Regione Toscana

Settore Sismica
Prevenzione Sismica

LA PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO E GLI STUDI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL MUGELLO

«Studi di vulnerabilità sismica a scala urbana nell'ambito del nuovo Piano strutturale intercomunale del Mugello»

E.Del Monte, A.Borghini, S.Boschi, F.Cursi,
F.Nicchi, V.Nistri, G.Pandi, R.Rossi, A.Vignoli

S2R SEISMIC RISK REDUCTION
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

WWW.S2R-SISMOSAFE.IT

FIRENZE, 23 SETTEMBRE 2019
CENACOLO DI SANT'APOLLONIA, VIA SAN GALLO 25/A

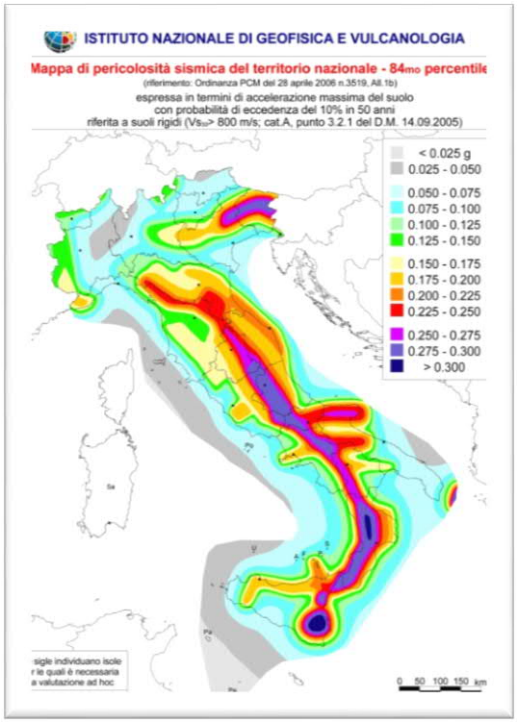
RISCHIO

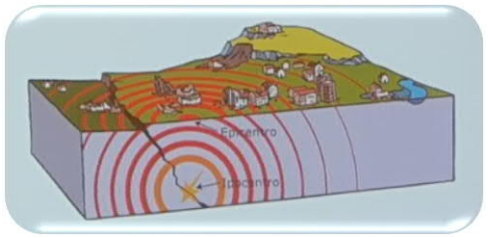
VULNERABILITÀ

valuta la propensione degli edifici a subire danni al verificarsi di un evento sismico

PERICOLOSITÀ

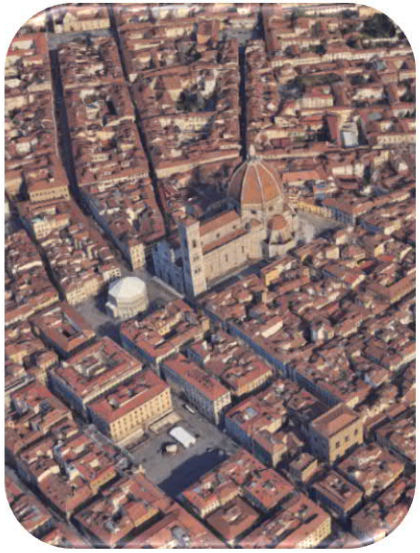
esprime la probabilità che si verifichi un evento sismico





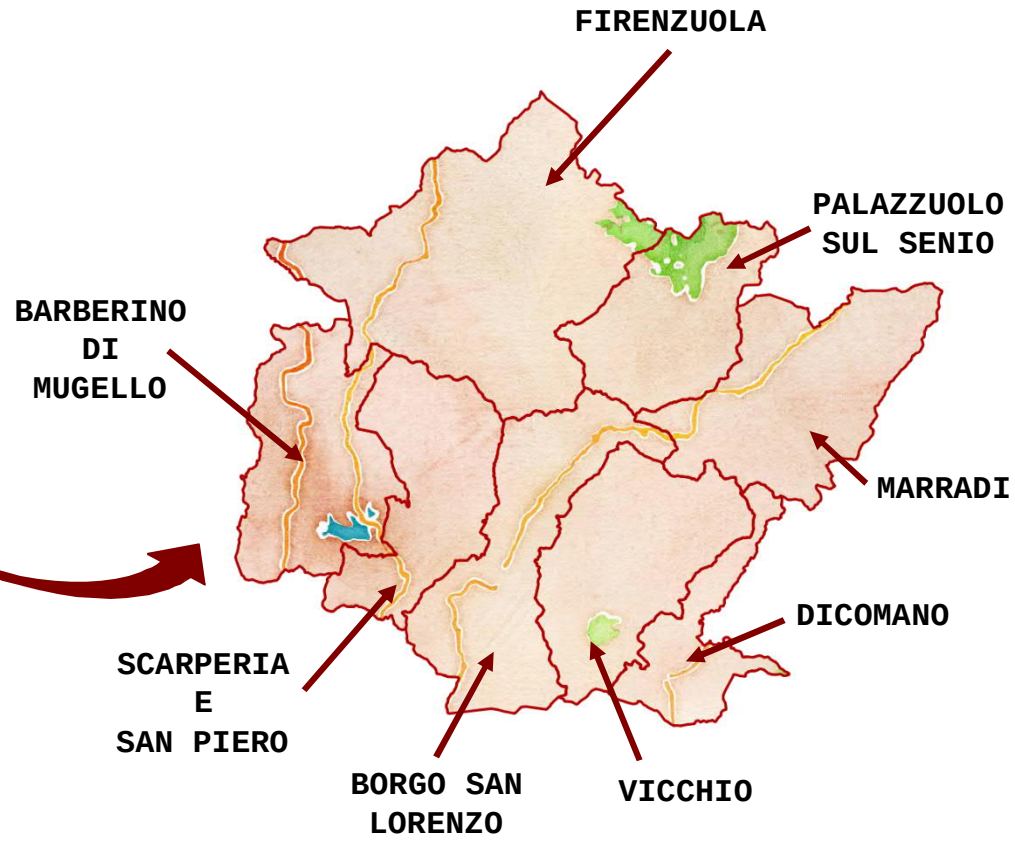
ESPOSIZIONE

quantità e valore dei beni presenti sul territorio



E. Del Monte

TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO

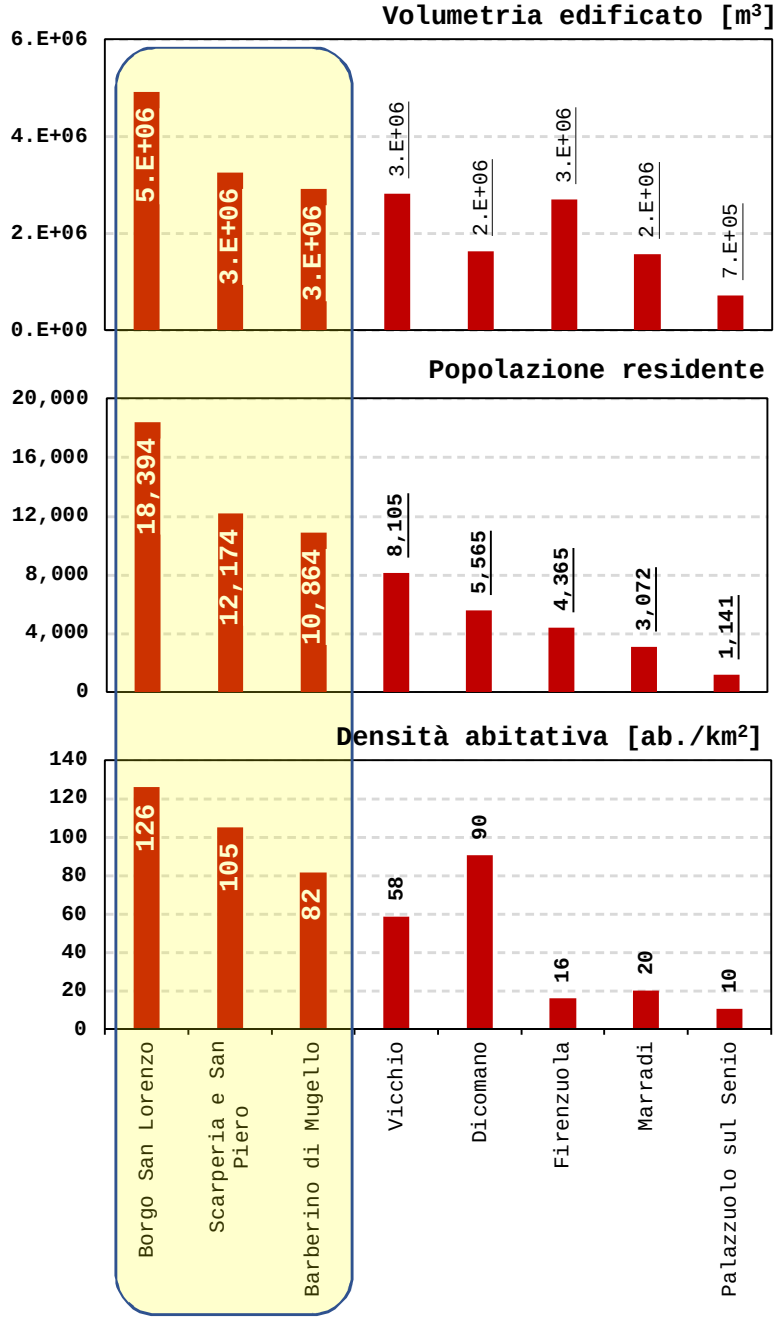


- **TERRITORIO:** 1 131 km^2
- **COMUNI:** 8
- **ABITANTI:** circa 64 000
- **NUM. EDIFICI ORDINARI:** 18 700
- **VOL. EDIFICI ORDINARI:** 20.5 mln m^3

UNIONE MONTANA DEI COMUNI DEL MUGELLO

E. Del Monte

TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO



UNIONE MONTANA DEI COMUNI DEL MUGELLO

E. Del Monte

ATTIVITÀ

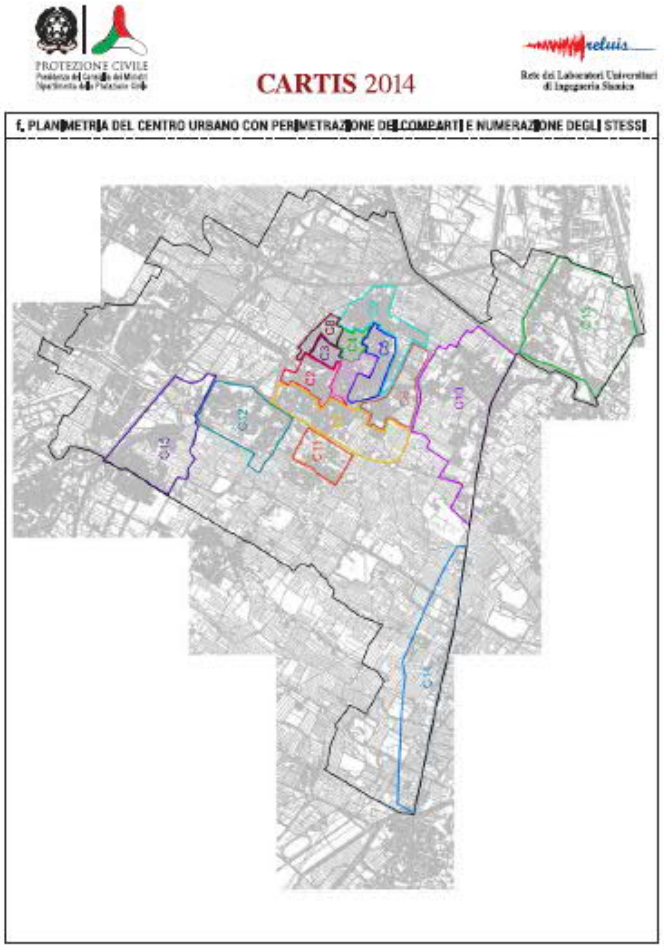
FASE 1	CARATTERIZZAZIONE EDIFICATO
FASE 2	IDENTIFICAZIONE TIPOLOGIE E COMPARTI
FASE 3	ANALISI DELLA VULNERABILITÀ SISMICA
FASE 4	ANALISI DEL RISCHIO SISMICO
FASE 5	SCENARI DI DANNO SISMICO

Progetto Reluis - DPC (2014)

"Sviluppo di una metodologia sistematica per la valutazione dell'esposizione a scala territoriale sulla base delle caratteristiche tipologico-strutturali degli edifici"

La scheda di primo livello CARTIS è finalizzata al rilevamento delle tipologie edilizie ordinarie prevalenti nell'ambito di zone comunali o sub-comunali, caratterizzate da omogeneità del tessuto edilizio.

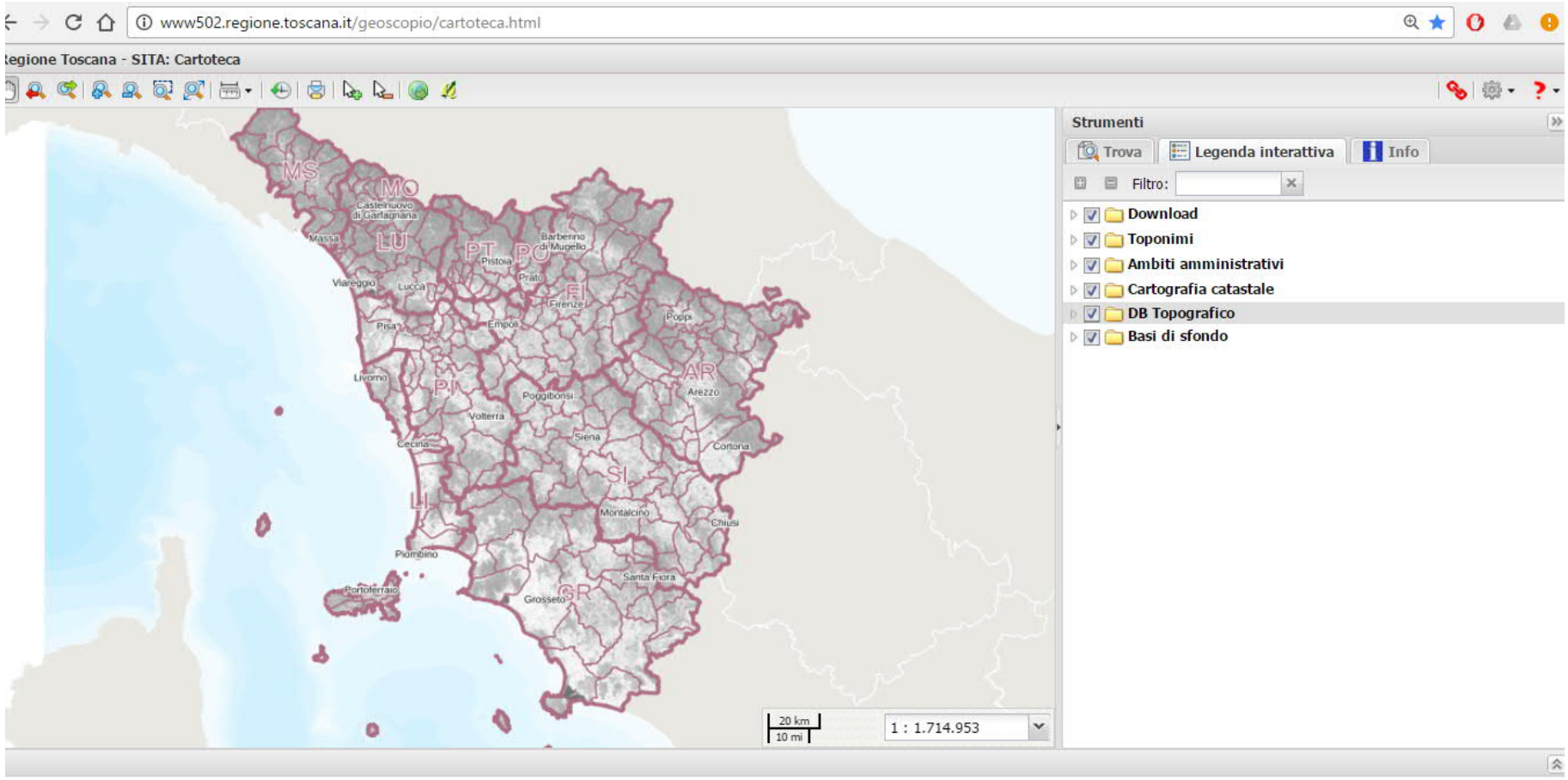
- ***periodo di edificazione***
- ***materiale (CA o muratura)***
- ***area dell'edificio***
- ***altezza di piano***
- ***numero di piani***
- ***volume dell'edificio***
- ***caratteristiche della muratura***
- ***qualifica elementi in c.a.***
- ***elementi di vulnerabilità***
- ***etc….***



ORGANIZZAZIONE DEL DATABASE: il punto di partenza (QGIS)

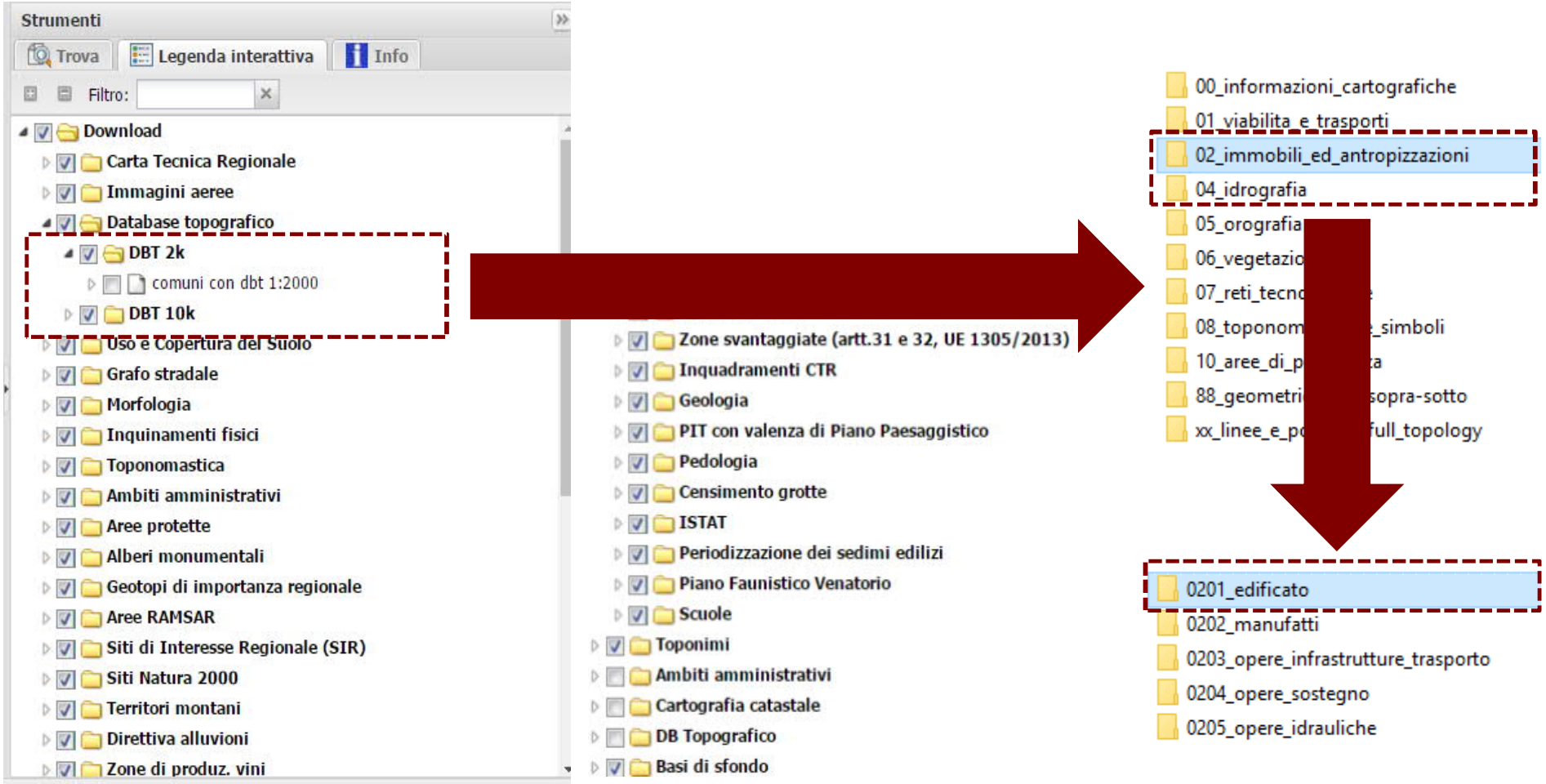
Regione Toscana → Cittadini → Territorio e paesaggio → Informazione geografica

http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html



ORGANIZZAZIONE DEL DATABASE: il punto di partenza (QGIS)

Regione Toscana → Cittadini → Territorio e paesaggio → Informazione geografica



ORGANIZZAZIONE DEL DATABASE: il punto di partenza (QGIS)

Nell'edificato sono presenti alcune informazioni:

- **DESTINAZIONE D'USO** (Residenziale, agricolo, strategico, religioso..);
- **EDIFICIO ISOLATO O IN AGGREGATO**
- **PERIODIZZAZIONE STORICA** (Informazione da Catasto storico + voli aerei: 1830 - 1954 - 1978 - 1988 - 1996 e recenti)

+

✓ **Rilievi in situ**

✓ **Street view**

TABELLA ATTRIBUTI

Modificare. raggruppare. aggiungere informazioni..

Tabella degli attributi - Edifici_2 :: 100 / 483 elementi selezionati

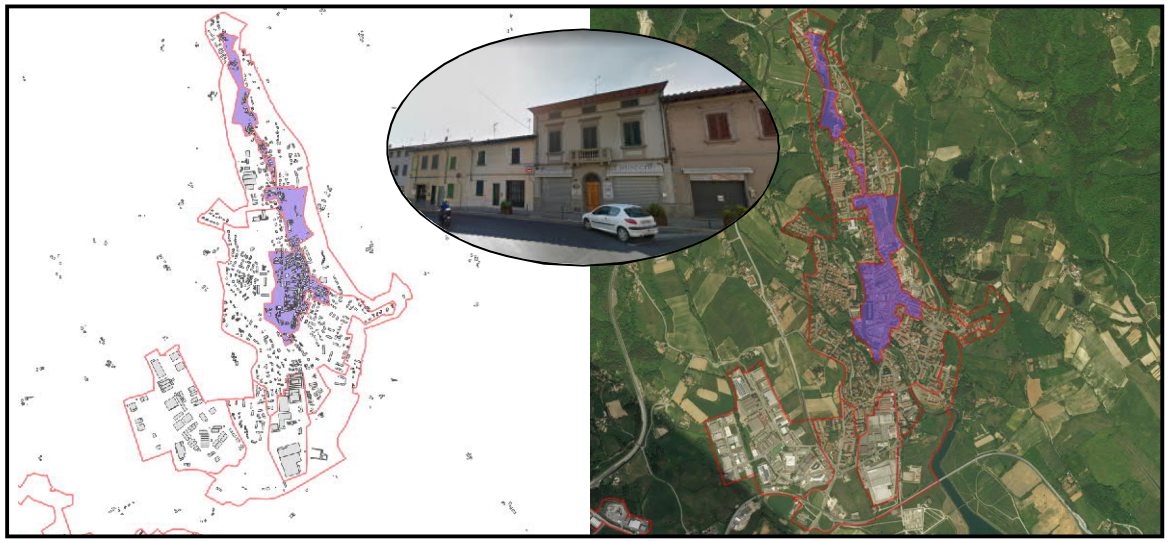
	STRATO	TEMA	CLASSE	ID_ZRIL	FEATURE_ID	EDIFC_TY	EDIFC_USO	EDIFC_STAT	EDIFC_ID
63	02	01	02	301109120000	4405	010303	0201	0403	4405
64	02	01	02	301109120000	4406	010303	02030101	0403	4406
65	02	01	02	301109120000	4407	010303	0201	0403	4407
66	02	01	02	301109120000	4408	010303	0201	0403	4408
67	02	01	02	301109120000	4409	010303	0201	0403	4409
68	02	01	02	301109120000	4410	010303	0201	0403	4410
69	02	01	02	301109120000	4411	010303	0201	0403	4411
70	02	01	02	301109120000	4412	010303	0201	0403	4412
71	02	01	02	301109120000	4413	010303	0201	0403	4413
72	02	01	02	301109120000	4414	010303	0201	0403	4414
73	02	01	02	301109120000	4415	010303	0201	0403	4415
74	02	01	02	301109120000	4416	010303	0201	0403	4416
75	02	01	02	301109120000	4417	010303	0201	0403	4417
76	02	01	02	301109120000	4418	010303	0201	0403	4418
77	02	01	02	301109120000	4419	010303	0201	0403	4419
78	02	01	02	301109120000	4420	010303	0201	0403	4420
79	02	01	02	301109120000	4421	010303	0201	0403	4421
80	02	01	02	301109120000	4422	010303	0201	0403	4422
81	02	01	02	301109120000	4423	010303	0201	0403	4423
82	02	01	02	301109120000	4424	0104	0201	0403	4424
83	02	01	02	301109120000	4077	0104	0201	0403	4077
84	02	01	02	301109120000	4078	010303	0201	0403	4078

Cerca in Cerca

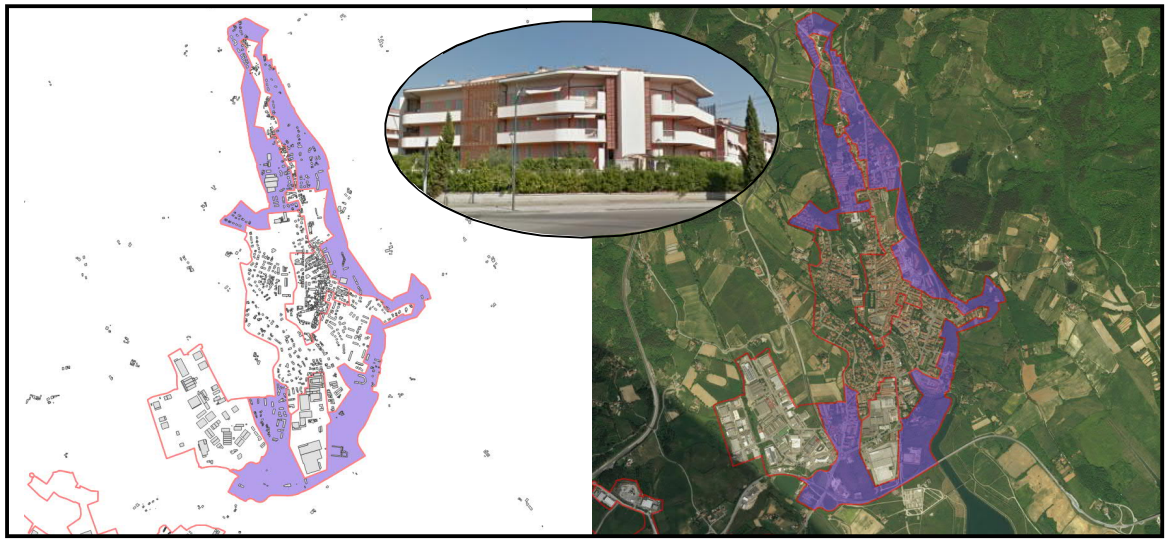
Mostra solo i selezionati | Cerca solo i selezionati | Maiusc/minusc | Ricerca avanzata | ?

