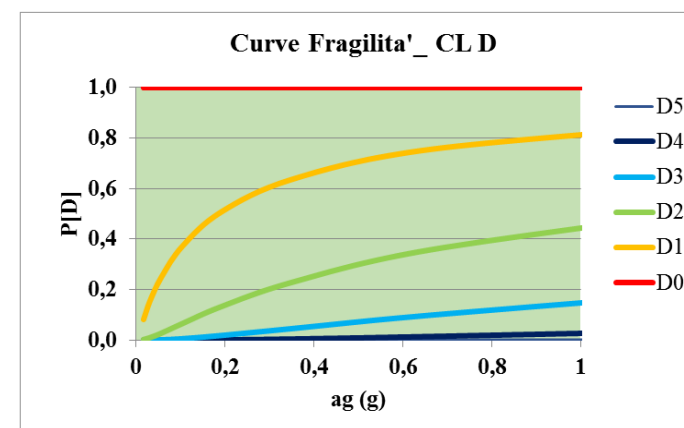
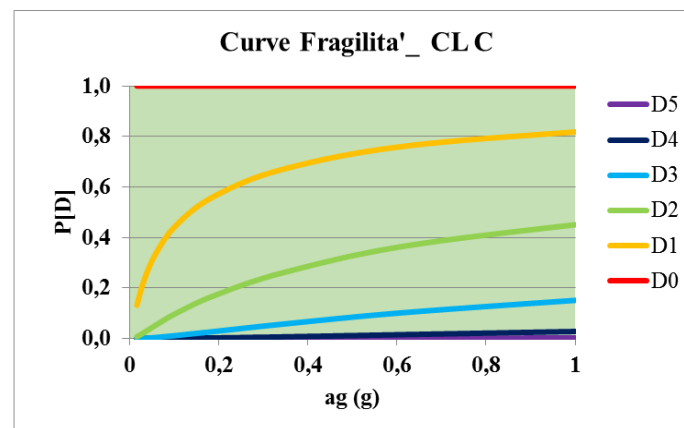
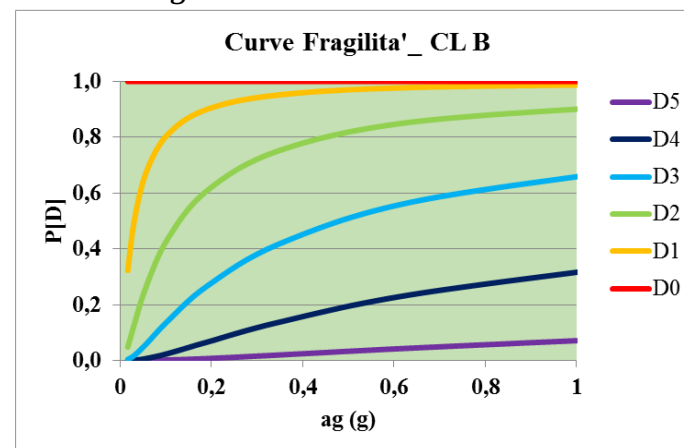
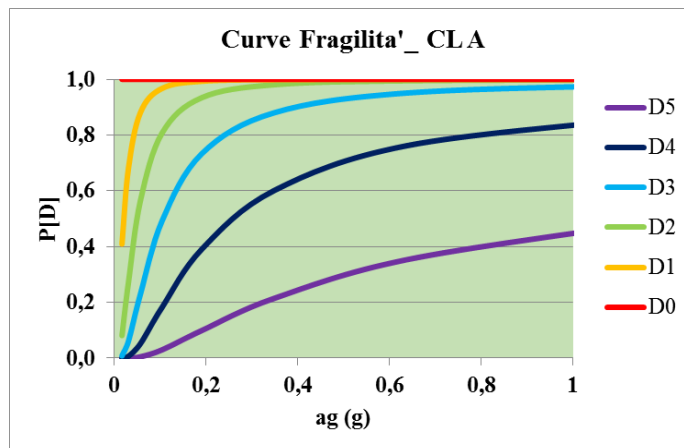
Tali leggi sono state sviluppate su dati italiani e fanno riferimento all'intensità macrosismica misurata nella scala MCS la quale per intensità superiori al grado V può essere assunta coincidente con la scala EMS-98

