

*Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali
Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile*

**FERRARA FIERE
SALONE INTERNAZIONALE DEL RESTAURO DEI MUSEI E DELLE IMPRESE CULTURALI
XXVI EDIZIONE**

2° LOCAL FOCUS GROUP

**L'ANALISI DELLA VULNERABILITÀ DEL PATRIMONIO CULTURALE
NELL'AMBITO DEL PROGETTO INTERREG
CENTRAL EUROPE PROTECHT2SAVE**

Programma nazionale di soccorso per il rischio sismico e scenari di emergenza

Arch. Laura Moro – Ing. Antonio Beniamino Costantino

**FERRARA
18 ottobre 2019**

Sommario

- Il programma nazionale di soccorso rischio sismico
- Una proposta di coordinamento interistituzionale
- Gli scenari sismici in emergenza
- Applicazioni specialistiche:

Moka Programma nazionale di soccorso rischio sismico

(Moka PNSRS) *Sviluppato in Agenzia, Galluccio, Costantino*

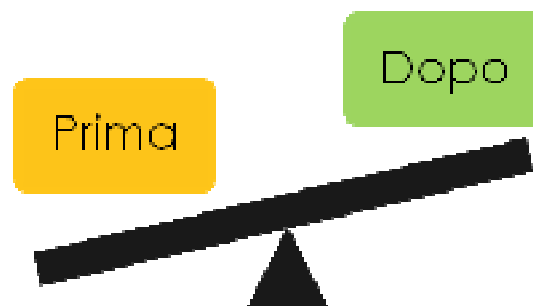
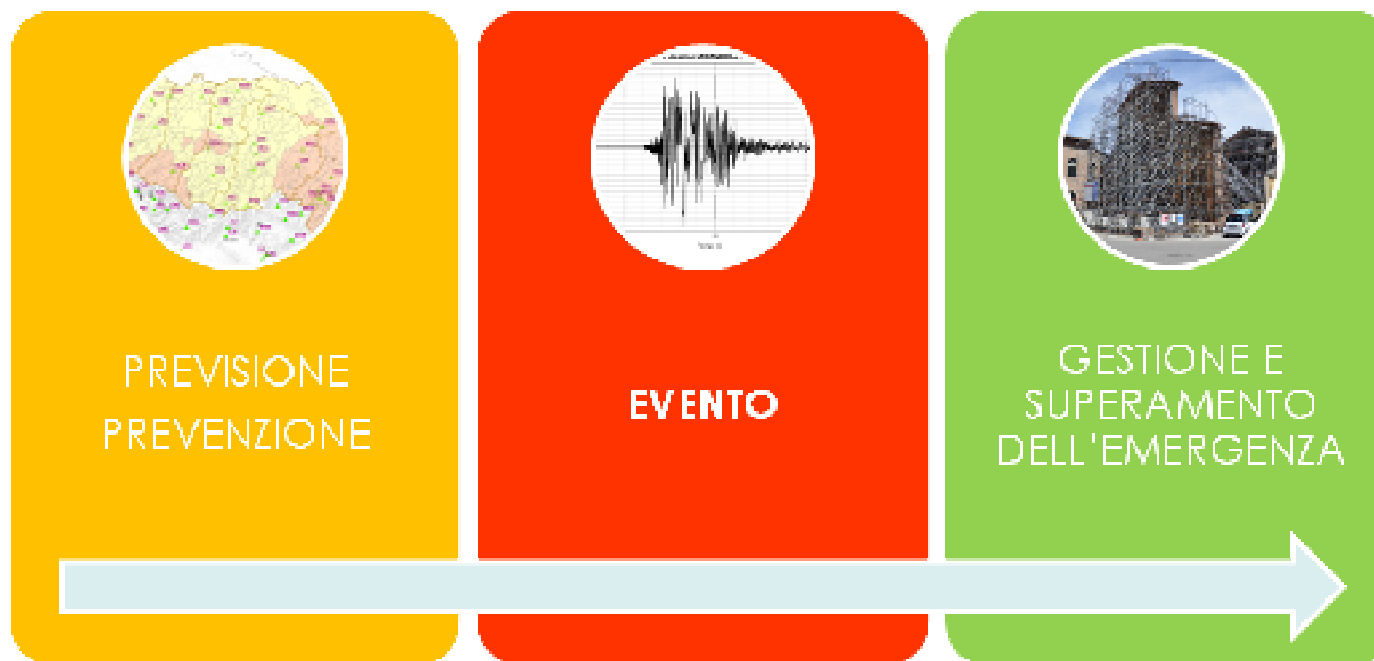
Ground Motion Analysis Toolbox (GMAToolbox)