DATABASE COMPLETO IN AMBIENTE QGIS
PER LA DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE E DEI COMPARTI

INDIVIDUAZIONE COMPARTI E TIPOLOGIE EDILIZIE



TM1/TM2: <1919
Muratura irregolare



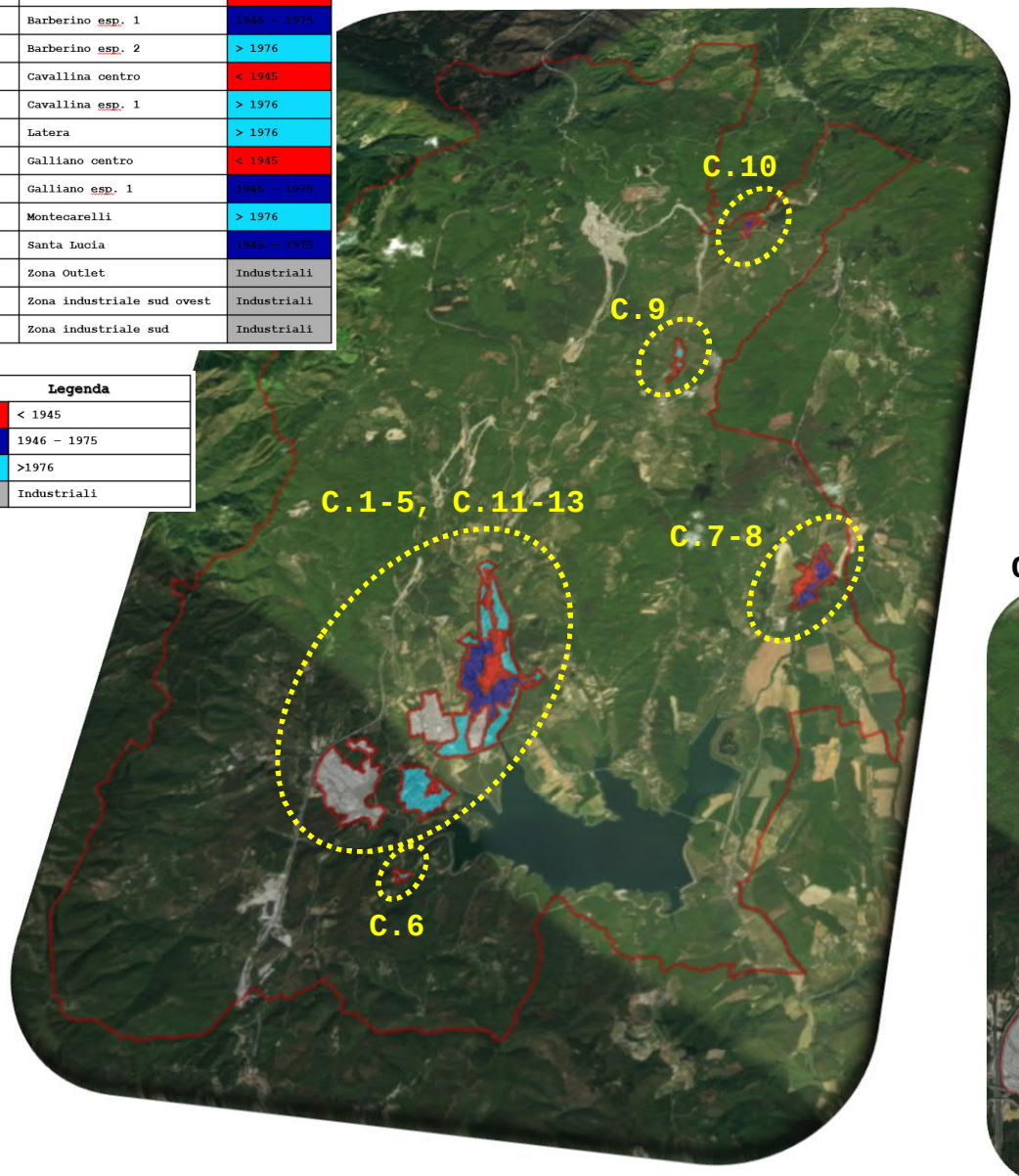
TCA14/TCA15: 1987-1996
c.a. condominio

FASI 1+2: TIPOLOGIE E COMPARTI

Barberino di Mugello

Comparti		
C1	Barberino centro	< 1945
C2	Barberino esp. 1	1946 – 1975
C3	Barberino esp. 2	> 1976
C4	Cavallina centro	< 1945
C5	Cavallina esp. 1	> 1976
C6	Latera	> 1976
C7	Galliano centro	< 1945
C8	Galliano esp. 1	1946 – 1975
C9	Montecarelli	> 1976
C10	Santa Lucia	1946 – 1975
C11	Zona Outlet	Industriali
C12	Zona industriale sud ovest	Industriali
C13	Zona industriale sud	Industriali

Legenda	
	< 1945
	1946 – 1975
	>1976
	Industriali

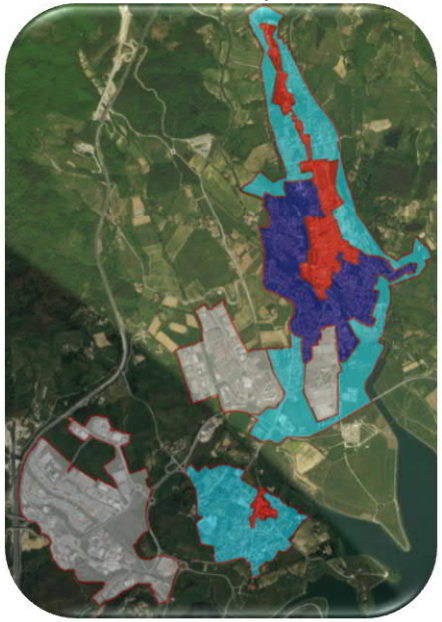


COMPARTO 10

COMPARTO 9

COMPARTI 7-8

COMPARTI 1-5, 11-13

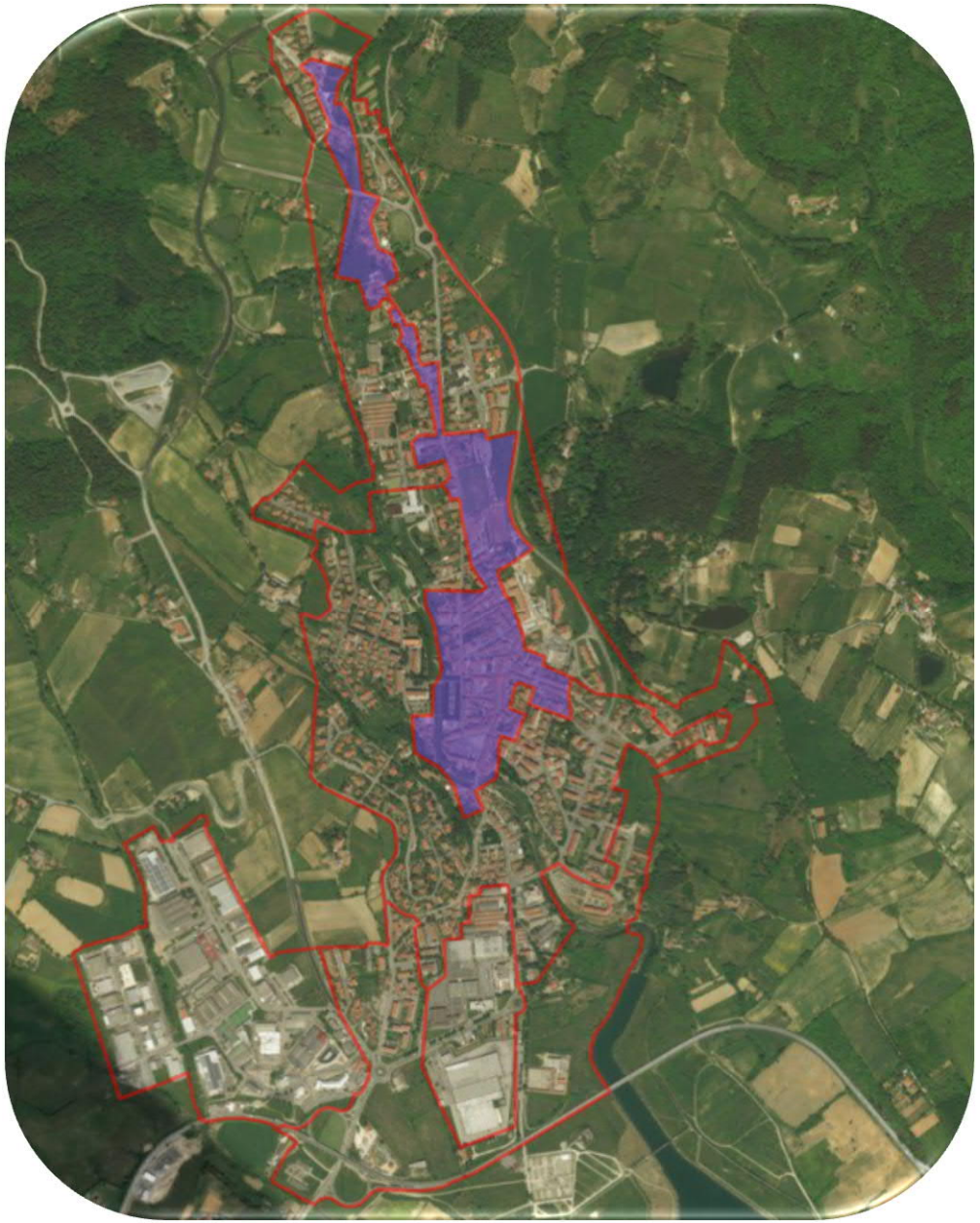


COMPARTO 6

E. Del Monte

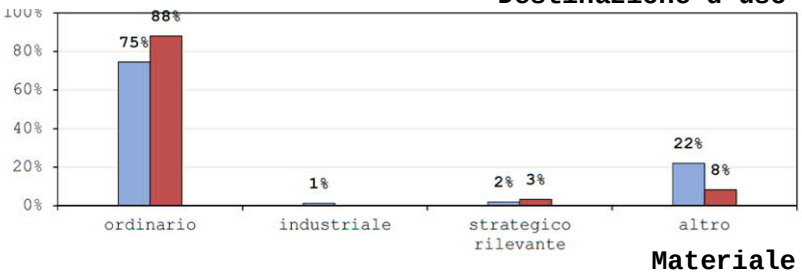
FASI 1+2: TIPOLOGIE E COMPARTI

Comparto 1: Barberino centro

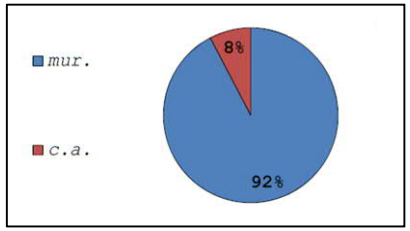


- **Comparto:** 1 – Barberino centro
- **Abitanti:** 1 607
- **Incidenza:** 13%

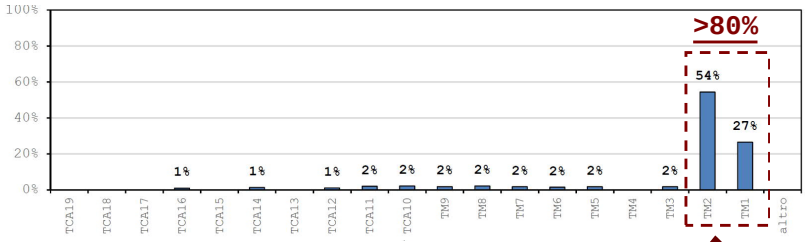
Destinazione d'uso



Materiale



Tipologie edilizie



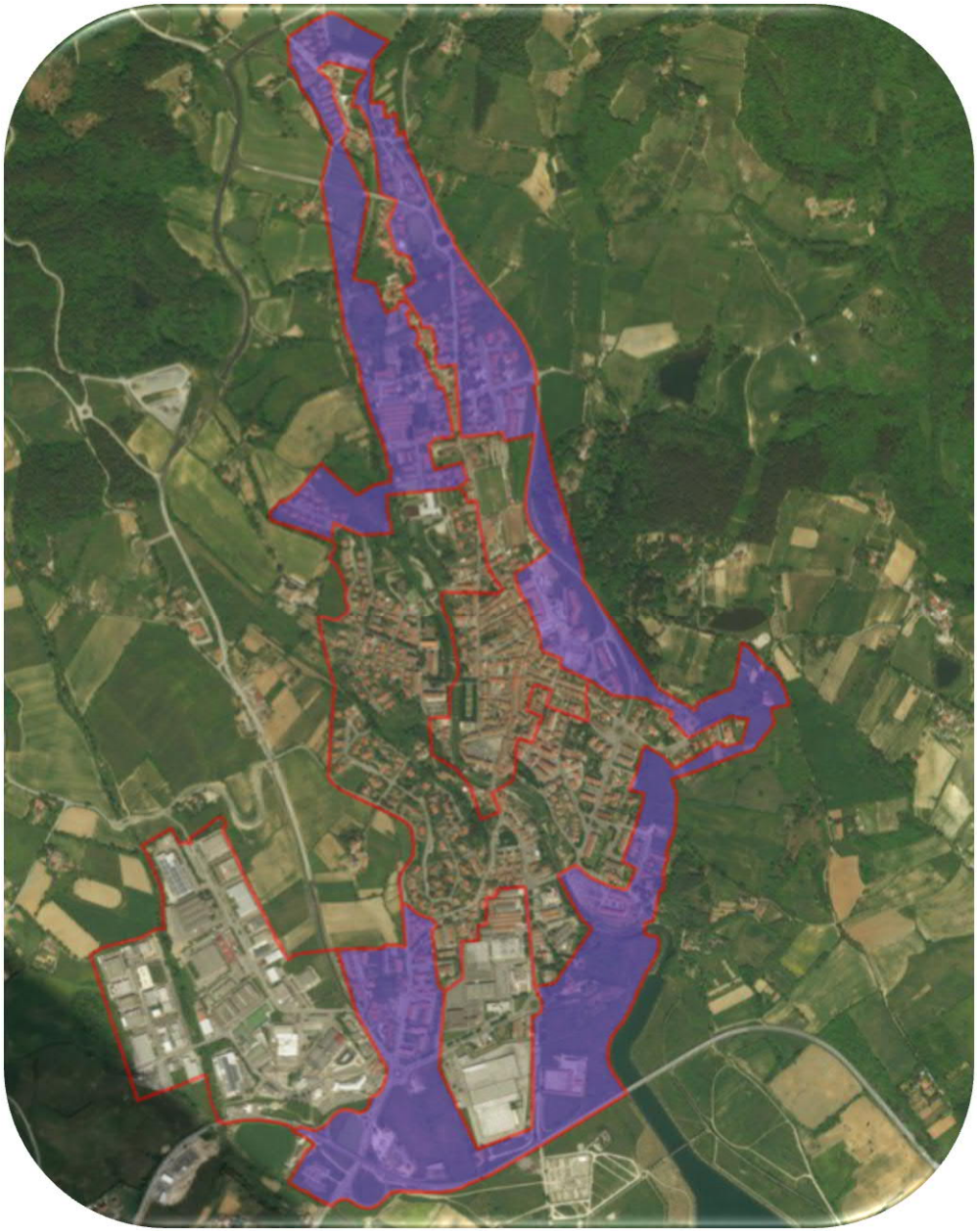
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

E. Del Monte

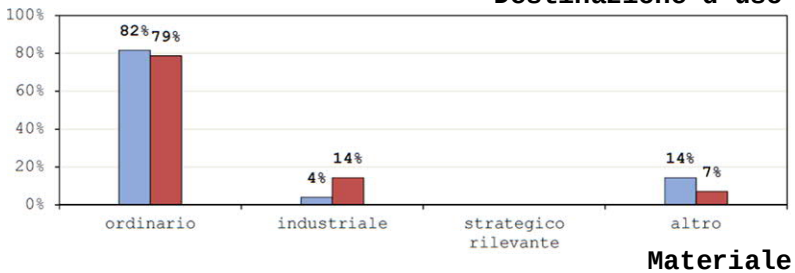
FASI 1+2: TIPOLOGIE E COMPARTI

Comparto 3: Espansione 2 °

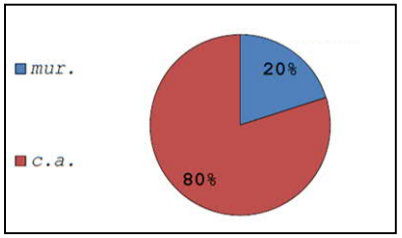


- **Comparto:** 3 – Barberino Esp. 2°
- **Abitanti:** 1 545
- **Incidenza:** 11.3%

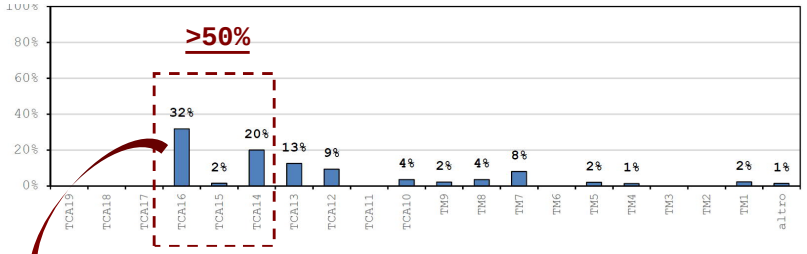
Destinazione d'uso



Materiale



Tipologie edilizie



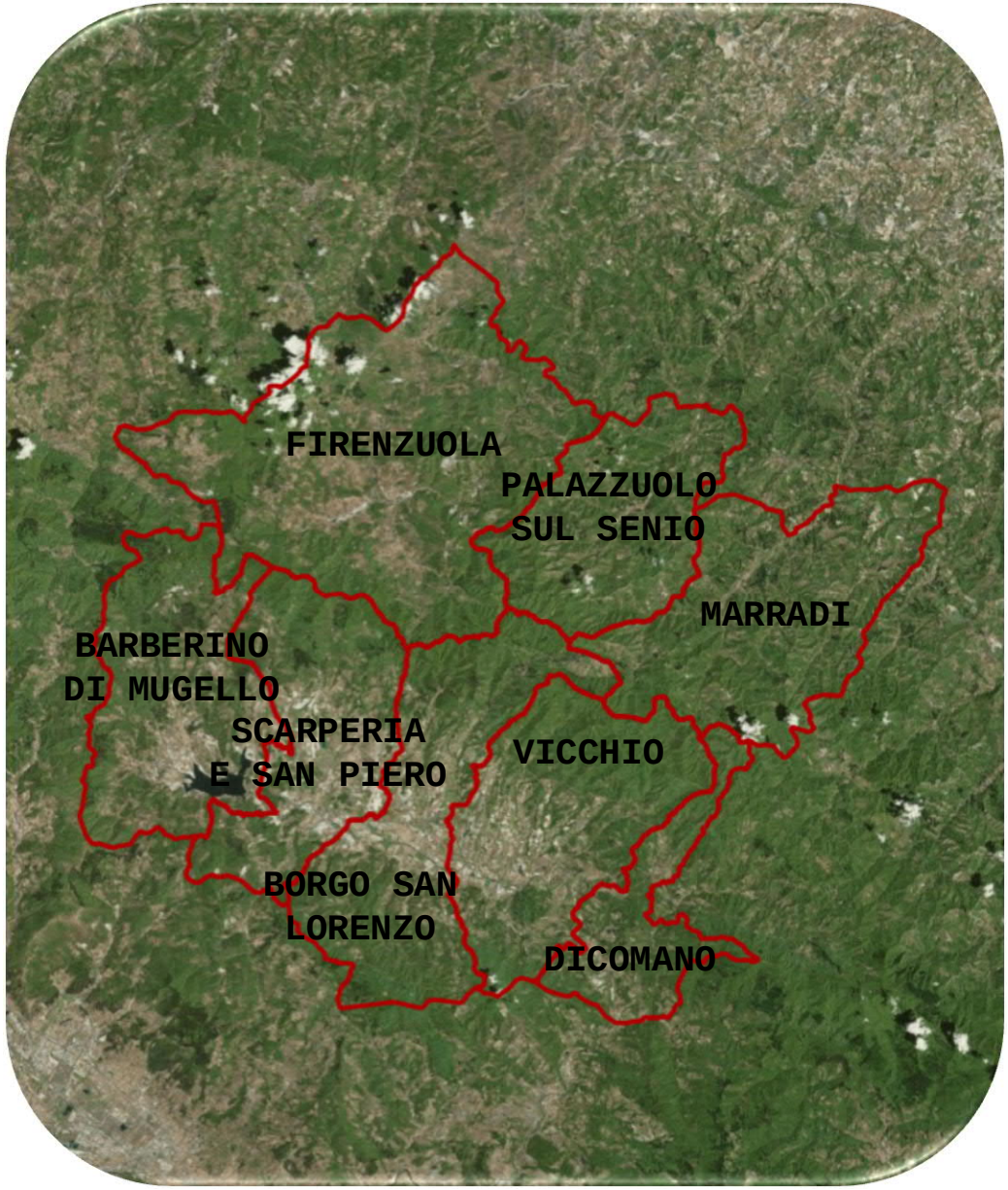
TCA 15-16

- Periodo: 1996-2008

E. Del Monte

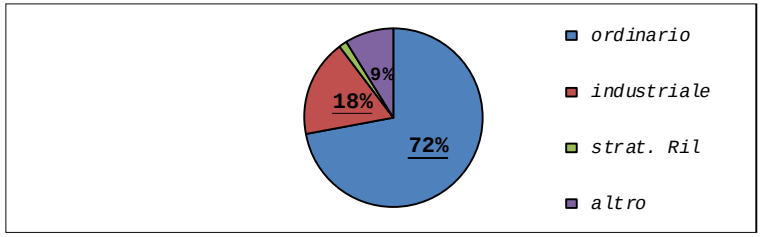
FASI 1+2: TIPOLOGIE E COMPARTI

Risultati a livello di Unione dei Comuni

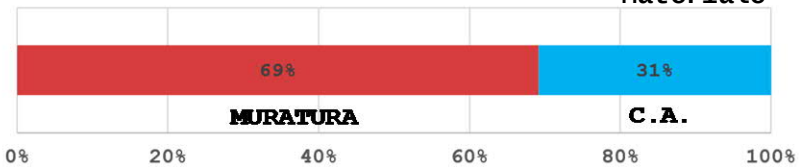


- **Comparti:** 122
- **Abitanti:** 64 000
- **Num. edifici ordinari:** 18 700
- **Vol. edifici ordinari:** 20.5 mln m^3

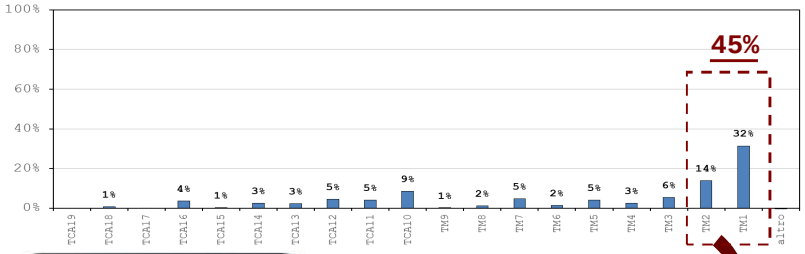
Destinazione d'uso



Materiale



Tipologie edilizie



TM1 e TM2

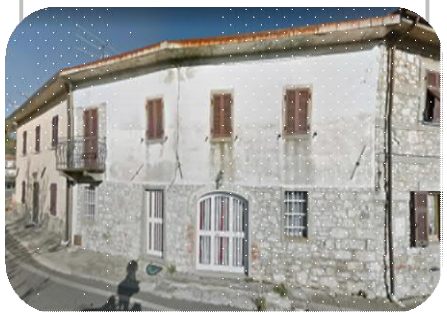
- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