Rischio
SismicoValutazione
della
VulnerabilitàMetodo
RISK-UEResilienza
UrbanaVulnerabilità
del centro
storicoRischio e
Resilienza

Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

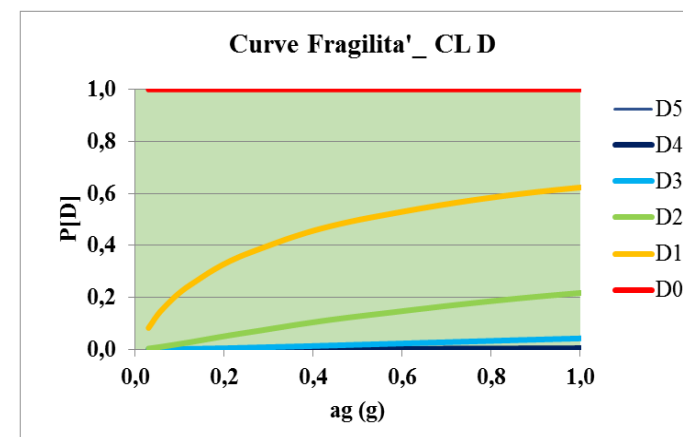
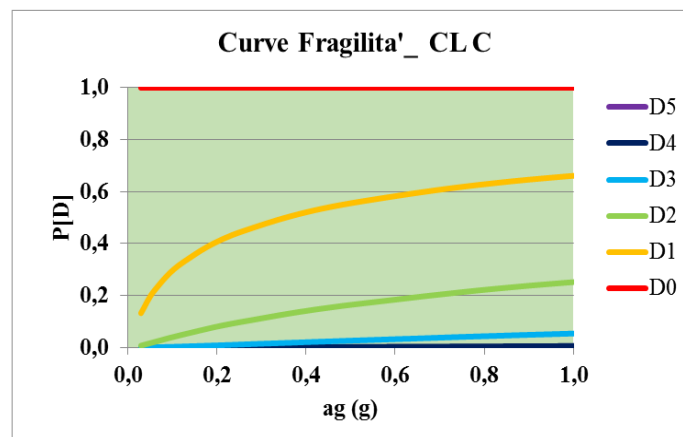
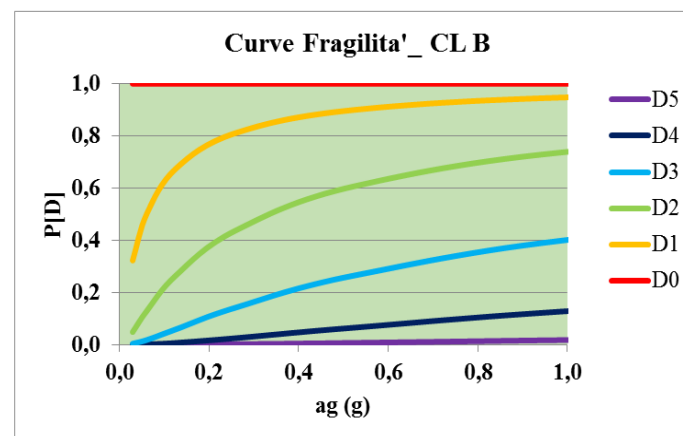
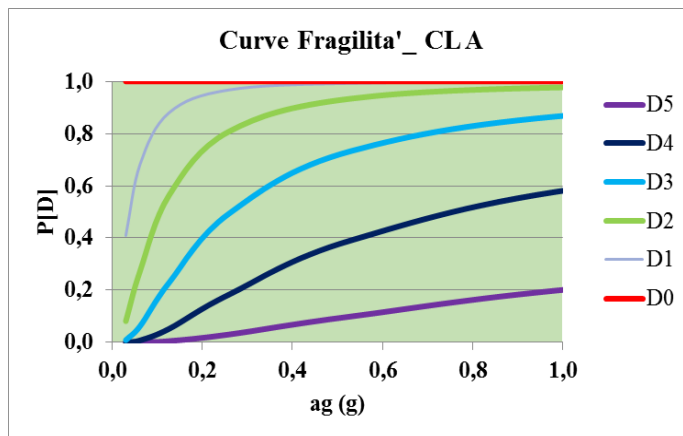
Curve di fragilità in accelerazione per tipologia ottenute sommando per ogni livello di intensità i valori corrispondenti al relativo danno.