Sviluppato in convenzione da CIRI-Agenzia, Mazzotti e altri

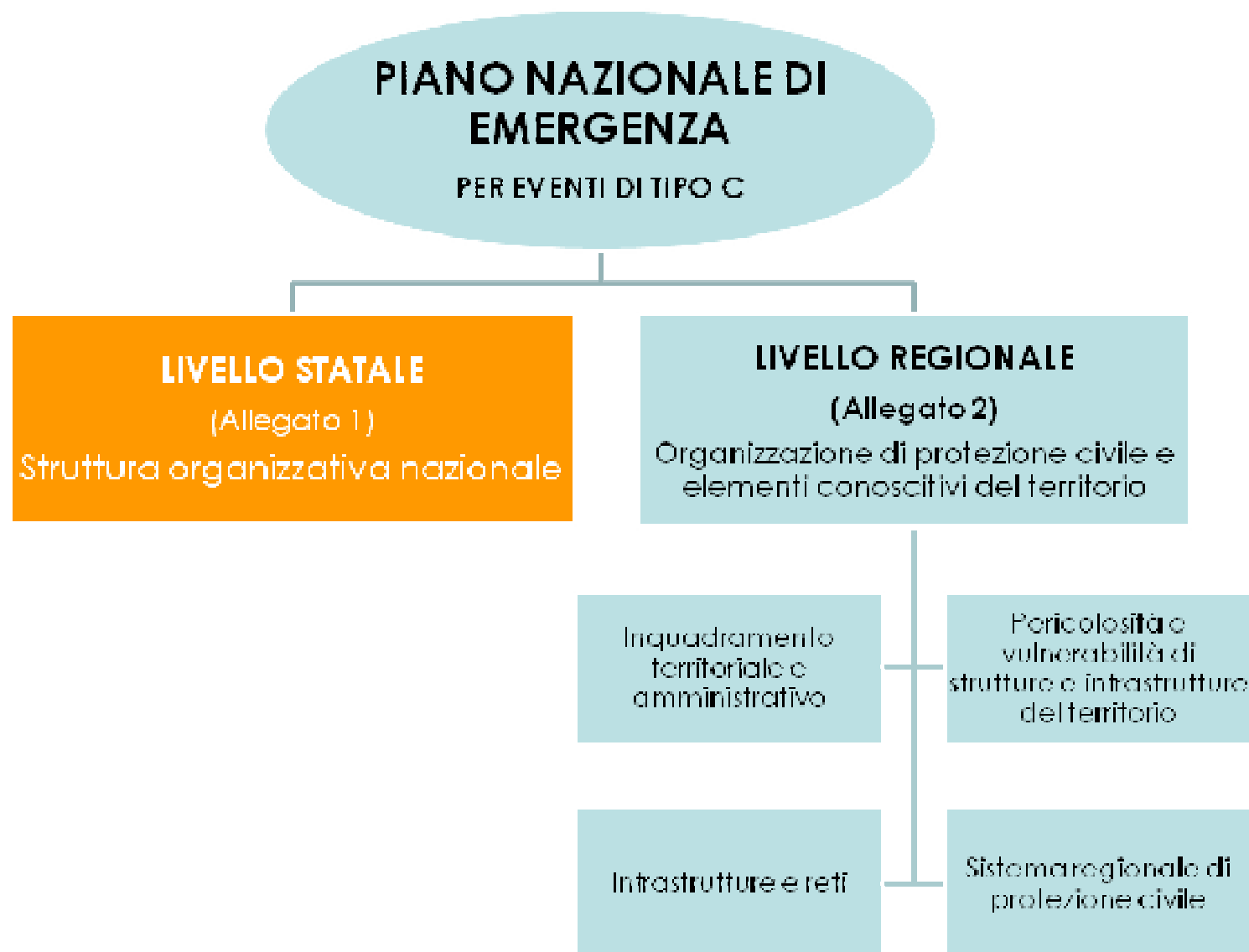
Non-structural components loss estimation toolbox (NSC-EAL)

Sviluppato in convenzione da UNIFE-Agenzia, Tralli e altri

Essere pronti all'emergenza



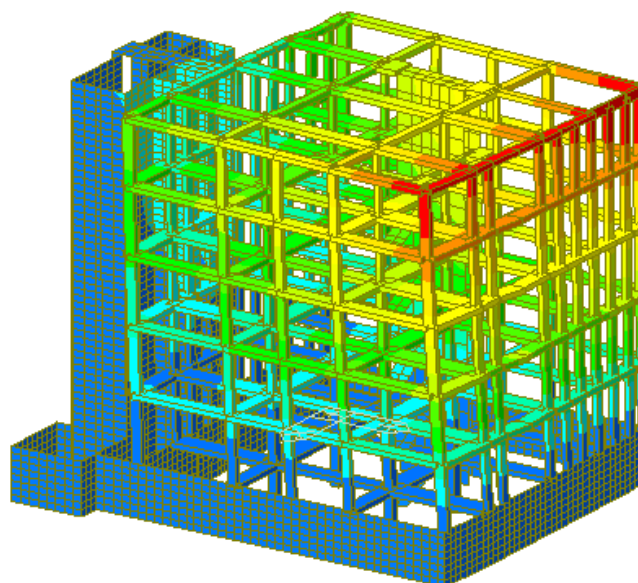
Principali contenuti dell'allegato 2



4 ELEMENTI CONOSCITIVI - SISTEMA REGIONALE DI PROTEZIONE CIVILE | 4.5 INDIVIDUAZIONE DEI CENTRI PER IL COORDINAMENTO



Sede DICOMAC di PARMA



midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

5	-7.8189e-002
5	-2.5626e-002
4	-7.3064e-002
4	-2.0501e-002
3	-6.7939e-002
3	-1.5376e-002
2	-6.2813e-002
2	-1.0251e-002
1	-5.7688e-002
1	-0.5125e-002
5	-2.5626e-003
0	0.00000e+000