E. Del Monte

Tipologie edilizie in muratura: 69%

TM1 + TM2 = 46%

- Periodo: < 1919
- Prevalenza aggregati
- Tessitura irregolare
- Solai deformabili
- Copertura leggera
- Classe EMS98: M1-M3



TM3 + TM4 = 9%

- Periodo: 1919-1945
- Edificio med. reg.
- Tessitura med. reg.
- Solai prev. def.
- Copertura leggera
- Classe EMS98:M1-M3-M5

TM5 + TM6 = 7%

- Periodo: 1946-1961
- Edificio med. reg.
- Tessitura med. reg.
- Solai prev. def.
- Copertura leggera
- Classe EMS98:M3-M5-M6

TM7 + TM8 = 7%

- Periodo: 1962 - 1975
- Edificio med. reg.
- Presenza di cordoli
- Solai rigidi
- Classe EMS98: M6

TM7 + TM8 = 1%

- Periodo: > 1975
- Edificio med. reg.
- Presenza di cordoli
- Solai rigidi
- Classe EMS98: M6

Tipologie edilizie in c.a.: 31%

TCA10 + TCA11
14%

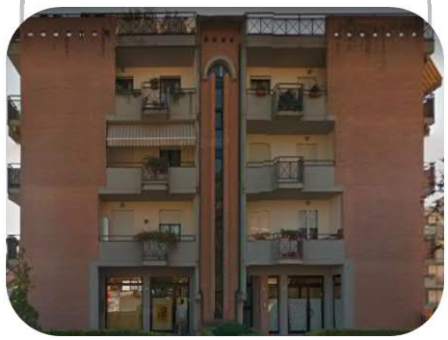
- Periodo: 1962-1975
- Classe EMS98:RC1-RC4

TCA12 + TCA13
8%

- Periodo: 1976-1986
- Classe EMS98:RC2-RC5

TCA14 + TCA15
4%

- Periodo: 1987-1996
- Classe EMS98:RC2-RC5



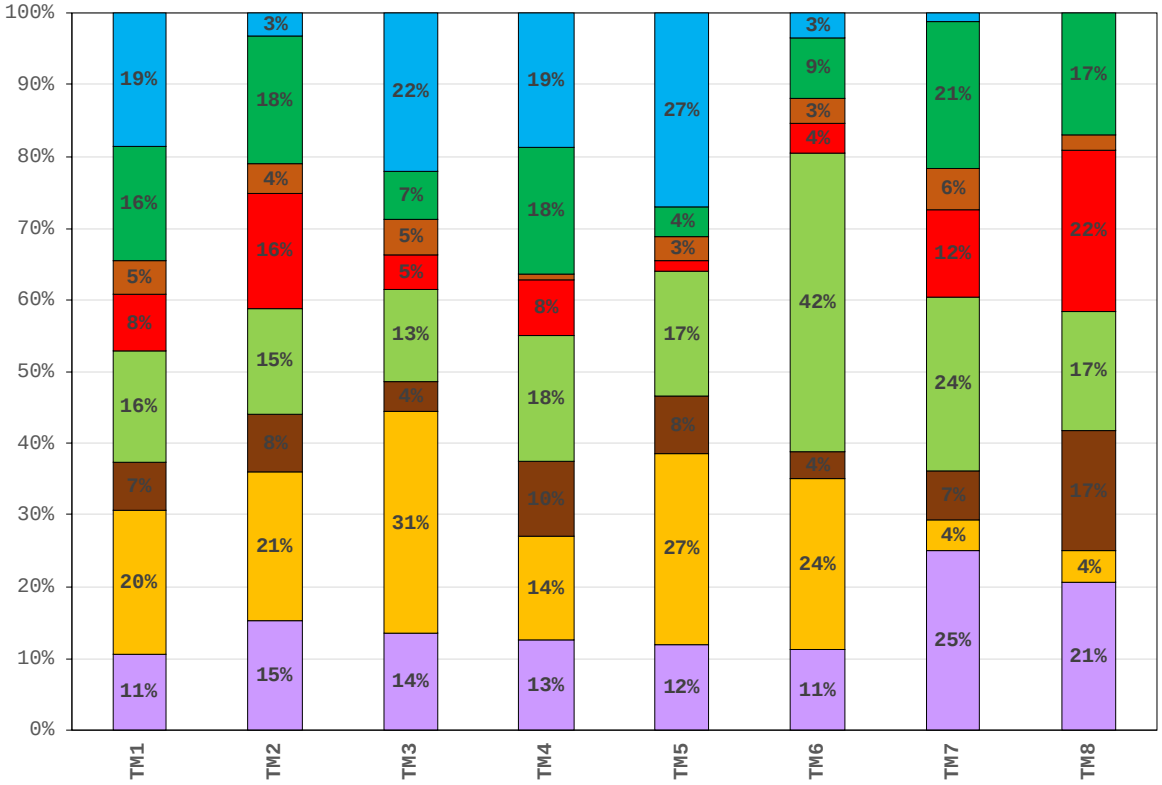
TCA16 + TCA17
4%

- Periodo: 1996-2008
- Classe EMS98:RC3-RC6

TCA18
1%

- Periodo: > 2008
- Classe EMS98:RC3-RC6

Tipologie edilizie in muratura

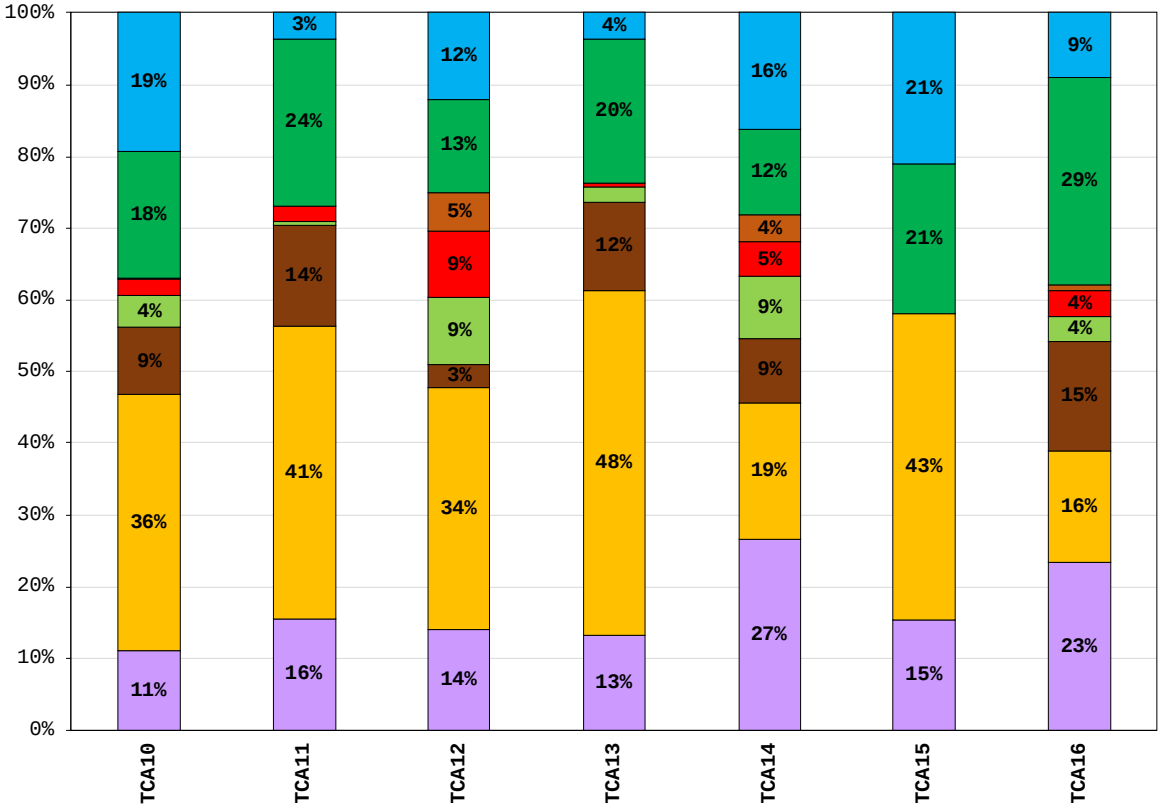


Muratura		
Tipologia	N. piani	Periodo di costruzione
TM1	1-2	< 1919
TM2	3-5	< 1919
TM3	1-2	1919-1945
TM4	3-5	1919-1945
TM5	1-2	1946-1961
TM6	3-5	1946-1961
TM7	1-2	1962-1975
TM8	3-5	1962-1975
TM9	1-2	1976-1986

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
Barberino di Mugello	11%	15%	14%	13%	12%	11%	25%	21%
Borgo San Lorenzo	20%	21%	31%	14%	27%	24%	4%	4%
Dicomano	7%	8%	4%	10%	8%	4%	7%	17%
Firenzuola	16%	15%	13%	18%	17%	42%	24%	17%
Marradi	8%	16%	5%	8%	2%	4%	12%	22%
Palazzuolo sul Senio	5%	4%	5%	1%	3%	3%	6%	2%
San Piero e Scarperia	16%	18%	7%	18%	4%	9%	21%	17%
Vicchio	19%	3%	22%	19%	27%	3%	1%	0%

E. Del Monte

Tipologie edilizie in c.a.



Cemento armato		
Tipologia	N. piani	Periodo di costruzione
TCA10	1-3	1962-1975
TCA11	4-7	1962-1975
TCA12	1-3	1976-1986
TCA13	4-7	1976-1986
TCA14	1-3	1987-1996
TCA15	4-7	1987-1996
TCA16	1-3	1996-2008
TCA17	4-7	1996-2008
TCA18	1-3	> 2008

	TCA10	TCA11	TCA12	TCA13	TCA14	TCA15	TCA16
Barberino di Mugello	11%	16%	14%	13%	27%	15%	23%
Borgo San Lorenzo	36%	41%	34%	48%	19%	43%	16%
Dicomano	9%	14%	3%	12%	9%	0%	15%
Firenzuola	4%	1%	9%	2%	9%	0%	4%
Marradi	2%	2%	9%	1%	5%	0%	4%
Palazzuolo sul Senio	0%	0%	5%	0%	4%	0%	1%
San Piero e Scarperia	18%	24%	13%	20%	12%	21%	29%
Vicchio	19%	3%	12%	4%	16%	21%	9%

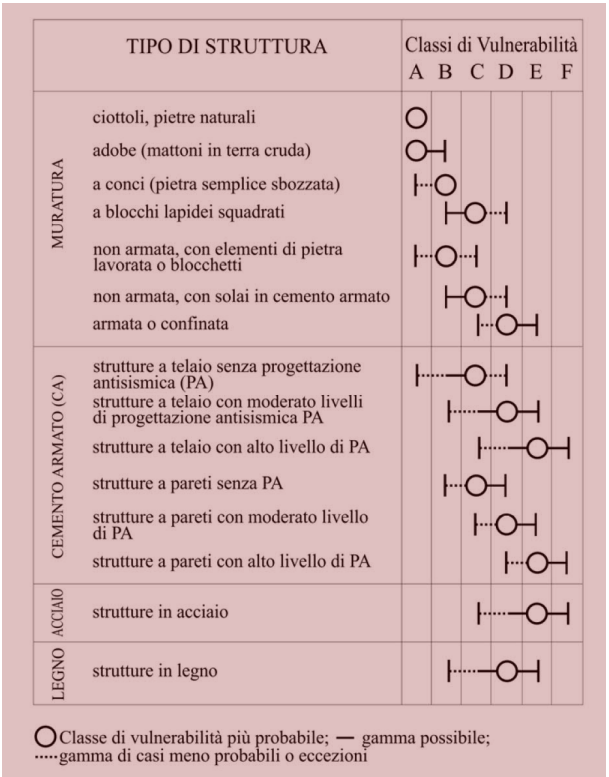
Conoscenza dell'edificato – CARTiS -

→

Stima della vulnerabilità - Metodo Macrosismico – EMS98

(S. Giovinazzi, S. Lagomarsino, A. Bernardini, 2007)

$$V = V_o + \Delta V_r + \Delta V_m \qquad V \in [0;1]$$

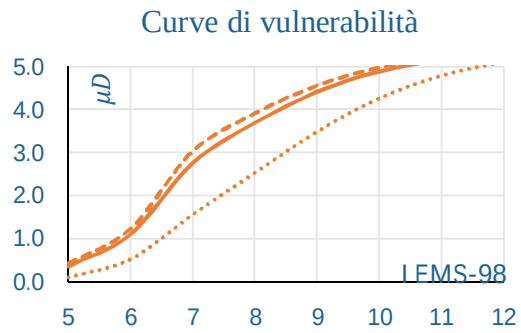


TIPO DI STRUTTURA		Classi di Vulnerabilità A B C D E F
MURATURA	ciottoli, pietre naturali	
	adobe (mattoni in terra cruda)	
	a conci (pietra semplice sbozzata)	
	a blocchi lapidei squadrati	
	non armata, con elementi di pietra lavorata o blocchetti	
	non armata, con solai in cemento armato	
	armata o confinata	
CEMENTO ARMATO (CA)	strutture a telaio senza progettazione antisismica (PA)	
	strutture a telaio con moderato livelli di progettazione antisismica PA	
	strutture a telaio con alto livello di PA	
	strutture a pareti senza PA	
	strutture a pareti con moderato livello di PA	
	strutture a pareti con alto livello di PA	
ACCIAIO	strutture in acciaio	
LEGNO	strutture in legno	

○ Classe di vulnerabilità più probabile; — gamma possibile; ····· gamma di casi meno probabili o eccezioni

V0

	Tipologia edilizia	Vo	
M1	Rubble stone	0.853	Masonry
M2	Adobe (earth bricks)	0.820	
M3	Simple stone	0.720	
M4	Massive stone	0.596	
M5	U - Manifactured stone units	0.720	
M6	U - RC floors	0.596	
M7	Reinforced / confined	0.431	
RC1	Frame without ERD	0.624	Reinforced Concrete
RC2	Frame with moderate ERD	0.464	
RC3	Frame with high ERD	0.304	
RC4	Walls without ERD	0.524	
RC5	Walls with moderate ERD	0.364	
RC6	Walls with high ERD	0.204	
S	Steel Structures	0.304	
W	Timber Structures	0.427	

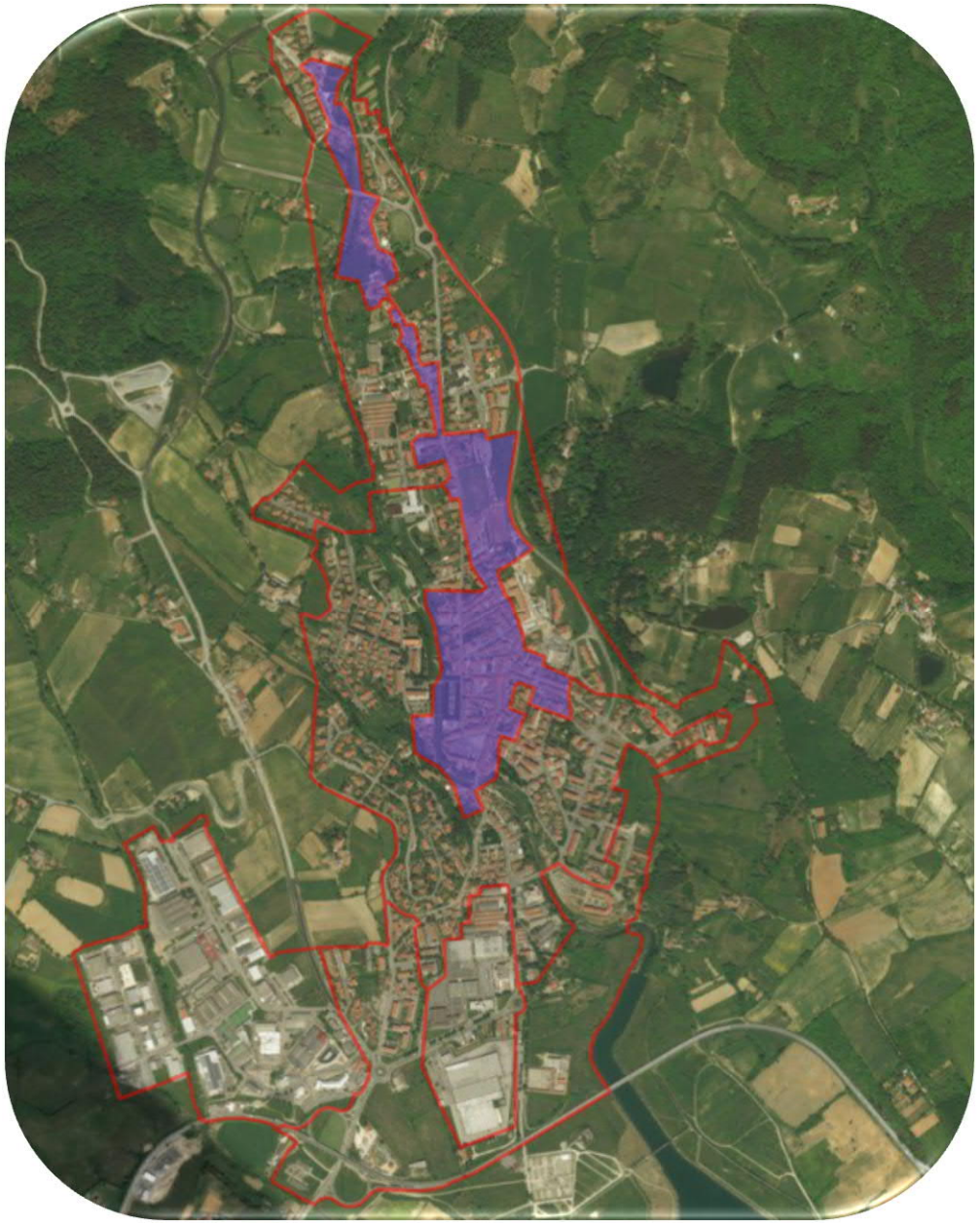


ΔVm: *generico modificatore di comportamento sismico*

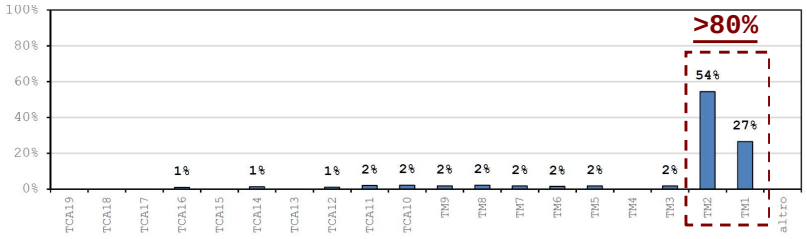
Masonry			Reinforced Concrete			
			ERD	Without	Moderate	High
State of preserv.	*Good*	-0.04	*Good*	-	-	-
	Bad	+0.04	*Bad*	+0.04	+0.02	0
N. of floors	*1÷2*	-0.08	*1÷3*	-0.02	-0.02	-0.02
	3÷5	0	*4÷7*	0	0	0
	≥6	+0.08	*≥8*	+0.04	+0.04	+0.04

FASE 3: VULNERABILITÀ

Comparto 1: Barberino centro



Tipologie edilizie



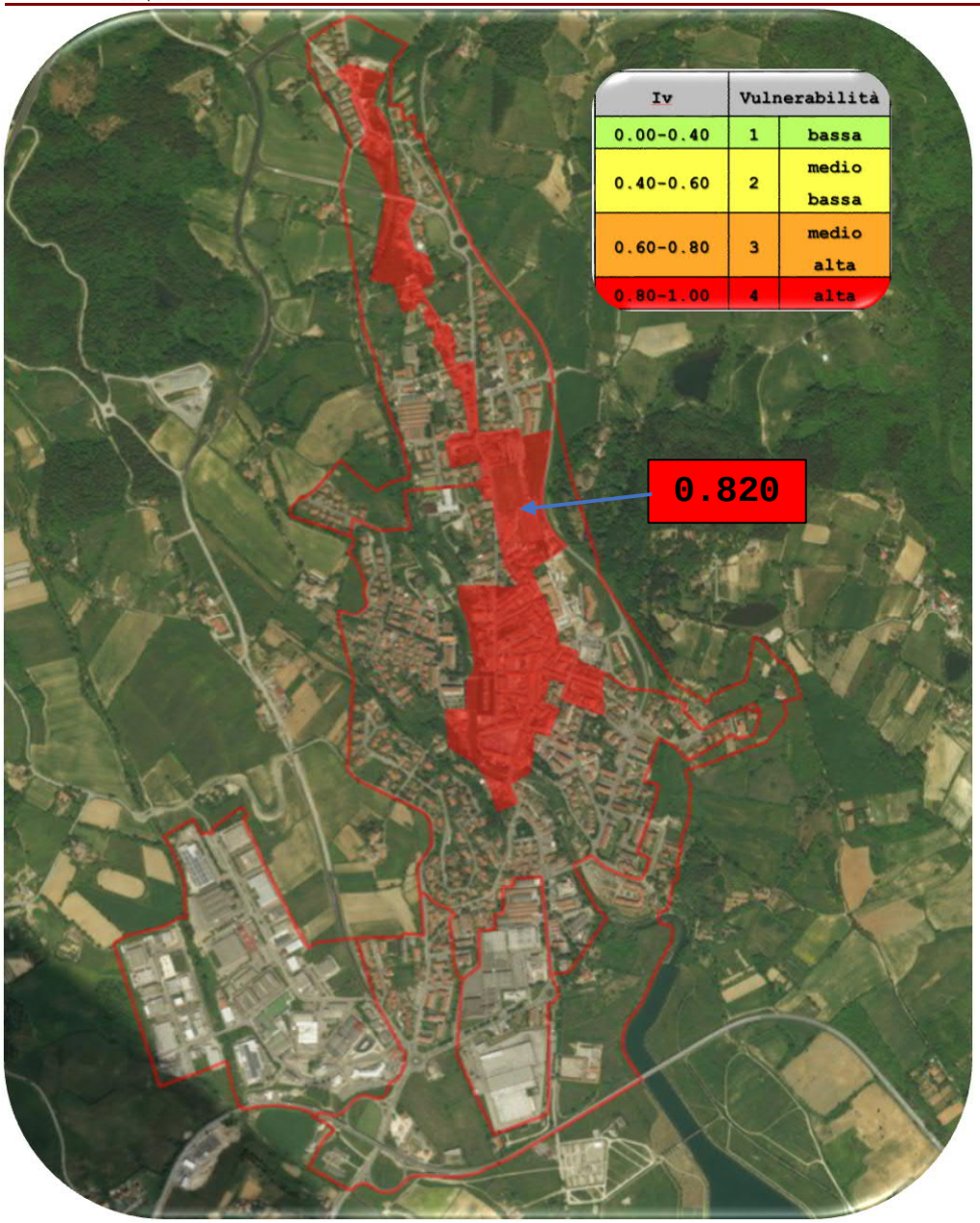
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

E. Del Monte

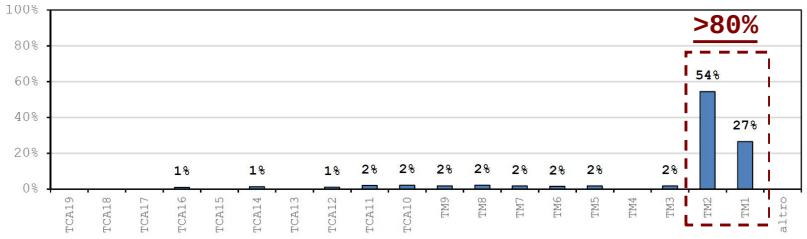
FASE 3: VULNERABILITÀ

Comparto 1: Barberino centro



Iv	Vulnerabilità	
0.00-0.40	1	bassa
0.40-0.60	2	medio bassa
0.60-0.80	3	medio alta
0.80-1.00	4	alta

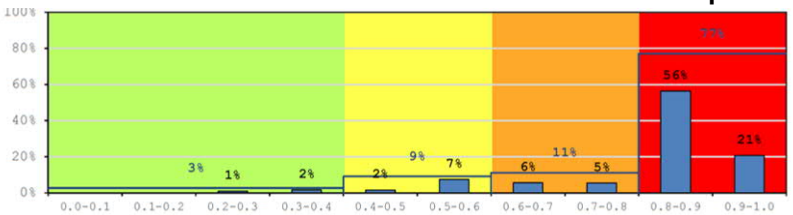
Tipologie edilizie



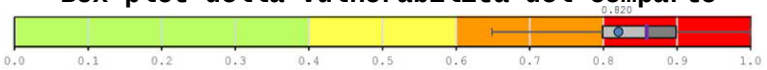
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