Guagenti e Petrini (Trattazione 1): $a_g = e^{0,602I - 7,073}$

Rischio
SismicoValutazione
della
VulnerabilitàMetodo
RISK-UEResilienza
UrbanaVulnerabilità
del centro
storicoRischio e
Resilienza

Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

Guagenti e Petrini (Trattazione 2): $a_g = c_1 \times c_2^{(I-5)}$



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

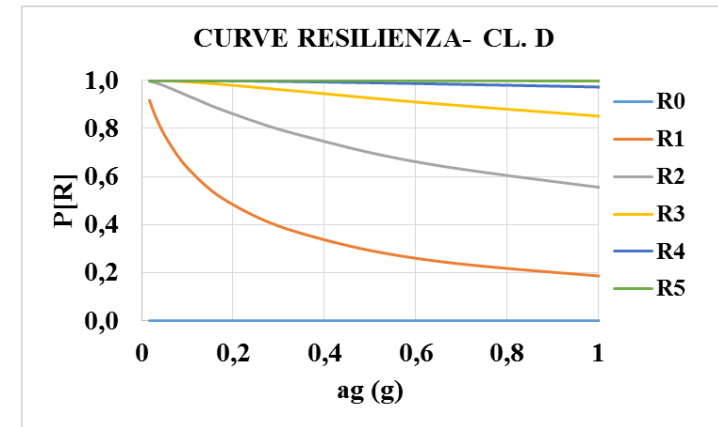
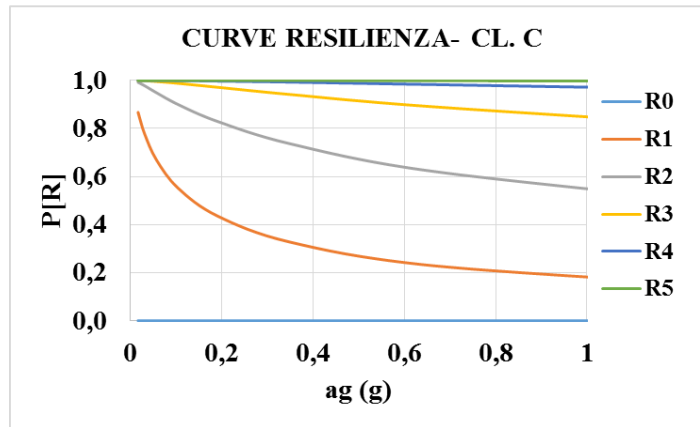
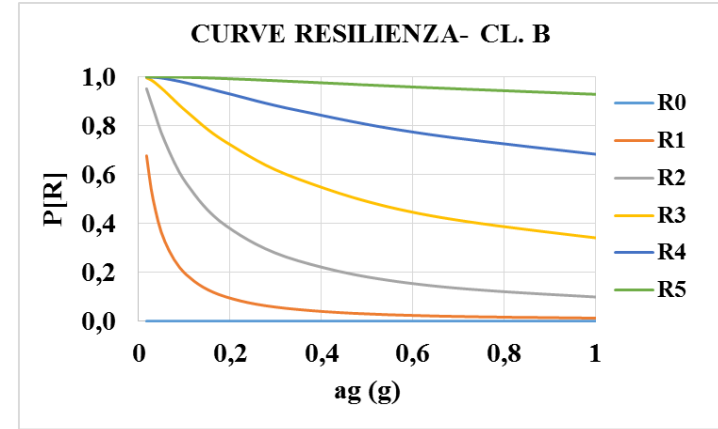
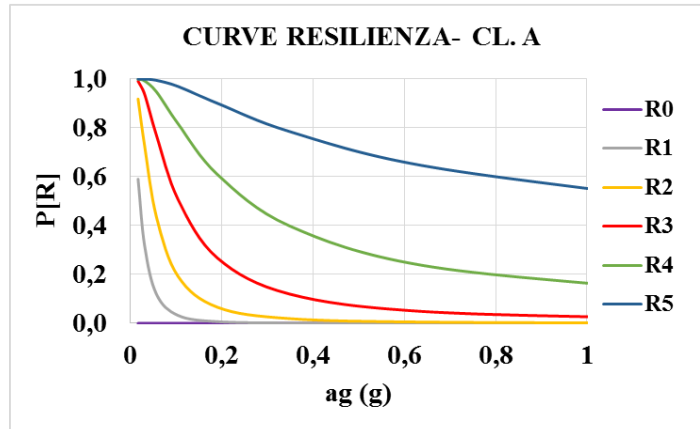
**Rischio e
Resilienza**



Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

La Resilienza di un sistema urbano può intendersi come l'inverso del grado di danneggiamento degli edifici

Guagenti e Petrini (Trattazione 1)



Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

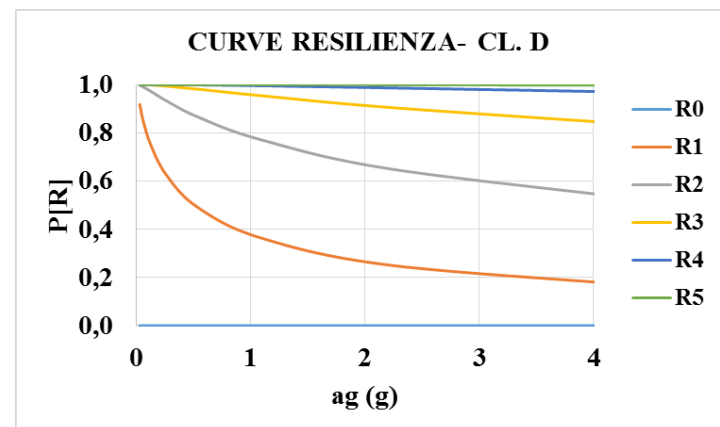
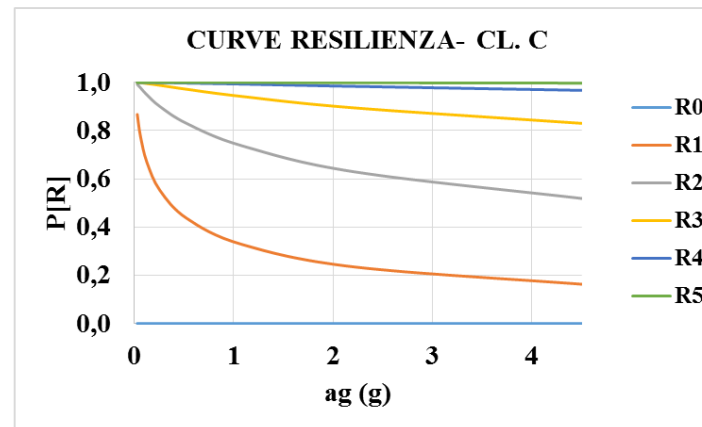
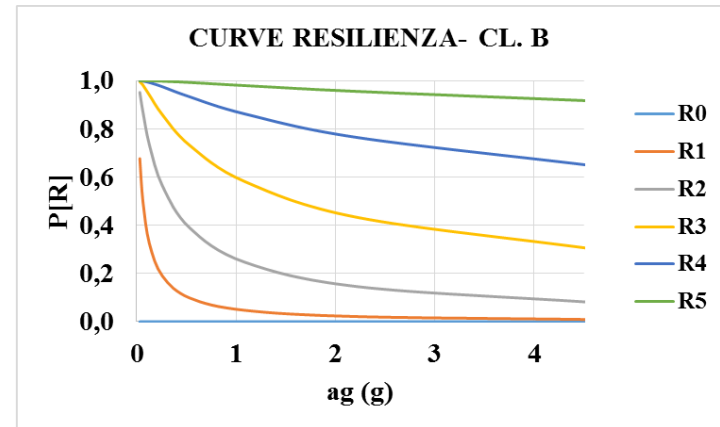
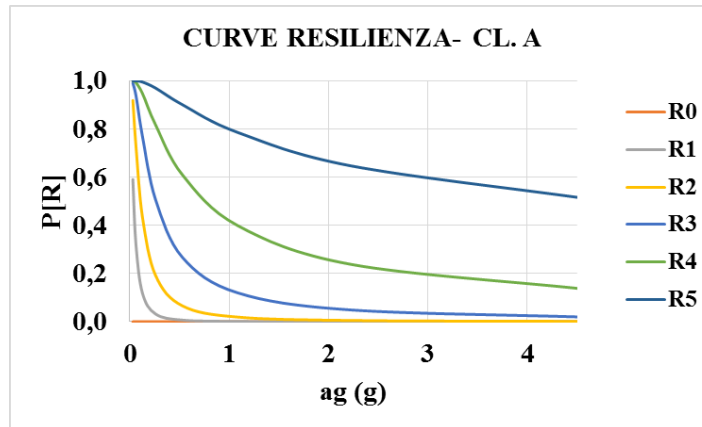
Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

**Rischio e
Resilienza**

Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

Guagenti e Petrini (Trattazione 2)



Tali curve permettono di descrivere in maniera sintetica la propensione di una determinata classe di edifici a fronteggiare e resistere ad un determinato input sismico.

Rischio
Sismico

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

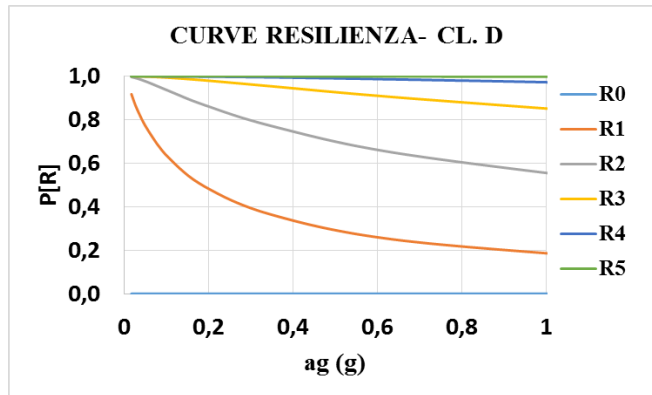
Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

**Rischio e
Resilienza**

Rischio e Resilienza: applicazione al caso studio

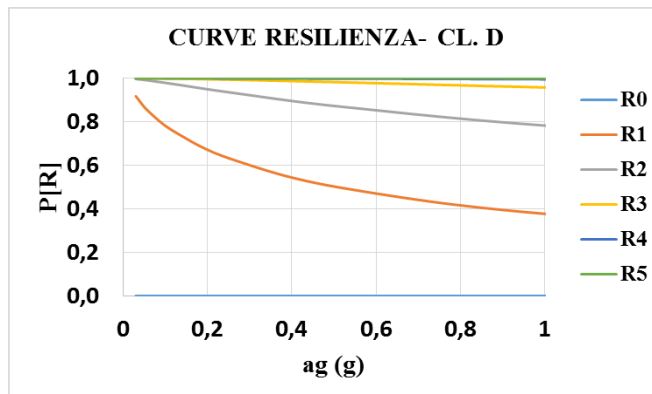
Guagenti e Petrini (Trattazione 1)



In riferimento ad una accelerazione di 0,2g per la classe tipologica D e curva di resilienza R1:

- La trattaz. 1 fornisce una Pr. di Resilienza pari al 49%
- La trattaz. 2 fornisce una Pr. di Resilienza pari al 69%

Guagenti e Petrini (Trattazione 2)



La trattaz. 1 allora risulta essere a vantaggio di sicurezza rispetto alla 2 dato che sottostima il num. di edifici che non subisce danno e quindi sottostima la Pr. di resilienza.

Rischio
SismicoValutazione
della
VulnerabilitàMetodo
RISK-UEResilienza
UrbanaVulnerabilità
del centro
storicoRischio e
Resilienza

Conclusioni

In base allo studio condotto possiamo dire che:

- All'aumentare del danno il comparto scelto risulta sempre meno resiliente e la probabilità di resilienza tende progressivamente a zero.
- Adoperando le due metodologie proposte da Guagenti-Petrini la probabilità di resilienza attesa per il superamento di una soglia di danno tende a diminuire all'aumentare della propensione al danneggiamento degli edifici.
- la peculiarità dell'area di studio rende scarsamente praticabile l'ipotesi di incidere in misura sostanziale sull'organizzazione spaziale dell'area.
- la prima metodologia Guagenti – Petrini I risulta essere a vantaggio di sicurezza in quanto sottostima la probabilità di resilienza del sistema urbano.
- Le peculiarità dell'area di studio rendono scarsamente praticabile l'ipotesi di incidere in misura sostanziale sull'organizzazione spaziale dell'area.

Valutazione
della
Vulnerabilità

Metodo
RISK-UE

Resilienza
Urbana

Vulnerabilità
del centro
storico

Rischio e
Resilienza

Conclusioni





GRAZIE PER L'ATTENZIONE