Distribuzione della vulnerabilità nel comparto



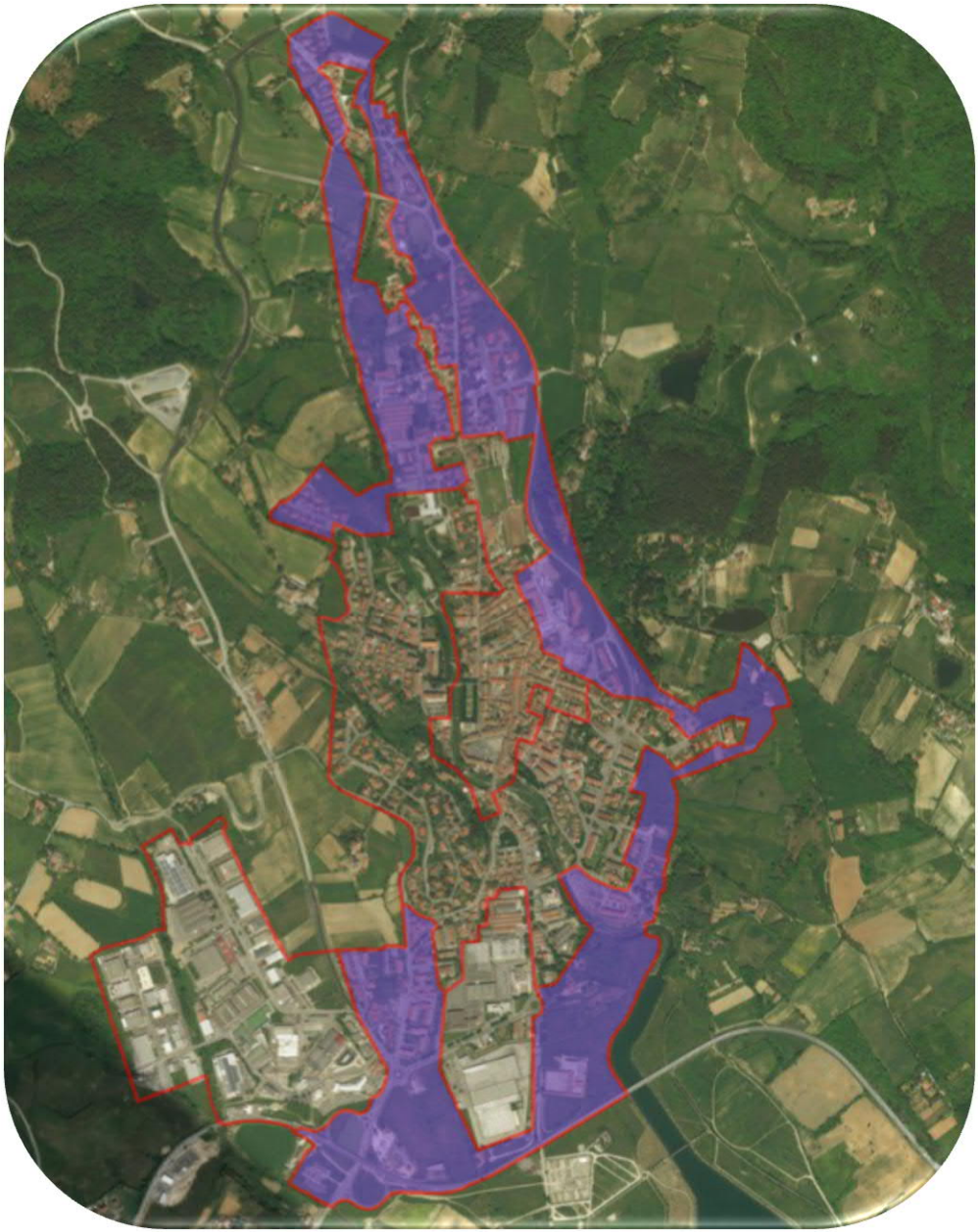
Box plot della vulnerabilità del comparto



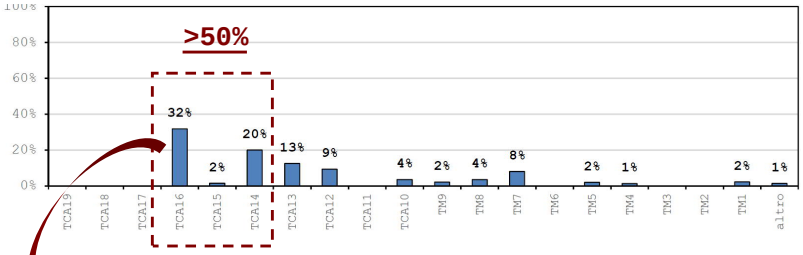
E. Del Monte

FASE 3: VULNERABILITÀ

Comparto 3: Espansione 2 °



Tipologie edilizie



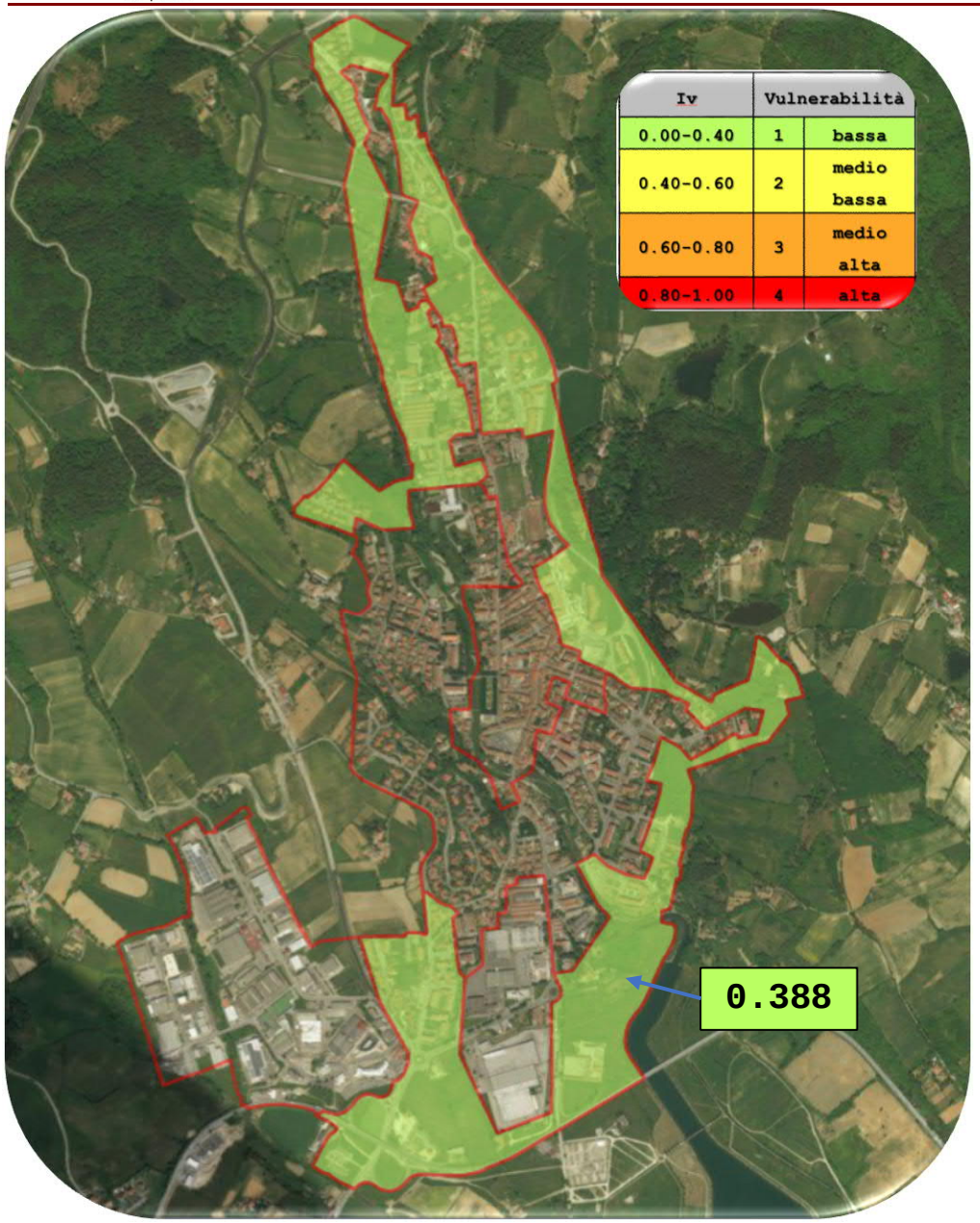
TCA 15

- Periodo: 1996-2008

E. Del Monte

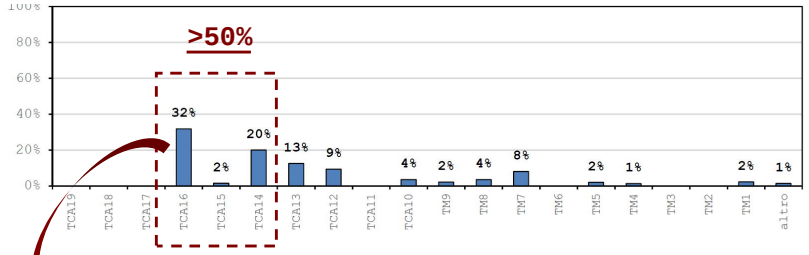
FASE 3: VULNERABILITÀ

Comparto 3: Espansione 2 °



Iv	Vulnerabilità	
0.00-0.40	1	bassa
0.40-0.60	2	medio bassa
0.60-0.80	3	medio alta
0.80-1.00	4	alta

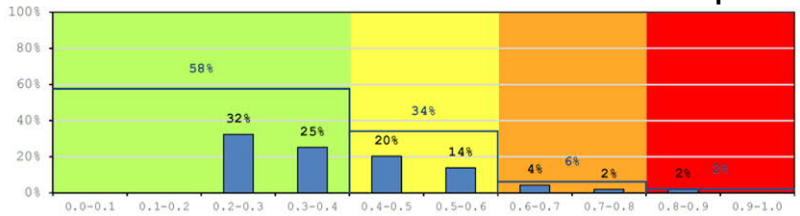
Tipologie edilizie



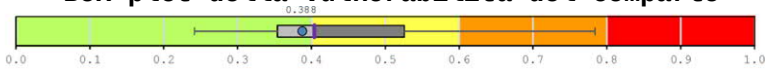
TCA 15-16

- Periodo: 1996-2008

Distribuzione della vulnerabilità nel comparto



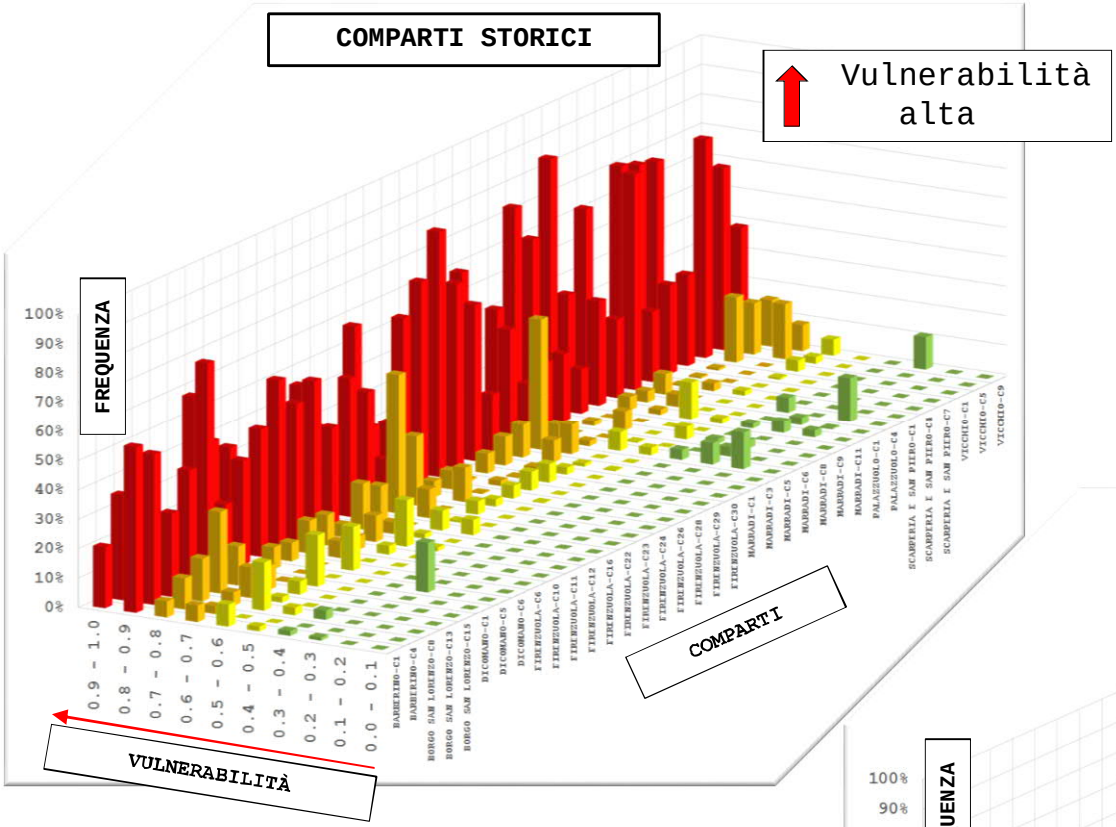
Box plot della vulnerabilità del comparto



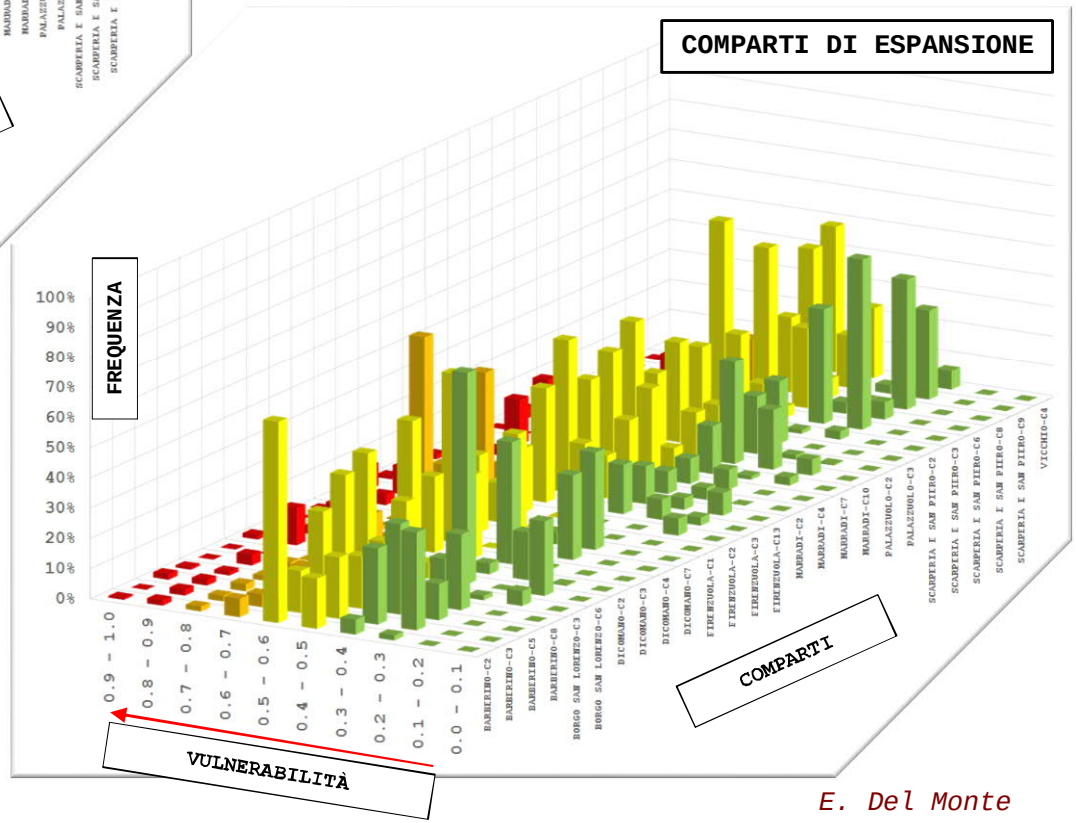
E. Del Monte

FASE 3: VULNERABILITÀ

Risultati a livello di Unione dei Comuni



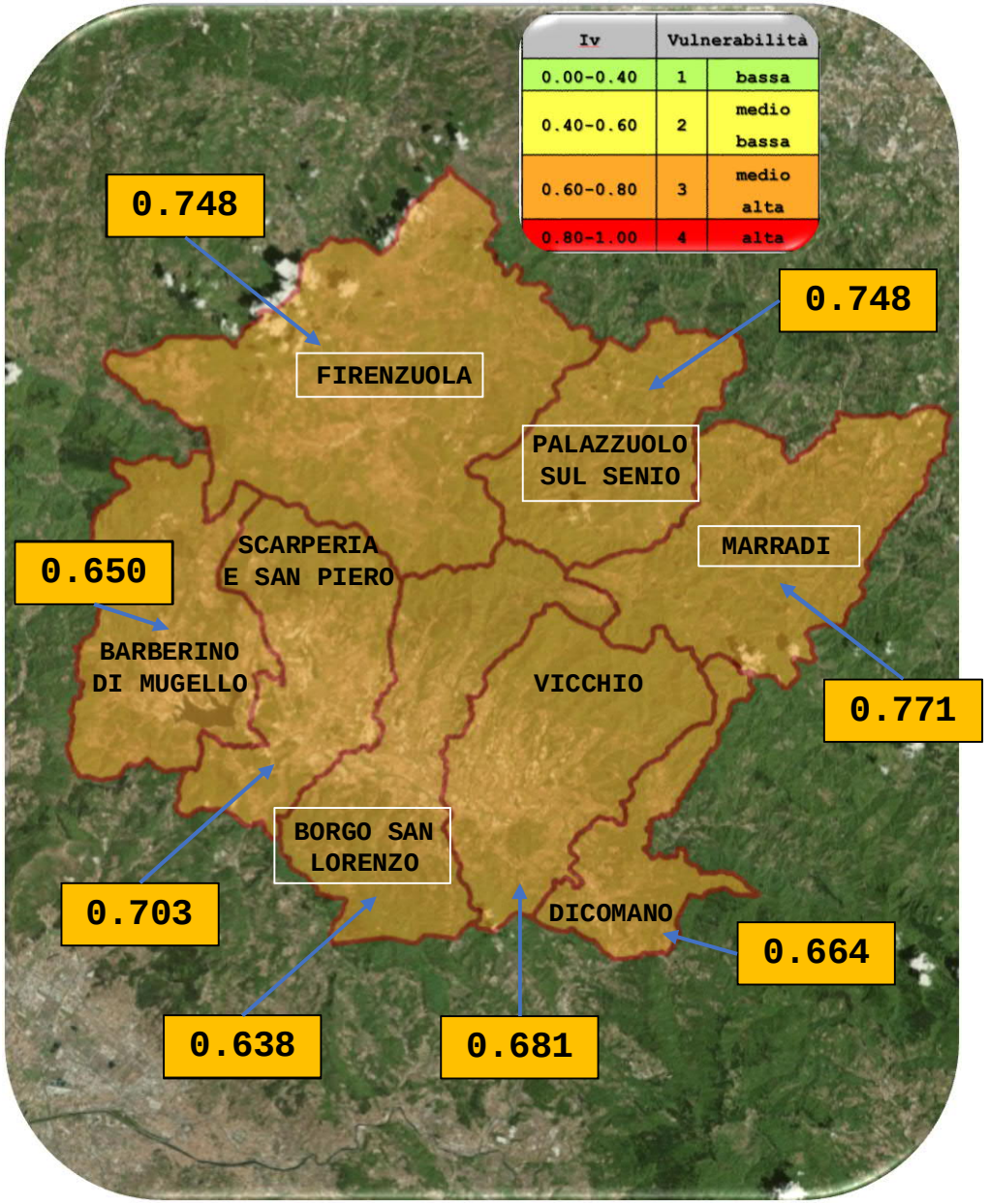
Iv	Vulnerabilità	
0.00-0.40	1	bassa
0.40-0.60	2	medio bassa
0.60-0.80	3	medio alta
0.80-1.00	4	alta



E. Del Monte

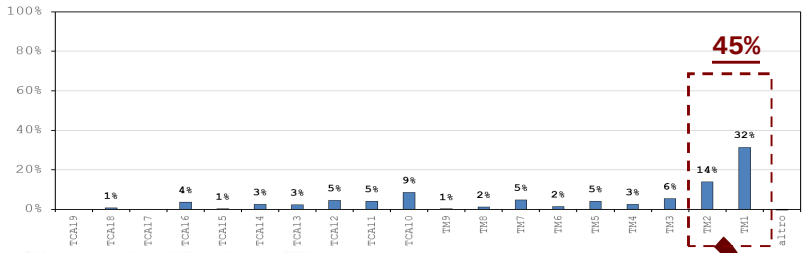
FASE 3: VULNERABILITÀ

Risultati a livello di Unione dei Comuni



Iv	Vulnerabilità	
0.00-0.40	1	bassa
0.40-0.60	2	medio bassa
0.60-0.80	3	medio alta
0.80-1.00	4	alta

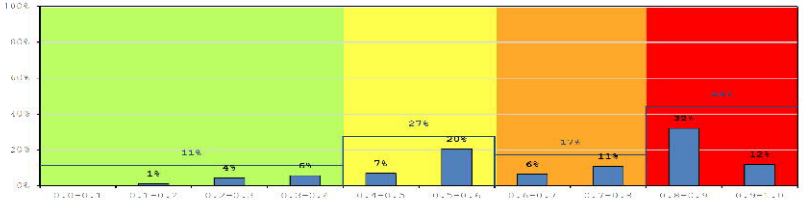
Tipologie edilizie



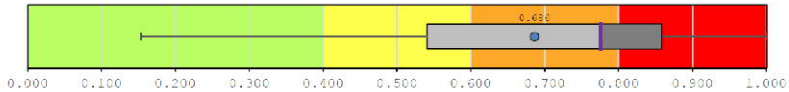
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

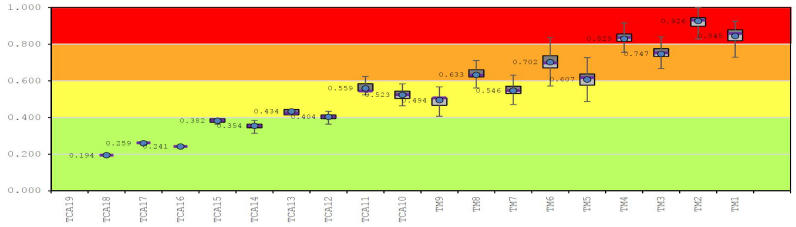
Distribuzione della vulnerabilità dell'Unione



Box plot della vulnerabilità dell'Unione



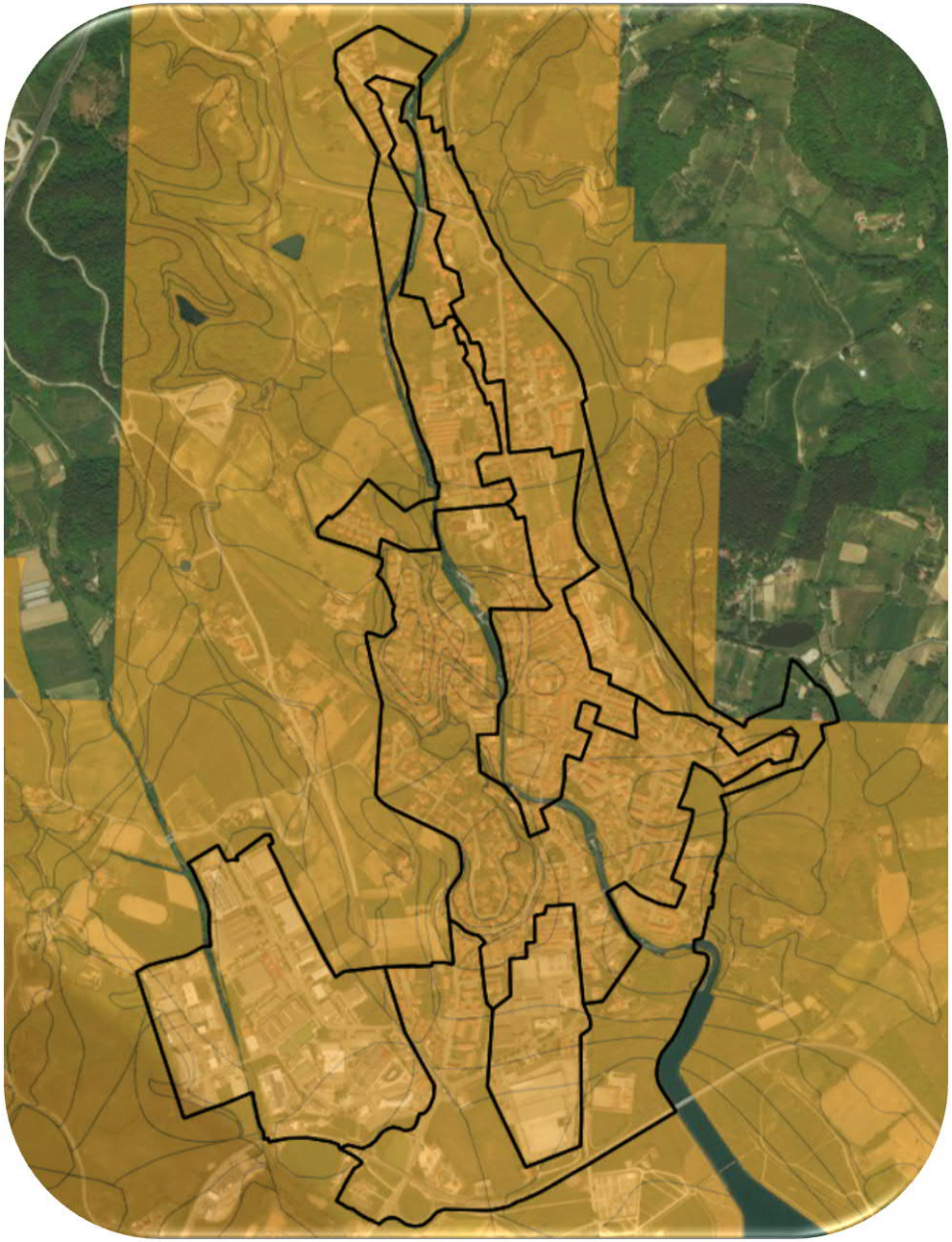
Box plot della vulnerabilità delle tipologie



E. Del Monte

FASE 4: RISCHIO SISMICO

Pericolosità sismica di base

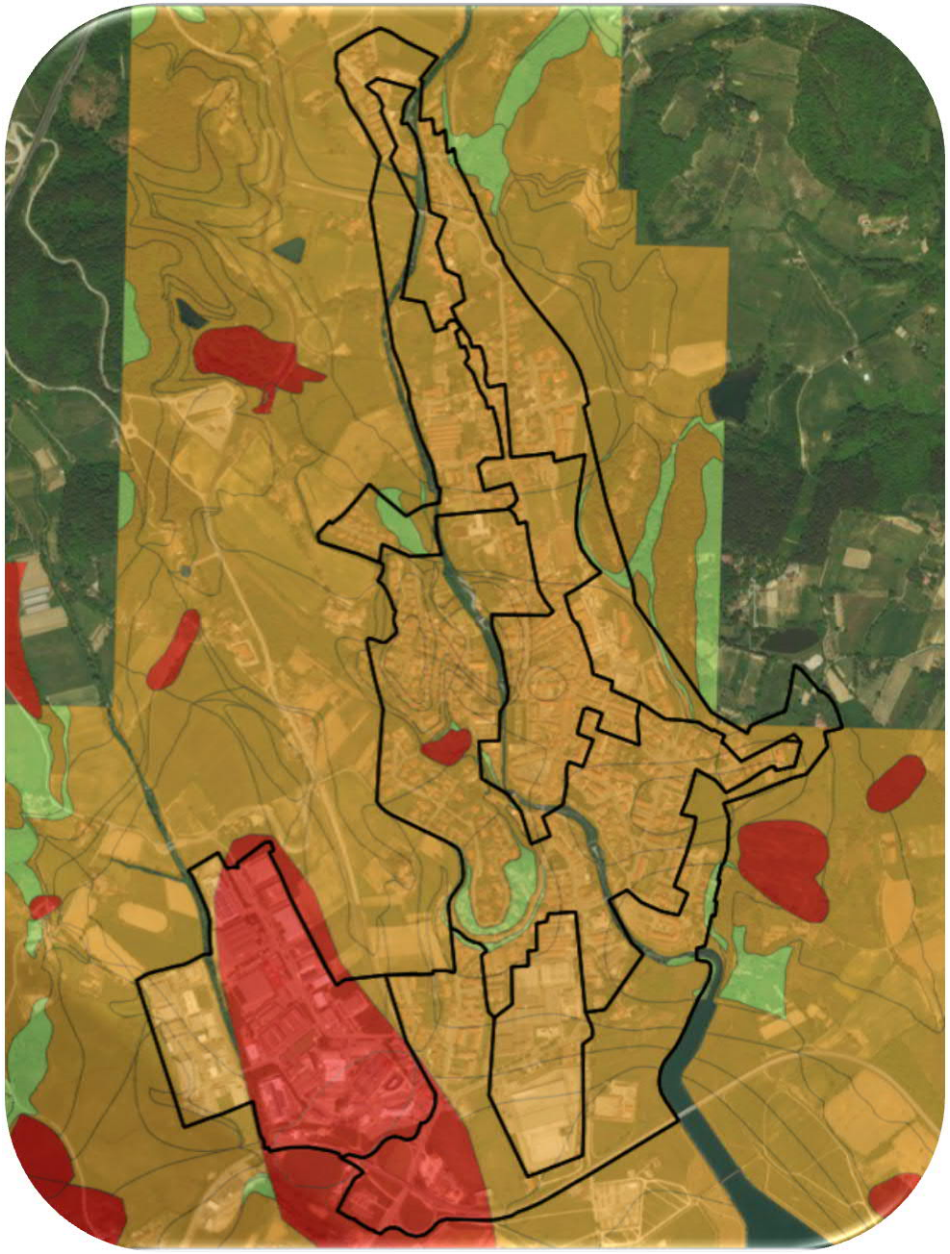


Pericolosità di base		
Ag inferiori o uguali a 0.150g	**1**	**bassa**
Ag superiori a 0.125g e inferiori o uguali a 0.150g	**2**	**medio bassa**
Ag superiori a 0.150g e inferiori o uguali a 0.200g	**3**	**medio alta**
Ag superiori a 0.200g	**4**	**alta**

E. Del Monte

FASE 4: RISCHIO SISMICO

Pericolosità sismica locale

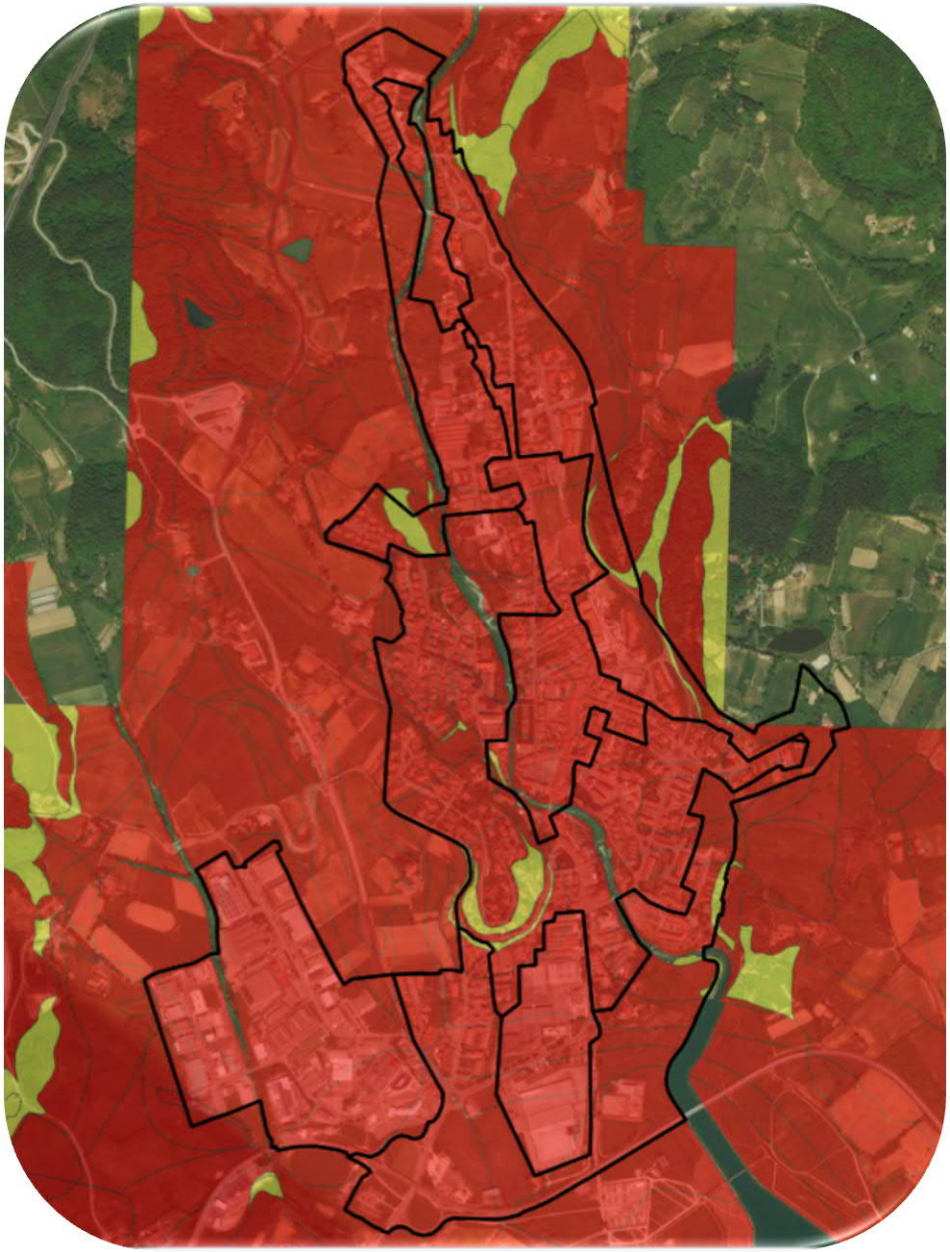


Pericolosità locale		
zone stabili (S1)	**1**	**bassa**
zone stabili suscettibili di amplificazione (S2)	**2**	**media**
zone stabili suscettibili di amplificazione con alto contrasto di impedenza sismica e altre tipologie di terreni (S3)	**3**	**elevata**
zone instabili (S4)	**4**	**molto elevata**

E. Del Monte

FASE 4: RISCHIO SISMICO

Pericolosità sismica globale

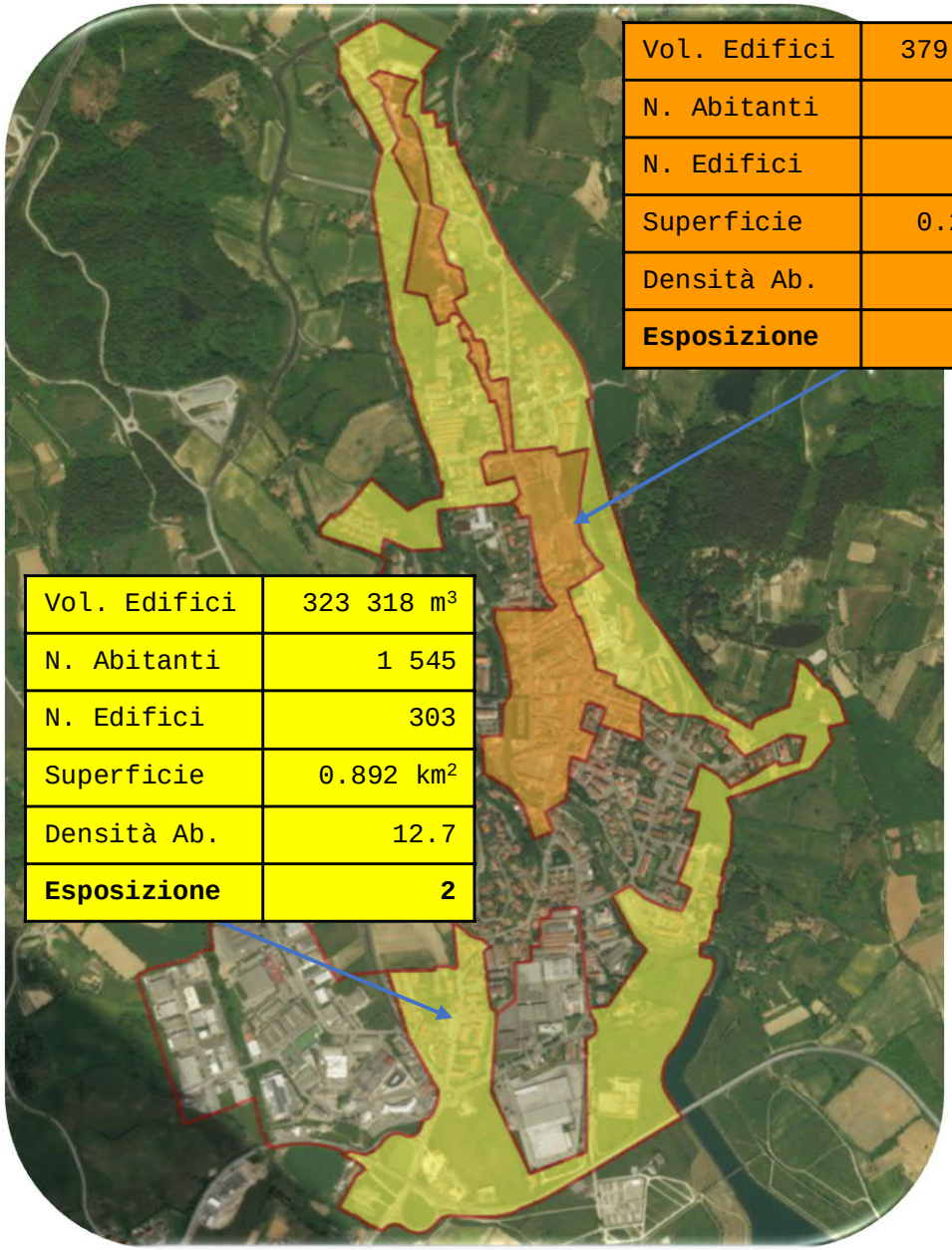


		Pericolosità sismica di base			
		4	3	2	1
Pericolosità sismica locale	4	4	4	4	3
	3	4	4	3	2
	2	4	3	2	1
	1	3	2	1	1

Pericolosità globale		
0.125g<Ag<=0.15g con zone stabili (S1); Ag<=0.125g e zone stabili (S1) o stabili con amplificazione (S2);	1	bassa
0.15g<Ag<=0.20g con zone stabili (S1); 0.125g<Ag<=0.15g con zone stabili con amplificazione (S2) Ag<=0.125g con zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3)	2	medio bassa
Ag>0.20g con zone stabili (S1); 0.15g<Ag<=0.20g con zone stabili con amplificazione (S2); 0.125g<Ag<=0.15g con zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3) Ag<=0.125g con zone instabili (S4)	3	medio alta
Ag>0.20g eccetto le zone stabili (S1); 0.15g<Ag<=0.20g con zone instabili (S4) o zone stabili con amplificazione e altre tipologie (S3); 0.125g<Ag<=0.15g con zone instabili (S4)	4	alta

E. Del Monte

FASE 4: RISCHIO SISMICO
Esposizione



Vol. Edifici	379 380 m³
N. Abitanti	1 607
N. Edifici	510
Superficie	0.272 km²
Densità Ab.	45.7
Esposizione	**3**

Vol. Edifici	323 318 m³
N. Abitanti	1 545
N. Edifici	303
Superficie	0.892 km²
Densità Ab.	12.7
Esposizione	**2**

$$Nab_i = \frac{Nab_j}{V_j} * V_i$$

$i = 1\ a\ n\ edifici\ del\ comune$
$j = 1\ a\ m\ sezioni\ censuarie$

$$Nab_k = \sum_{h=1}^{p} Nab_h$$

$k = 1\ a\ l\ comparti$
$h = 1\ a\ p\ edifici\ del\ comparto$

$$Ve_k = \frac{Nab_k * \frac{2}{3} + Ned_k * \frac{1}{3}}{Area_k}$$

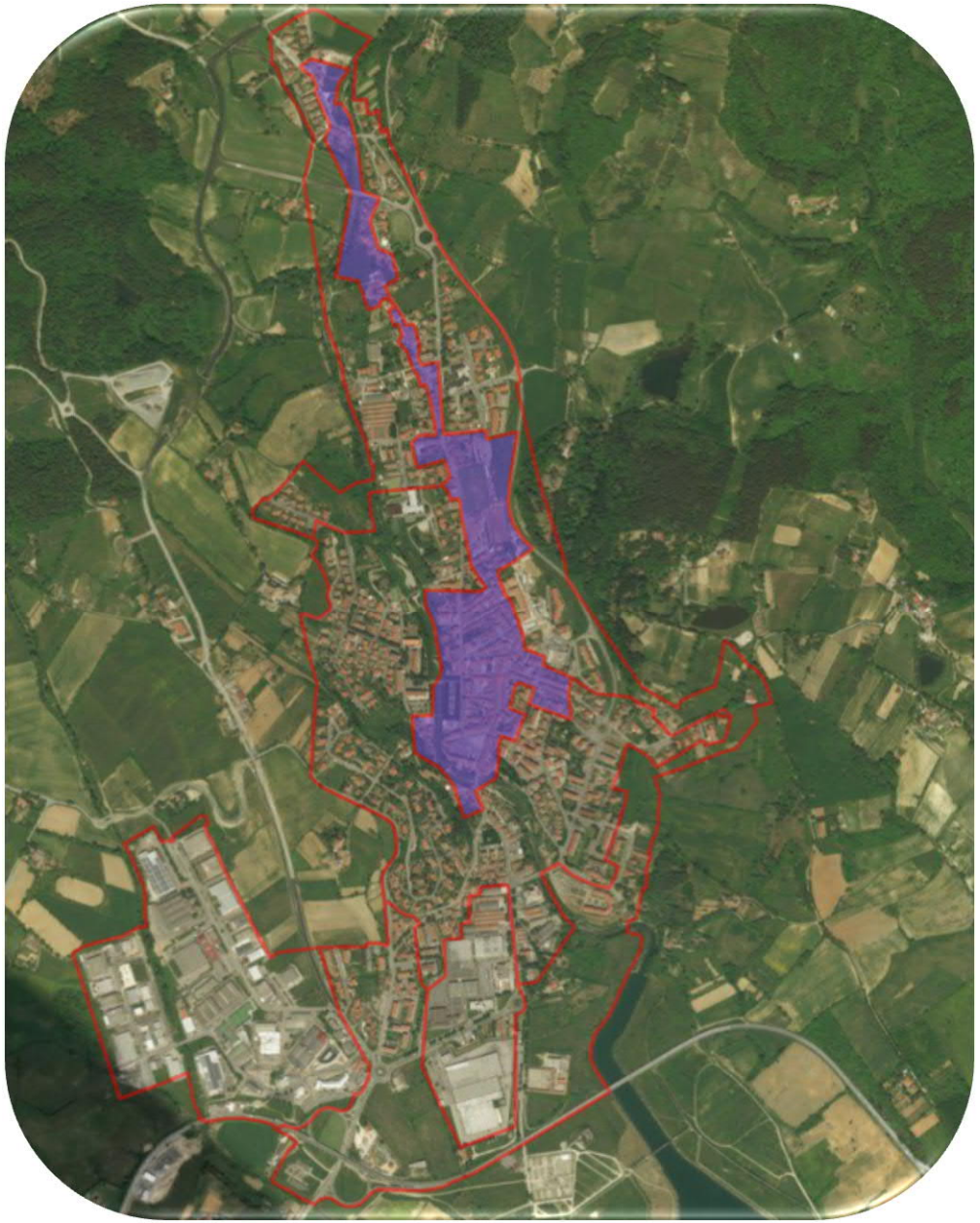
$Ve = Valore\ di\ esposizione$

Ve_k	Esposizione	
0-10	1	bassa
10-24	2	medio bassa
24-56	3	medio alta
> 56	4	alta

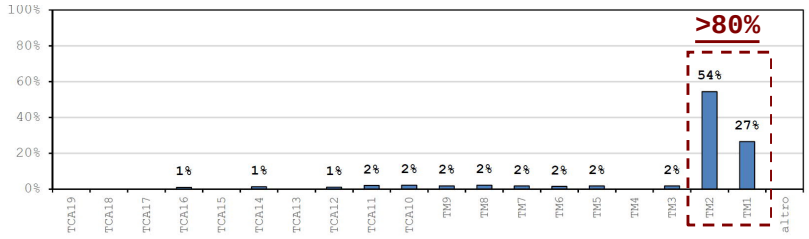
E. Del Monte

FASE 4: RISCHIO SISMICO

Comparto 1: Barberino centro



Tipologie edilizie



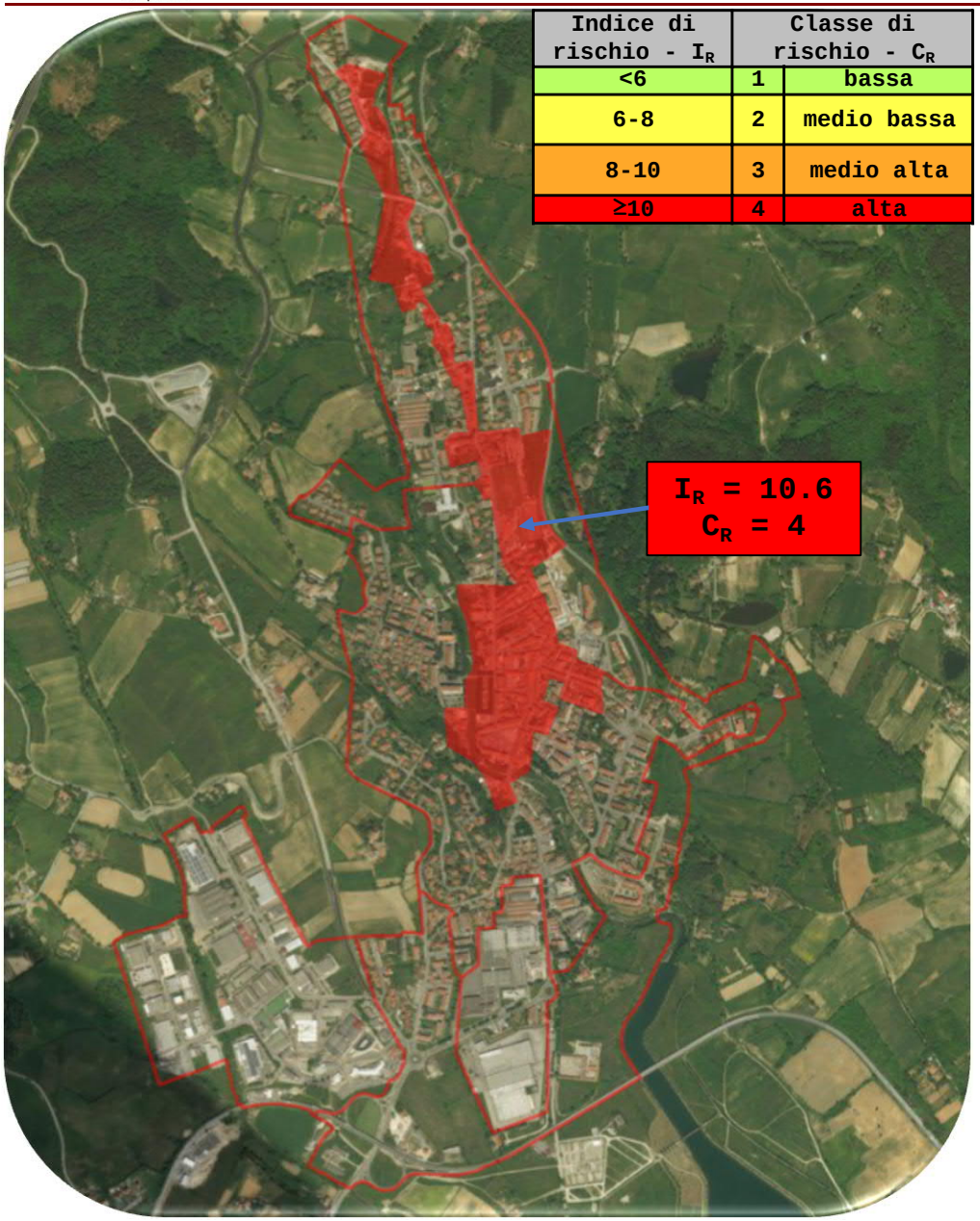
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

E. Del Monte

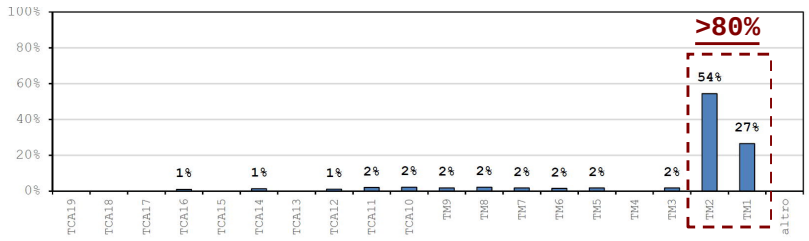
FASE 4: RISCHIO SISMICO

Comparto 1: Barberino centro



Indice di rischio - I_R	Classe di rischio - C_R	
<6	1	bassa
6-8	2	medio bassa
8-10	3	medio alta
≥10	4	alta

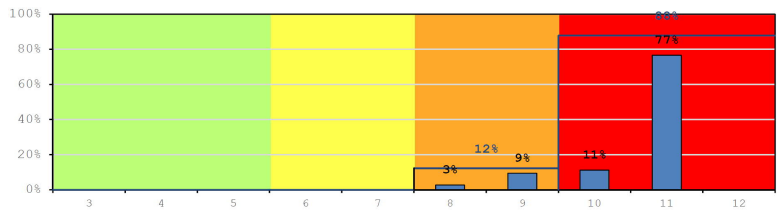
Tipologie edilizie



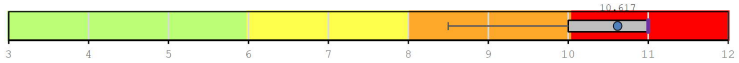
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

Distribuzione del rischio nel comparto



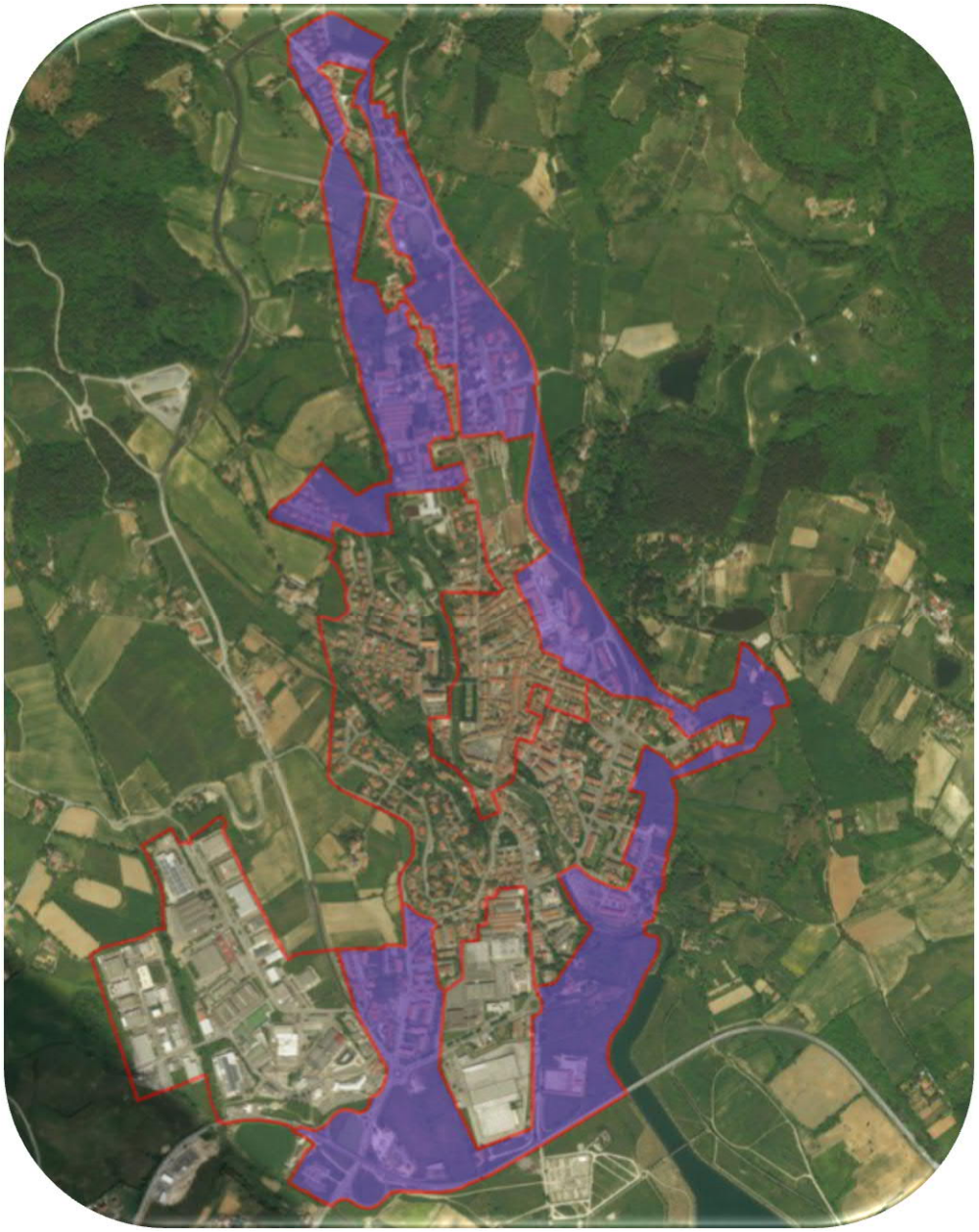
Box plot del rischio del comparto



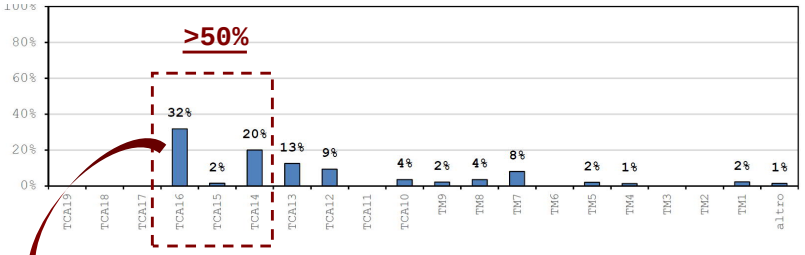
E. Del Monte

FASE 4: RISCHIO SISMICO

Comparto 3: Espansione 2 °



Tipologie edilizie



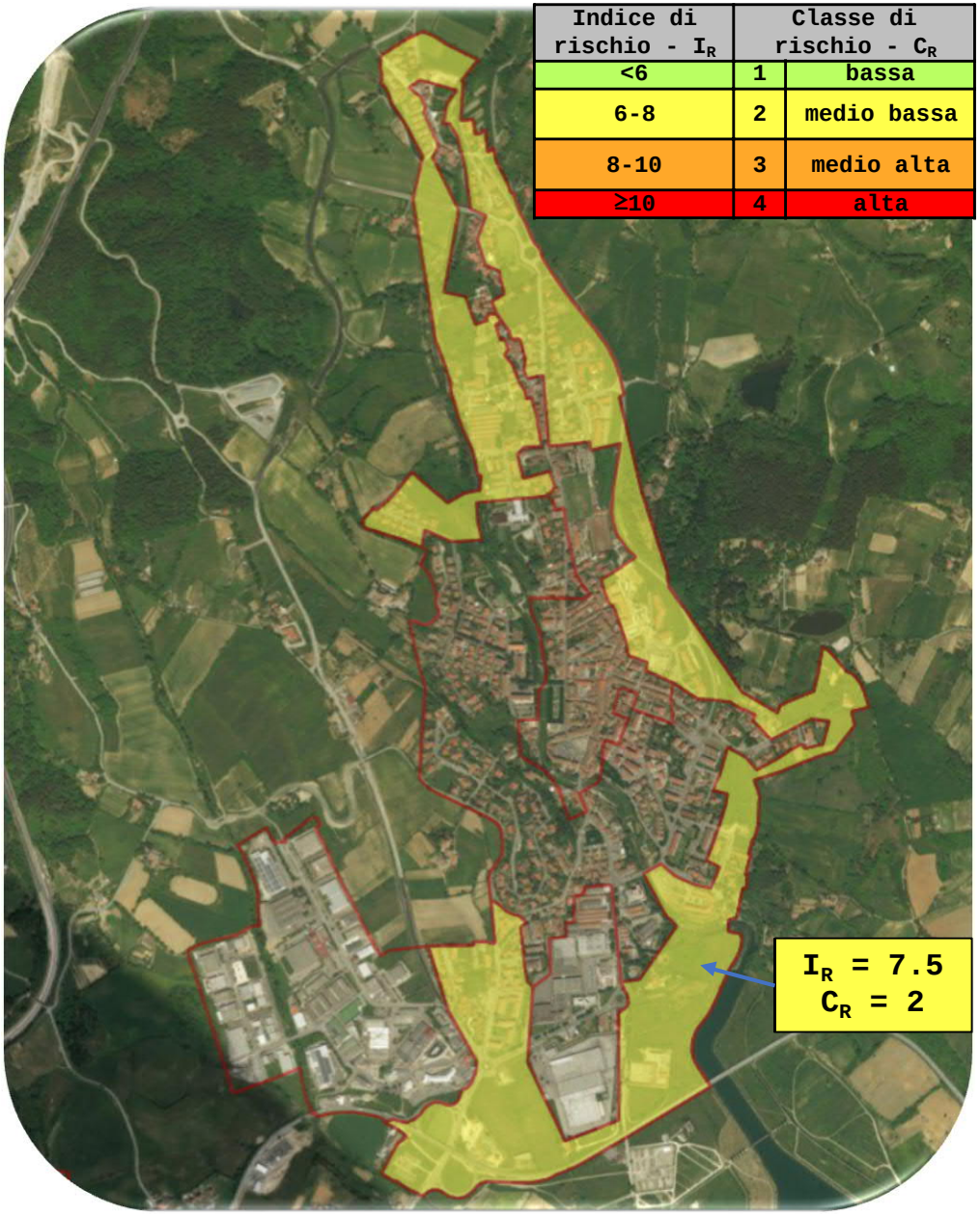
TCA 16

- Periodo: 1996-2008

E. Del Monte

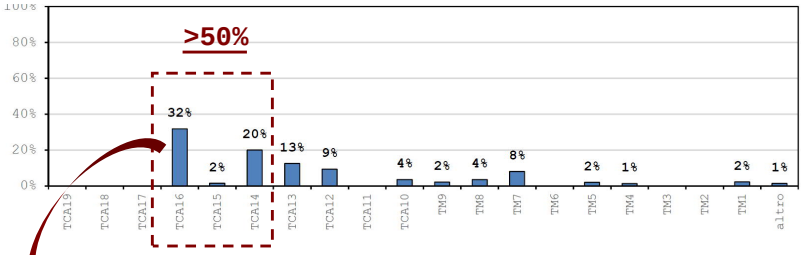
FASE 4: RISCHIO SISMICO

Comparto 3: Espansione 2 °



Indice di rischio - I_R	Classe di rischio - C_R	
<6	1	bassa
6-8	2	medio bassa
8-10	3	medio alta
≥10	4	alta

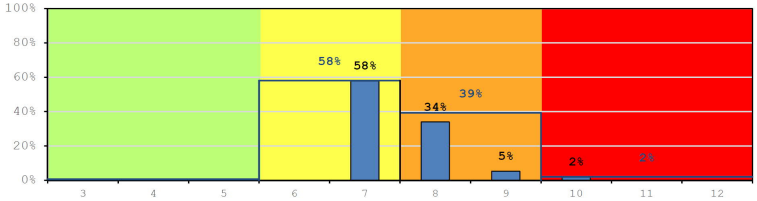
Tipologie edilizie



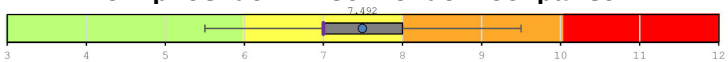
TCA 15-16

- Periodo: 1996-2008

Distribuzione del rischio nel comparto



Box plot del rischio del comparto

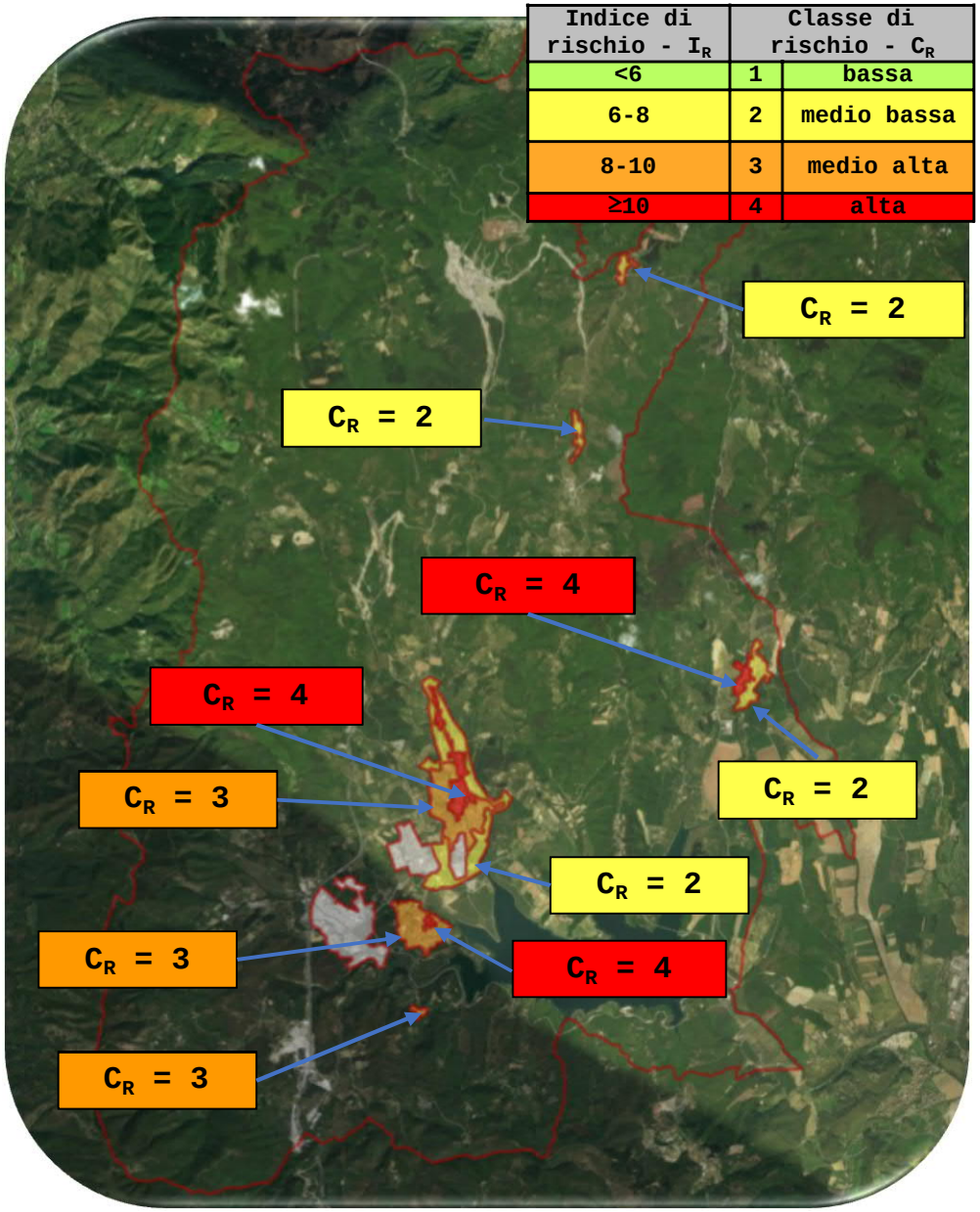


E. Del Monte

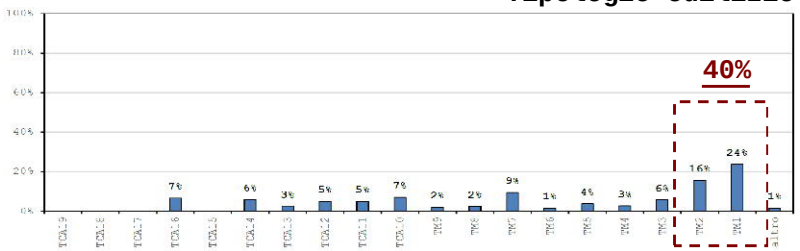
FASE 4: RISCHIO SISMICO

Barberino di Mugello

Indice di rischio - I_R	Classe di rischio - C_R	
<6	1	bassa
6-8	2	medio bassa
8-10	3	medio alta
≥10	4	alta



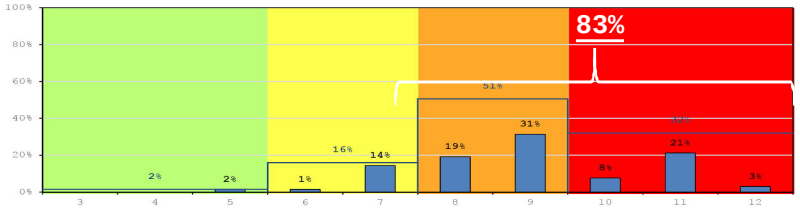
Tipologie edilizie



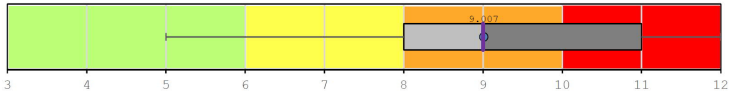
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

Distribuzione del rischio del Comune

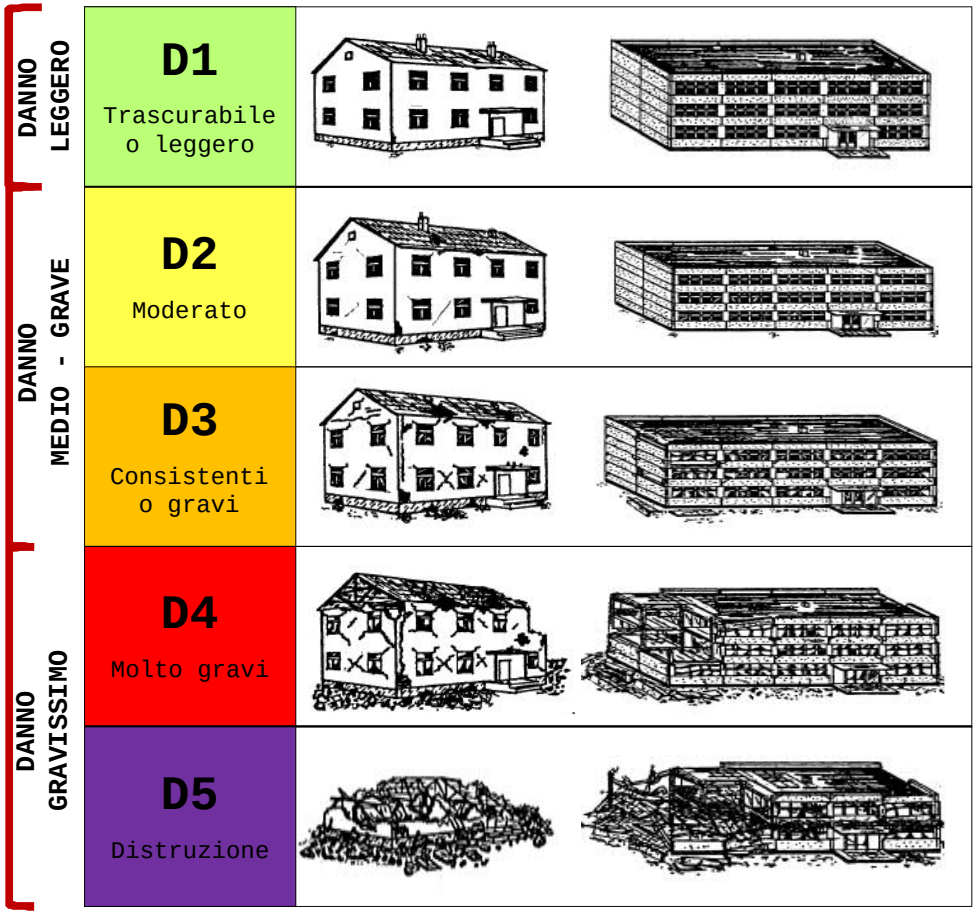


Box plot del rischio del Comune

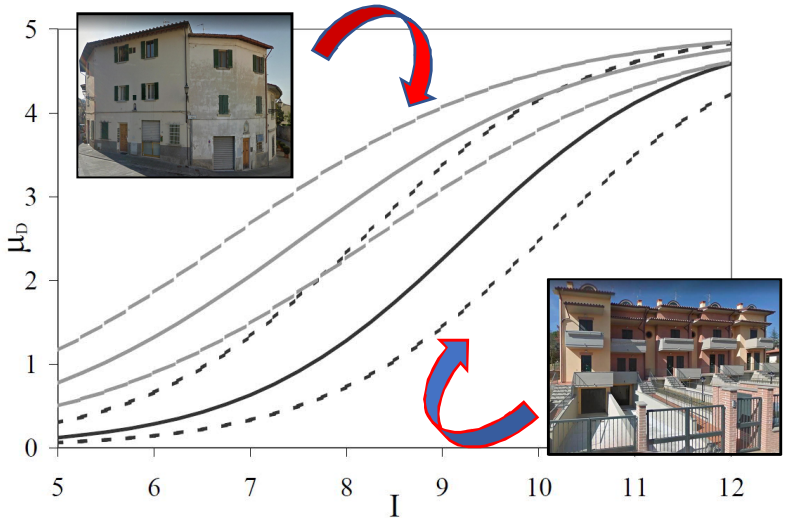


E. Del Monte

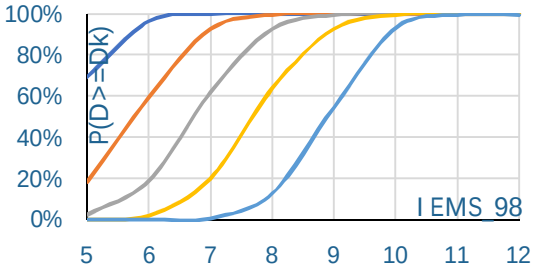
EMS-98



Curve di vulnerabilità



Curve di fragilità



Danno medio $0 \le \mu D \le 5$

$$\mu D = \left(2.5 + 3\tanh\left(\frac{I + 6.25 \cdot V - 12.7}{3}\right)\right) \cdot f(V, I)$$

$$f(V;I) = \begin{cases} e^{\frac{V}{2}\cdot(I-7)} & per\ I \le 7 \\ 1 & per\ I > 7 \end{cases}$$

(Bernardini, Giovinazzi, Lagomarsino, Parodi, 2007)

FASE 5: SCENARI DI DANNO

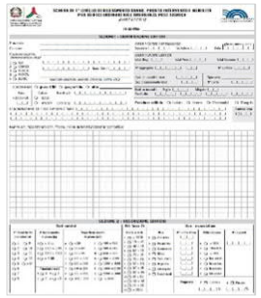
Proposta di modifica curve vulnerabilità

Dati generali

Magnitudo ML=5.2
Epicentro circa 9 Km a N-E di Carrara
Profondità ipocentro circa 5.1 Km
Scossa maggiore ore locali 12:33

+ di 3.000 Schede AeDES

(Scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica)

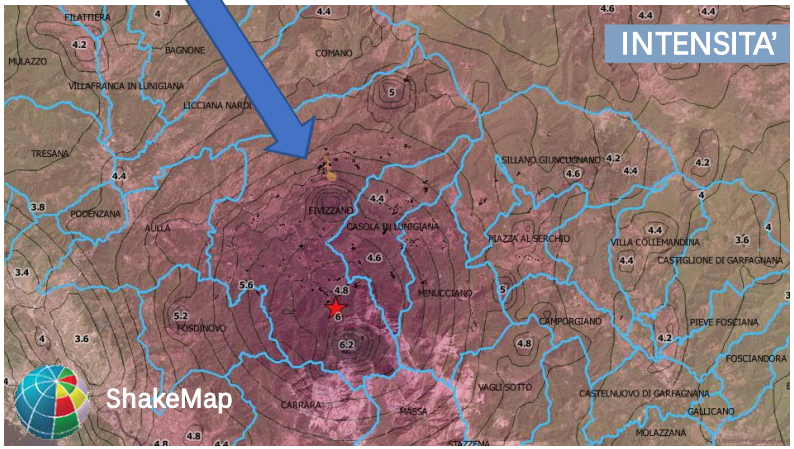


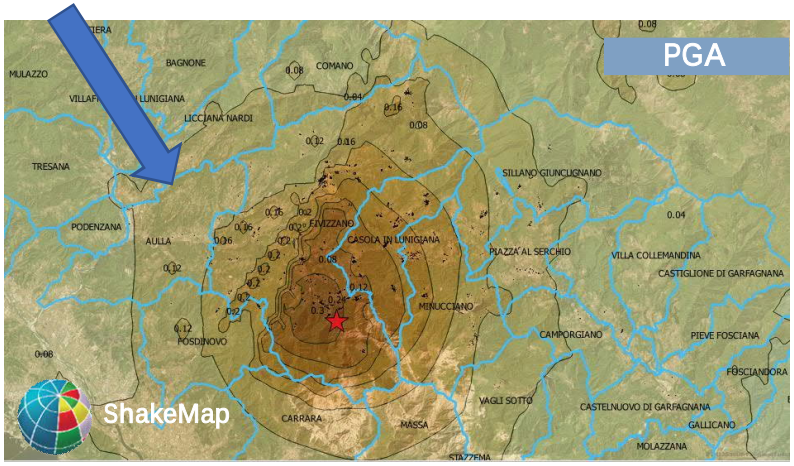
ShakeMaps

Intensità macrosismica
(Scala Mercalli Modificata)

PGA [g]
(Peak ground acceleration)

Vulnerabilità **Danno** **Agibilità**





E. Del Monte

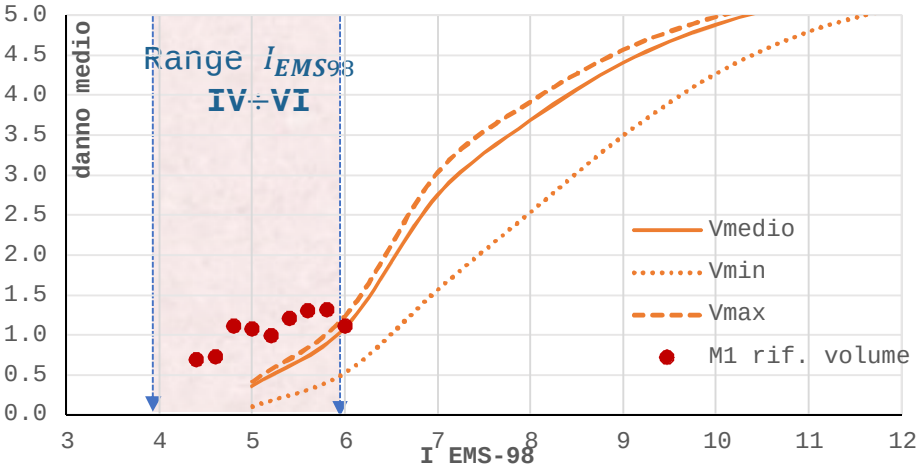
FASE 5: SCENARI DI DANNO

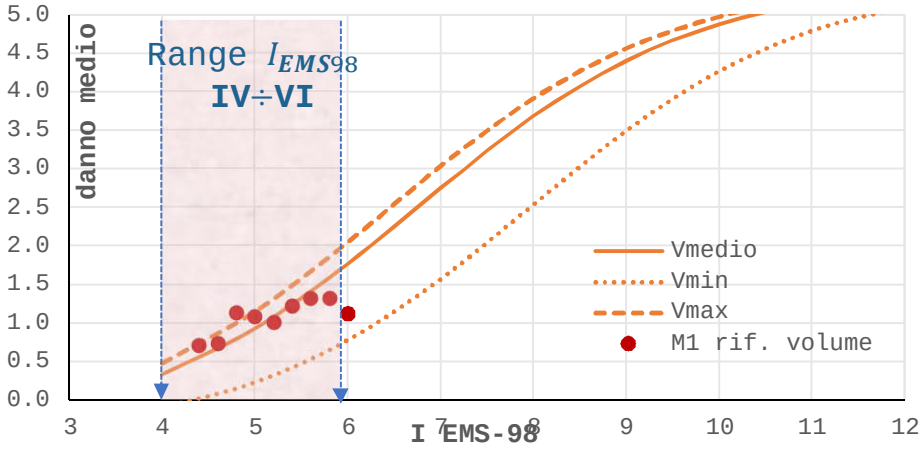
Proposta di modifica curve vulnerabilità

ASSOCIAZIONE NAZIONALE ITALIANA DI INGEGNERIA SISMICA ANIDIS
Italian National Association of Earthquake Engineering
XVIII CONVEGNO ANIDIS
L'ingegneria sismica in Italia
ASCOLI PICENO 2019
15-19 Settembre

Curve di vulnerabilità calibrate sul terremoto del 2013 in Lunigiana e Garfagnana (Italia)

Viola Nistri[a], Sonia Boschi[a,b], Emanuele Del Monte[a,b], Maurizio Orlando[b], Andrea Vignoli[a,b]
[a] *S2R - Spin off dell'Università degli Studi di Firenze, Via Vittorio Emanuele II 161, 50134 Firenze*
[b] *Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Via di Santa Marta 3, 50139 Firenze.*





Danno medio $0 \le \mu D \le 5$

$$\mu D = \left(2.5 + 3\tanh\left(\frac{I + 6.25 \cdot V - 12.7}{3}\right)\right) \cdot f(V, I)$$

Danno medio $0 \le \mu D \le 5$

$$\mu D = \left(2.5 + 3\tanh\left(\frac{I + 6.25 \cdot V - 12.7}{3}\right)\right) \cdot \cancel{f(V, I)}$$

E. Del Monte

ASSOCIAZIONE NAZIONALE ITALIANA DI INGEGNERIA SISMICA ANIDIS
Italian National Association of Earthquake Engineering
XVIII CONVEGNO ANIDIS
L'ingegneria sismica in Italia
ASCOLI PICENO 2019
15-19 Settembre

Curve di vulnerabilità calibrate sul terremoto del 2013 in Lunigiana e Garfagnana (Italia)

Viola Nistri[a], Sonia Boschi[a,b], Emanuele Del Monte[a,b], Maurizio Orlando[b], Andrea Vignoli[a,b]
[a] *S2R - Spin off dell'Università degli Studi di Firenze, Via Vittorio Emanuele II 161, 50134 Firenze*
[b] *Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Via di Santa Marta 3, 50139 Firenze.*

Calibrazione correlazioni sperimentali di **INAGIBILITA'**

% EDIFICI INAGIBILI	D1	D2	D3	D4	D5
Dati osservati	14%	70%	91%	97%	/
Sabetta 2013	0%	80%	80%	100%	100%
Hazus 1999	0%	0%	90%	100%	100%
Bramerini 1995	0%	0%	40%	100%	100%
Zuccaro 2004	0%	0%	50%	100%	100%

Prevalenza giudizi **B** e **C**

Prevalenza giudizi **E**

$$\boldsymbol{Pe.i. = 0.15 \cdot p1 + 0.70 \cdot p2 + 0.90 \cdot p3 + 1.00 \cdot p4 + 1.00 \cdot p5}$$

$$Pe.i. = 0.80 \cdot (p2 + p3) + 1.00 \cdot (p4 + p5)$$

$$Pe.i. = 0.90 \cdot p3 + 1.00 \cdot (p4 + p5)$$

$$Pe.i. = 0.40 \cdot p3 + 1.00 \cdot (p4 + p5)$$

$$Pe.i. = 0.50 \cdot p3 + 1.00 \cdot (p4 + p5)$$

$Pe.i.$: probabilità di inagibilità

pk : probabilità di danno dk

Gli edifici che hanno subito danno **D1** non sono esenti dal giudizio di temporanea inagibilità

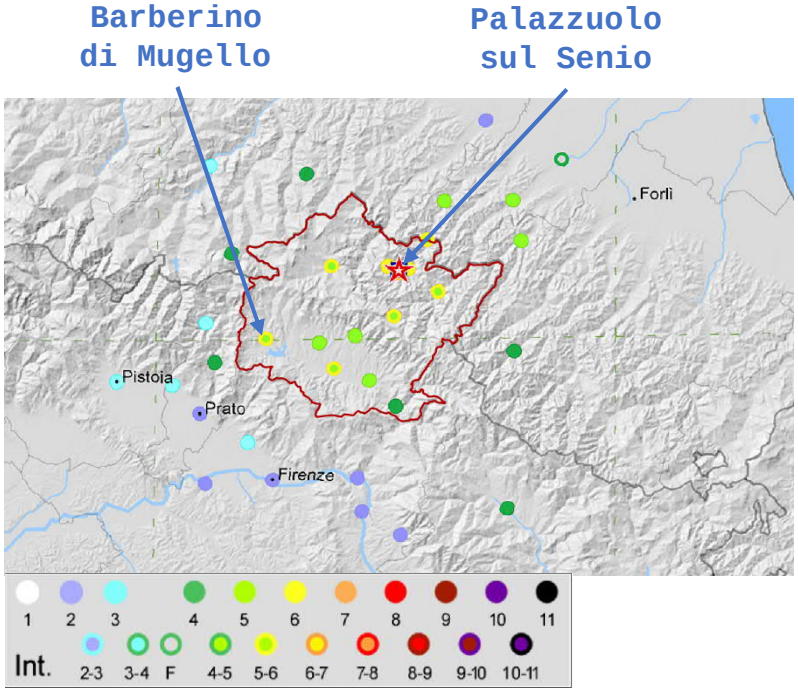
Buona corrispondenza tra i dati sperimentali e le correlazioni proposte da ***Sabetta et al.*** *(2013)*

E. Del Monte

$I_0 = 6$

- 1929 epicentro Borgo San Lorenzo
- 1931 epicentro Palazzuolo sul Senio

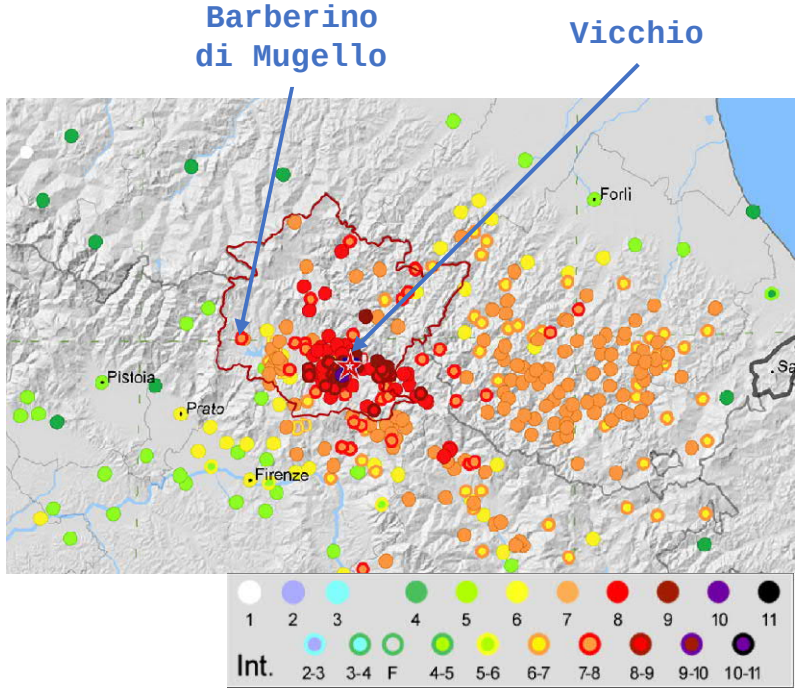
Distribuzione dell'intensità macrosismica (sisma 1931)



$I_0 = 9$

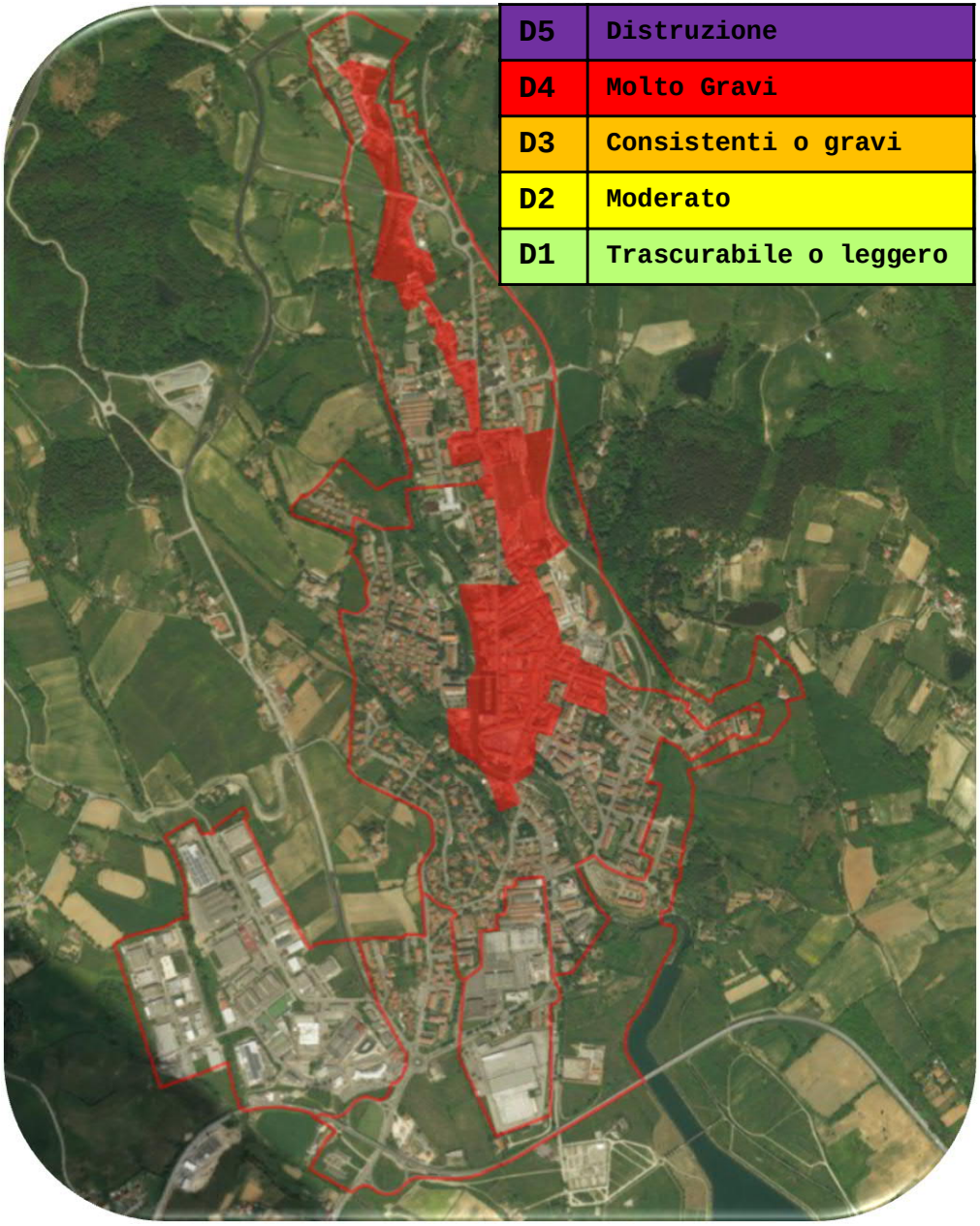
- 1542 epicentro Scarperia
- 1919 epicentro Vicchio

Distribuzione dell'intensità macrosismica (sisma 1919)



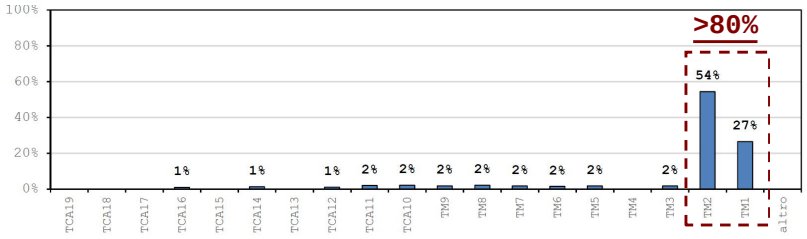
FASE 5: SCENARI DI DANNO

Comparto 1: Barberino centro



D5	Distruzione
D4	Molto Gravi
D3	Consistenti o gravi
D2	Moderato
D1	Trascurabile o leggero

Tipologie edilizie



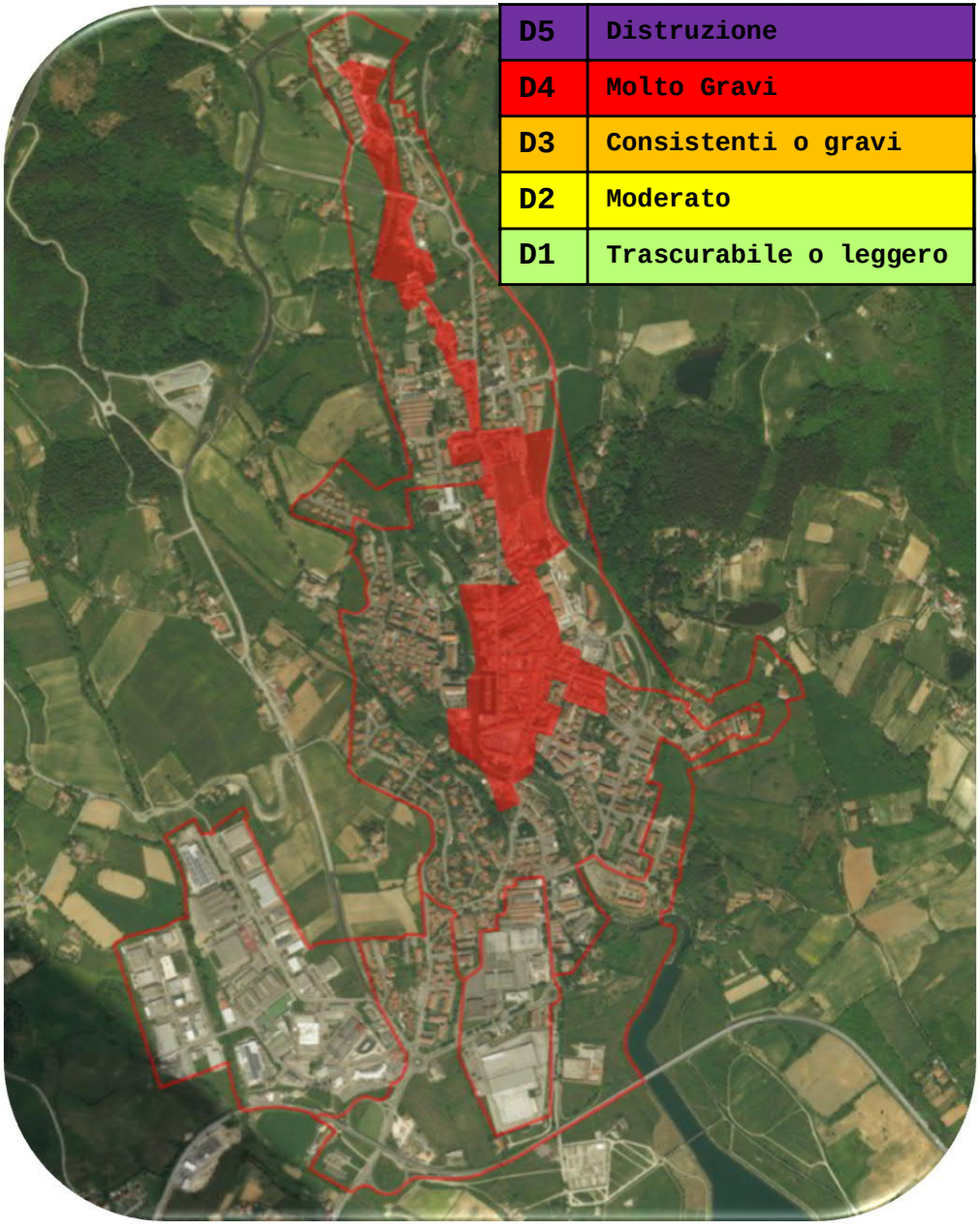
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

E. Del Monte

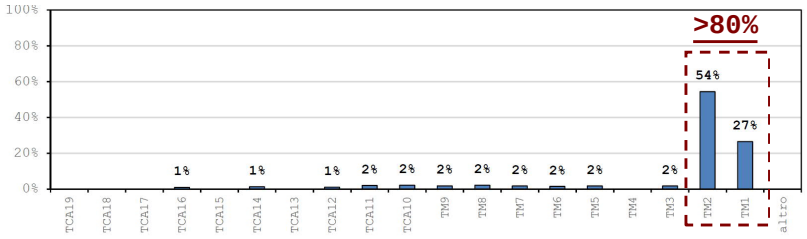
FASE 5: SCENARI DI DANNO

Comparto 1: Barberino centro



D5	Distruzione
D4	Molto Gravi
D3	Consistenti o gravi
D2	Moderato
D1	Trascurabile o leggero

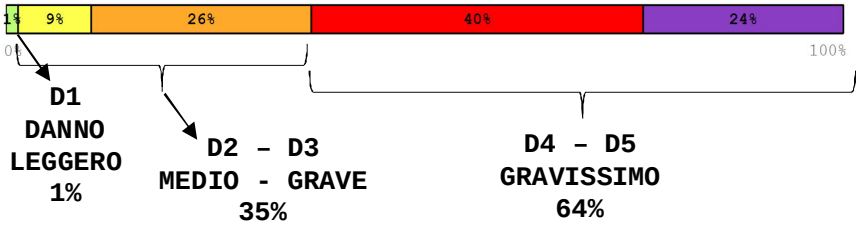
Tipologie edilizie



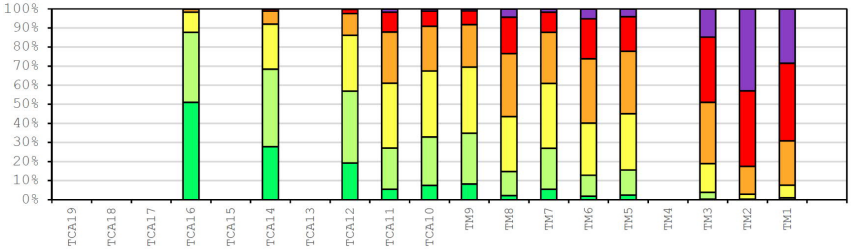
TM1 e TM2

- Periodo: <1919
- Prevalenza aggregati
- Murature irregolari
- Solai deformabili
- Copertura leggera

Distribuzione del danno nel comparto



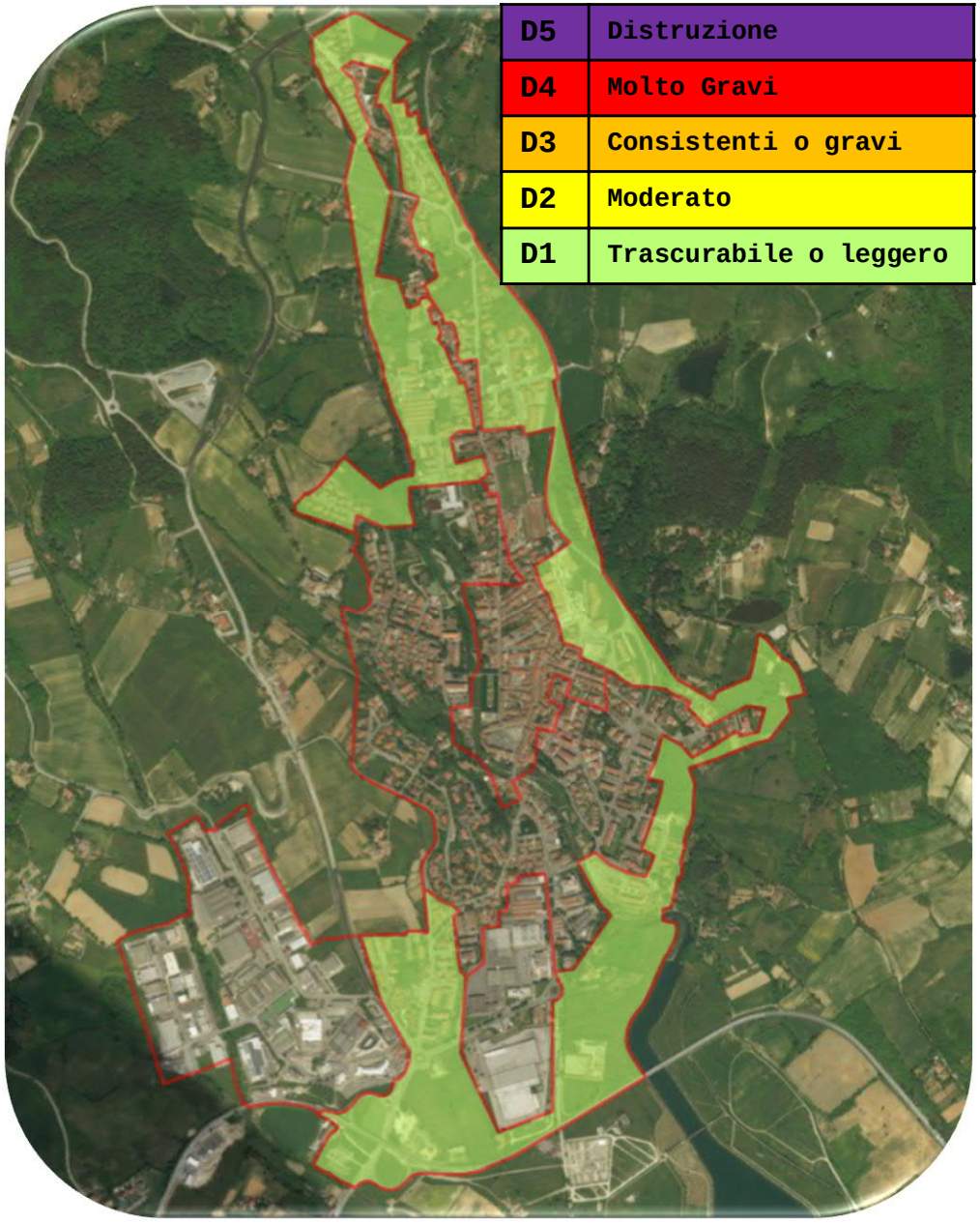
Distribuzione del danno nelle tipologie



E. Del Monte

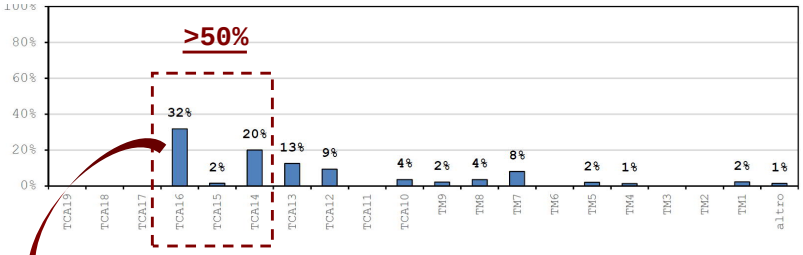
FASE 5: SCENARI DI DANNO

Comparto 3: Espansione 2 °



D5	Distruzione
D4	Molto Gravi
D3	Consistenti o gravi
D2	Moderato
D1	Trascurabile o leggero

Tipologie edilizie



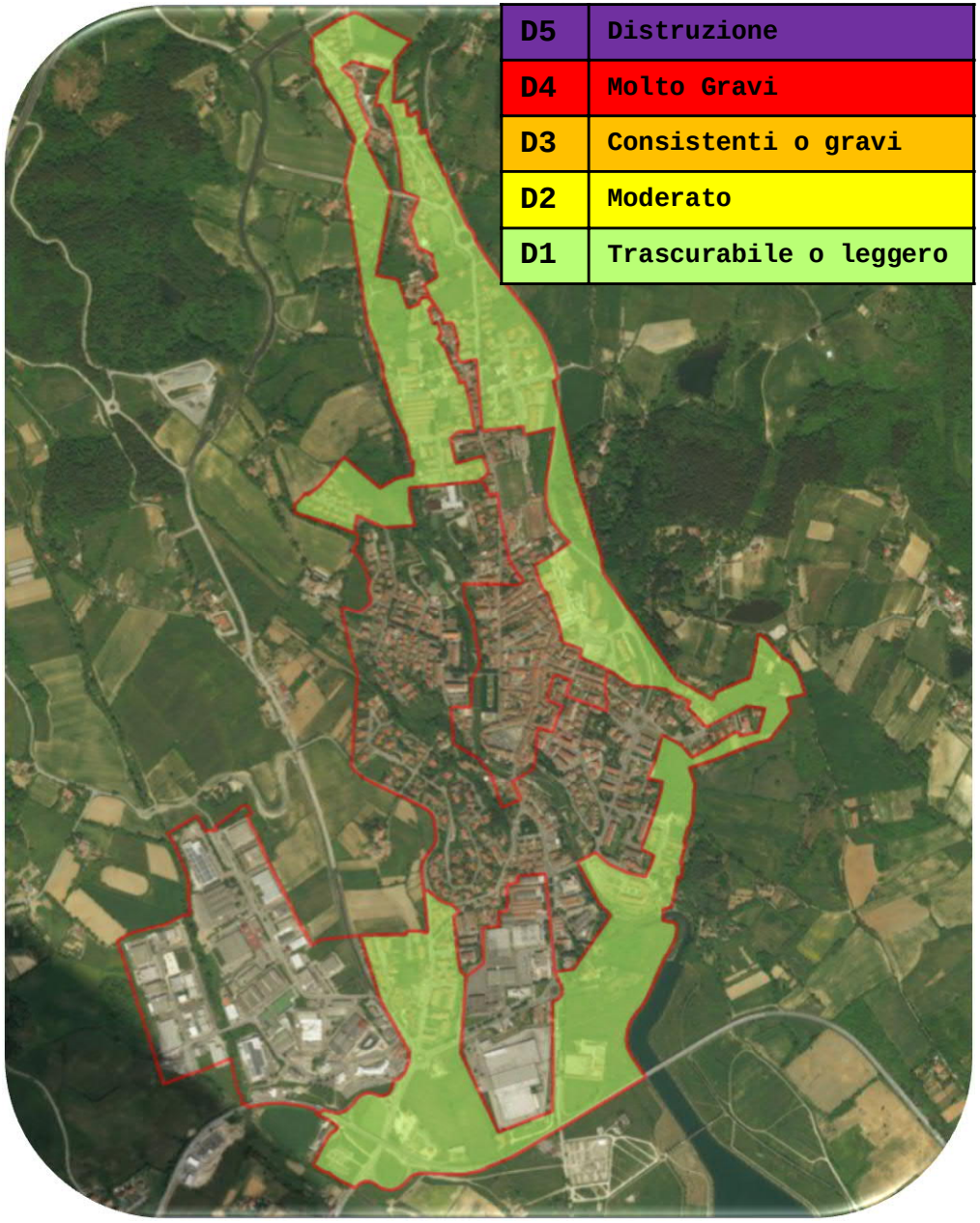
TCA 15

- Periodo: 1996-2008

E. Del Monte

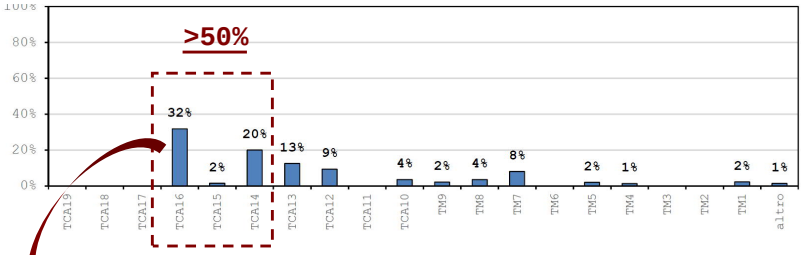
FASE 5: SCENARI DI DANNO

Comparto 3: Espansione 2 °



D5	Distruzione
D4	Molto Gravi
D3	Consistenti o gravi
D2	Moderato
D1	Trascurabile o leggero

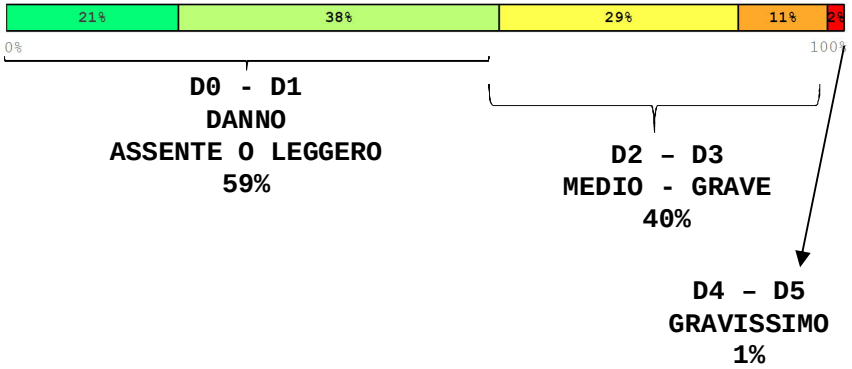
Tipologie edilizie



TCA 15

- Periodo: 1996-2008

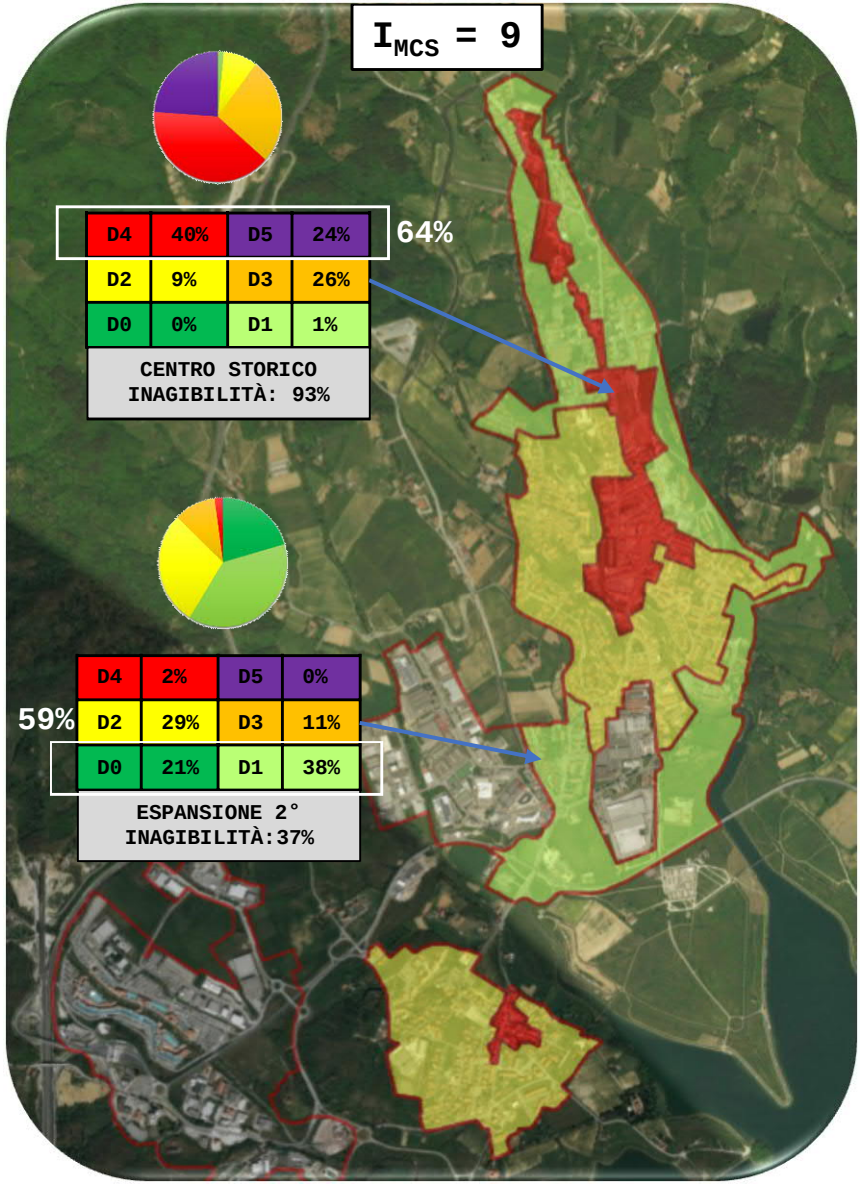
Distribuzione del danno nel comparto

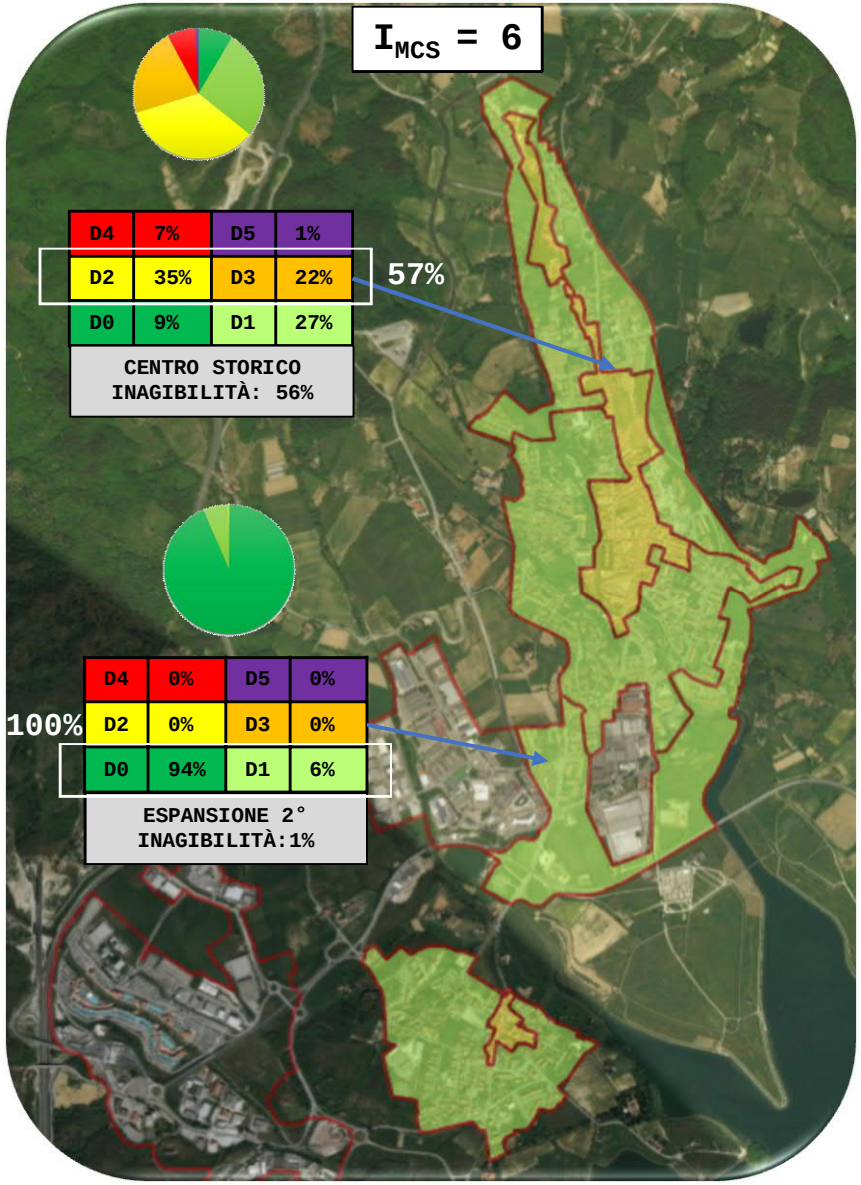


E. Del Monte

FASE 5: SCENARI DI DANNO

Barberino di Mugello





E. Del Monte

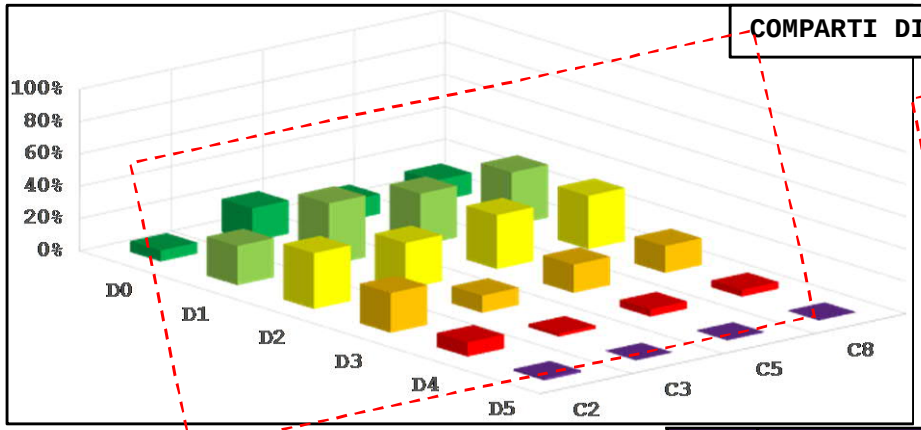
FASE 5: SCENARI DI DANNO

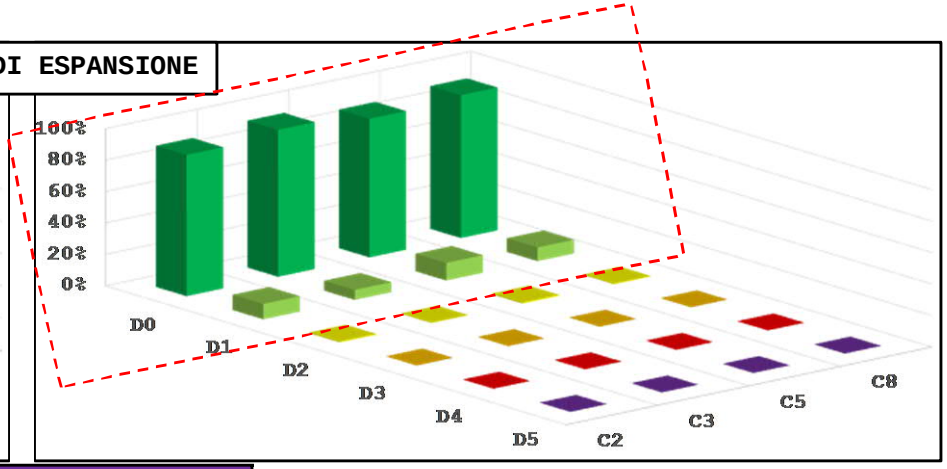
Barberino di Mugello

I_{MCS} = 9

I_{MCS} = 6

COMPARTI DI ESPANSIONE



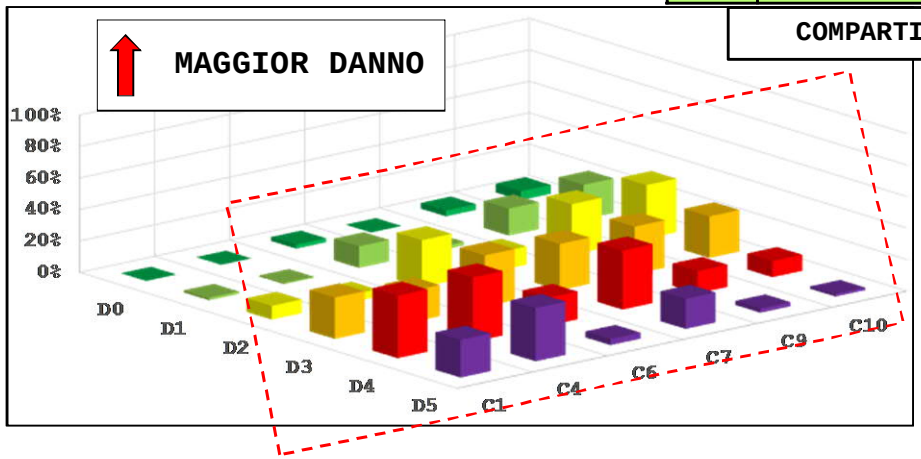


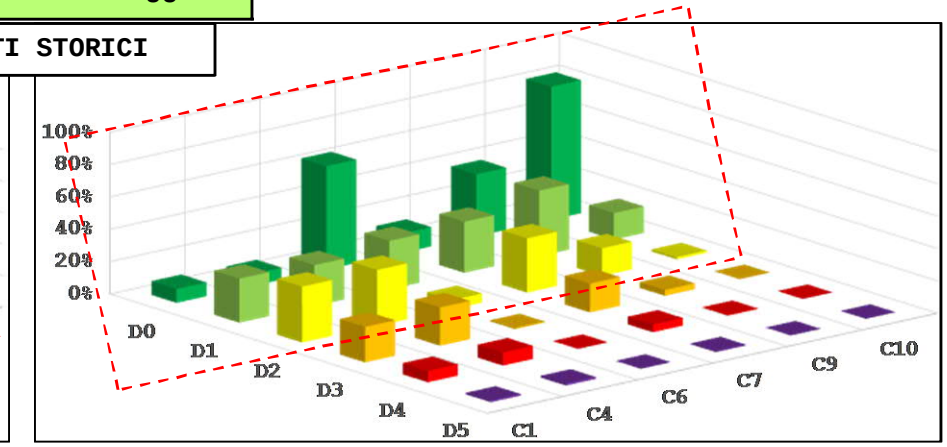
D5	Distruzione
D4	Molto Gravi
D3	Consistenti o gravi
D2	Moderato
D1	Trascurabile o leggero

I_{MCS} = 9

I_{MCS} = 6

COMPARTI STORICI



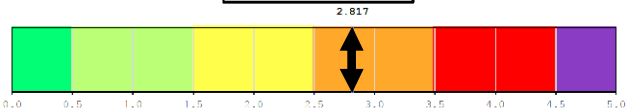


E. Del Monte

FASE 5: SCENARI DI DANNO

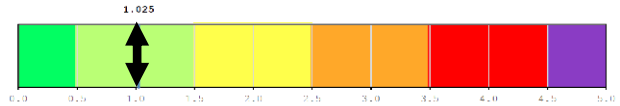
Barberino di Mugello

$I_{MCS} = 9$

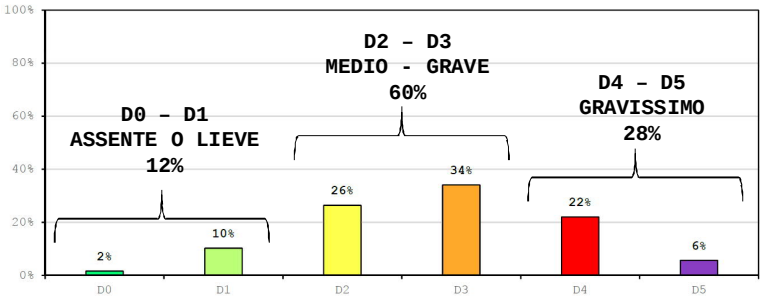


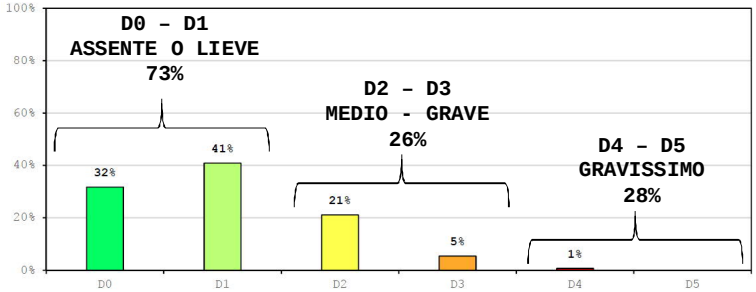
Danno medio del Comune

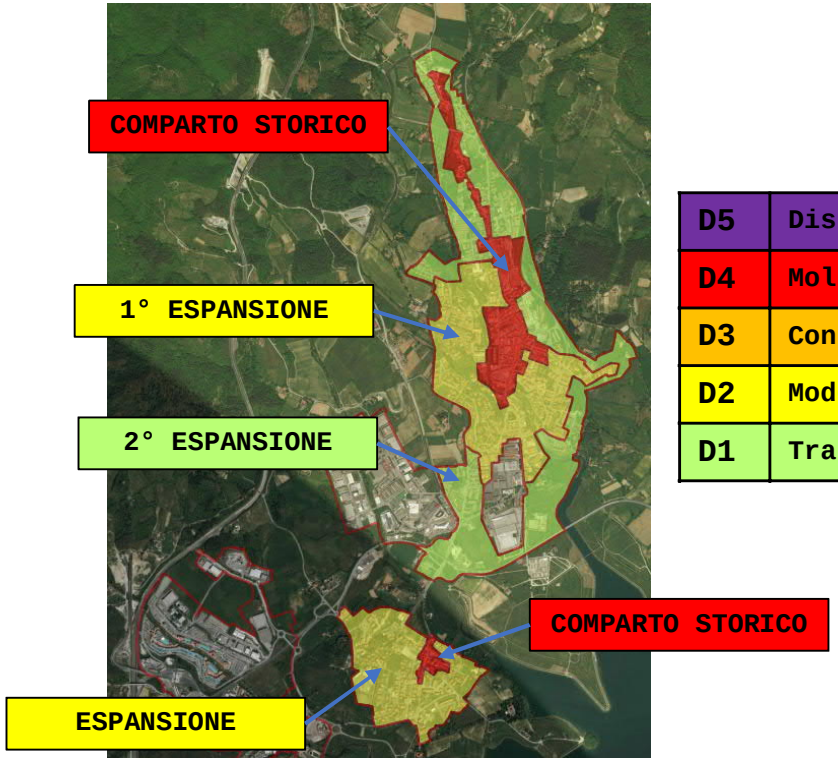
$I_{MCS} = 6$



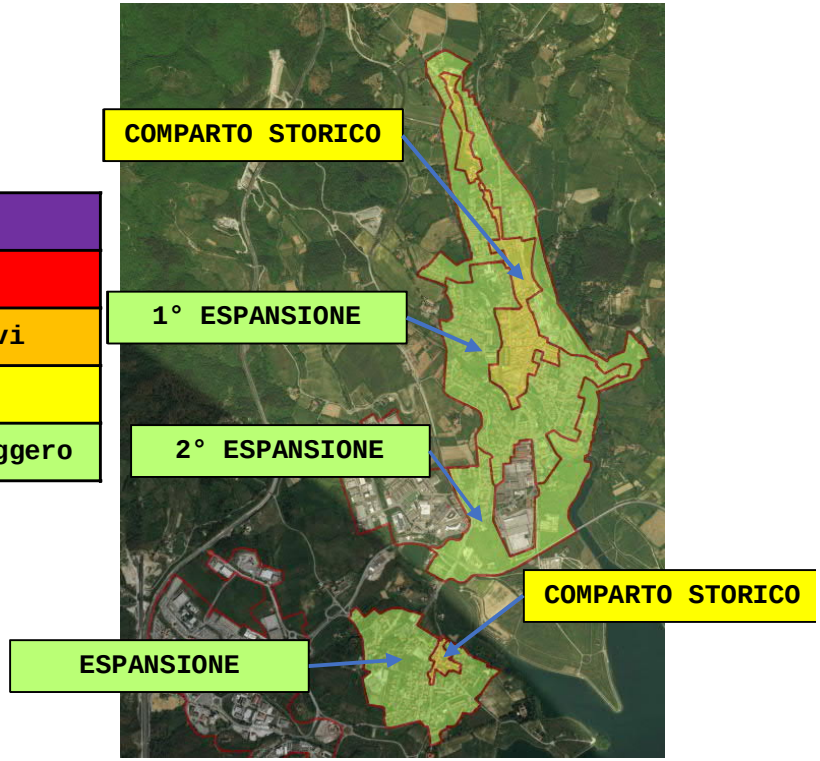
Distribuzione del danno nel Comune







D5	Distruzione
D4	Molto Gravi
D3	Consistenti o gravi
D2	Moderato
D1	Trascurabile o leggero



E. Del Monte

CONCLUSIONI

Attività in corso

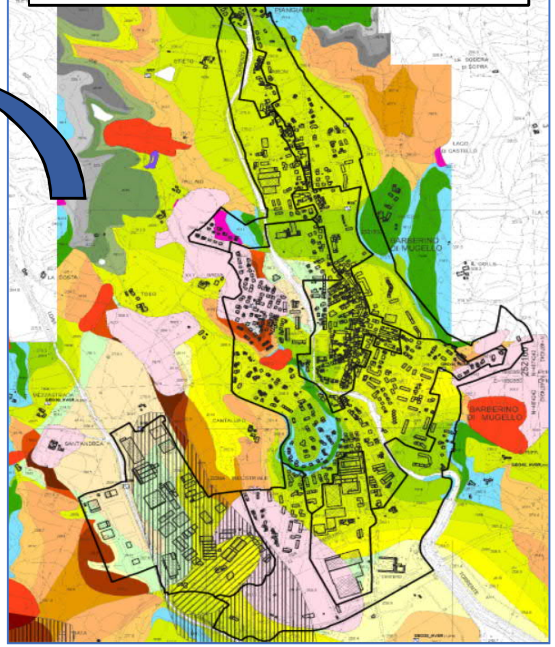
$a_g(T_R)$

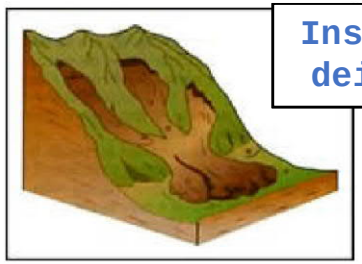
PGA

I_{MCS}

VULNERABILITÀ

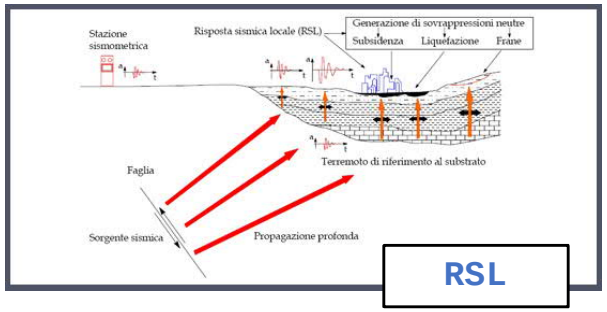
Mappe di Microzonazione sismica





Instabilità dei pendii

Liquefazione



RSL

- ✓ Danno e costi ric.
- ✓ Edifici inagibili
- ✓ Vittime e feriti

E. Del Monte

Regione Toscana

Settore Sismica
Prevenzione Sismica

LA PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO E GLI STUDI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL MUGELLO

«Studi di vulnerabilità sismica a scala urbana nell'ambito del nuovo Piano strutturale intercomunale del Mugello»

E.Del Monte, A.Borghini, S.Boschi, F.Cursi,
F.Nicchi, V.Nistri, G.Pandi, R.Rossi, A.Vignoli

S2R SEISMIC RISK REDUCTION
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

WWW.S2R-SISMOSAFE.IT

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

FIRENZE, 23 SETTEMBRE 2019
CENACOLO DI SANT'APOLLONIA, VIA SAN GALLO 25/A