NATURALPERIOD=
6.469E-001

MODE 1

MAX : 329
MIN : 1

UNIT: kN,m

VIEW-DIRECTION

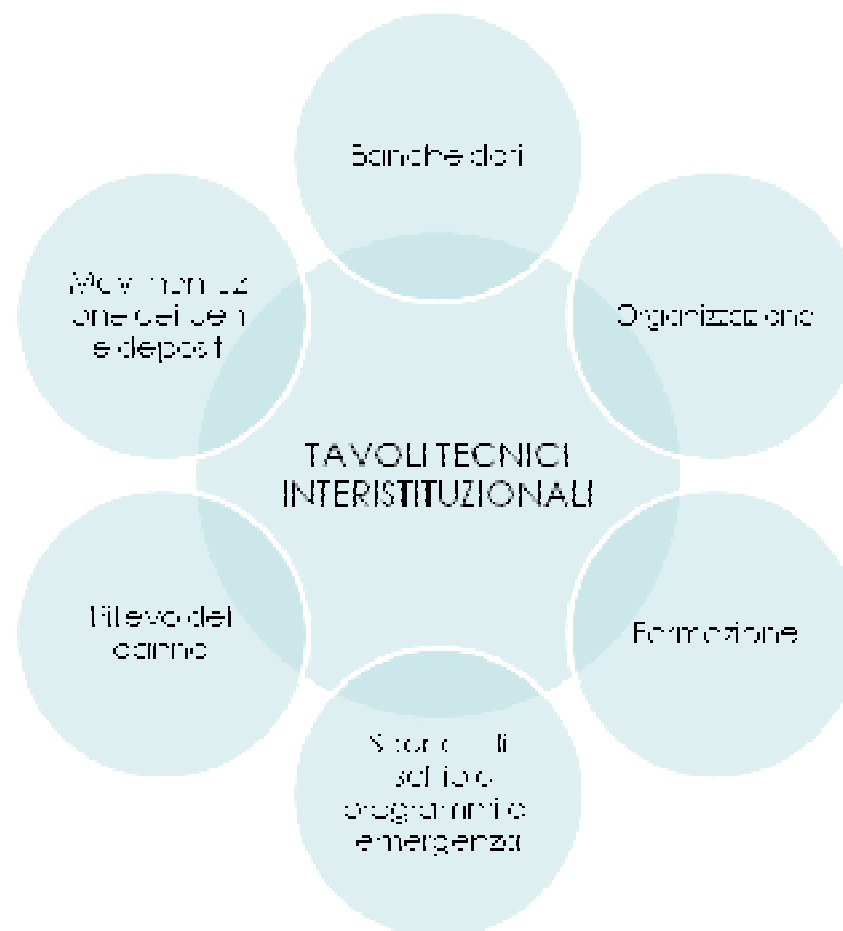
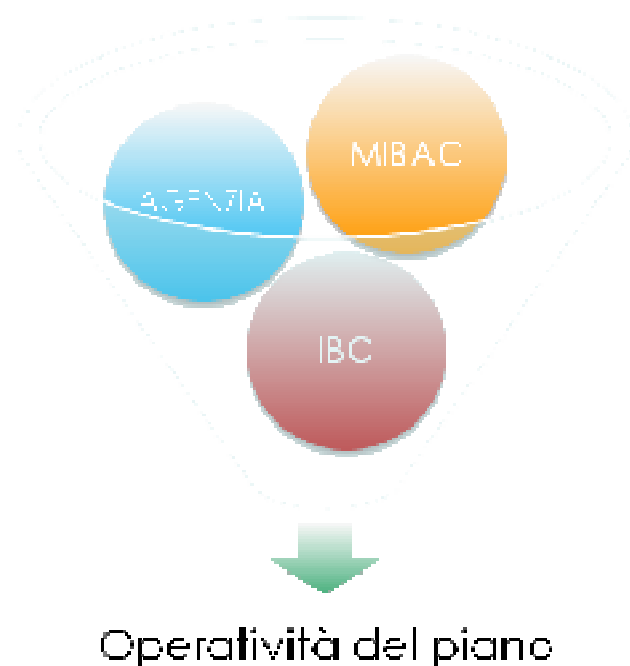
X: 0.788

Y: 0.512

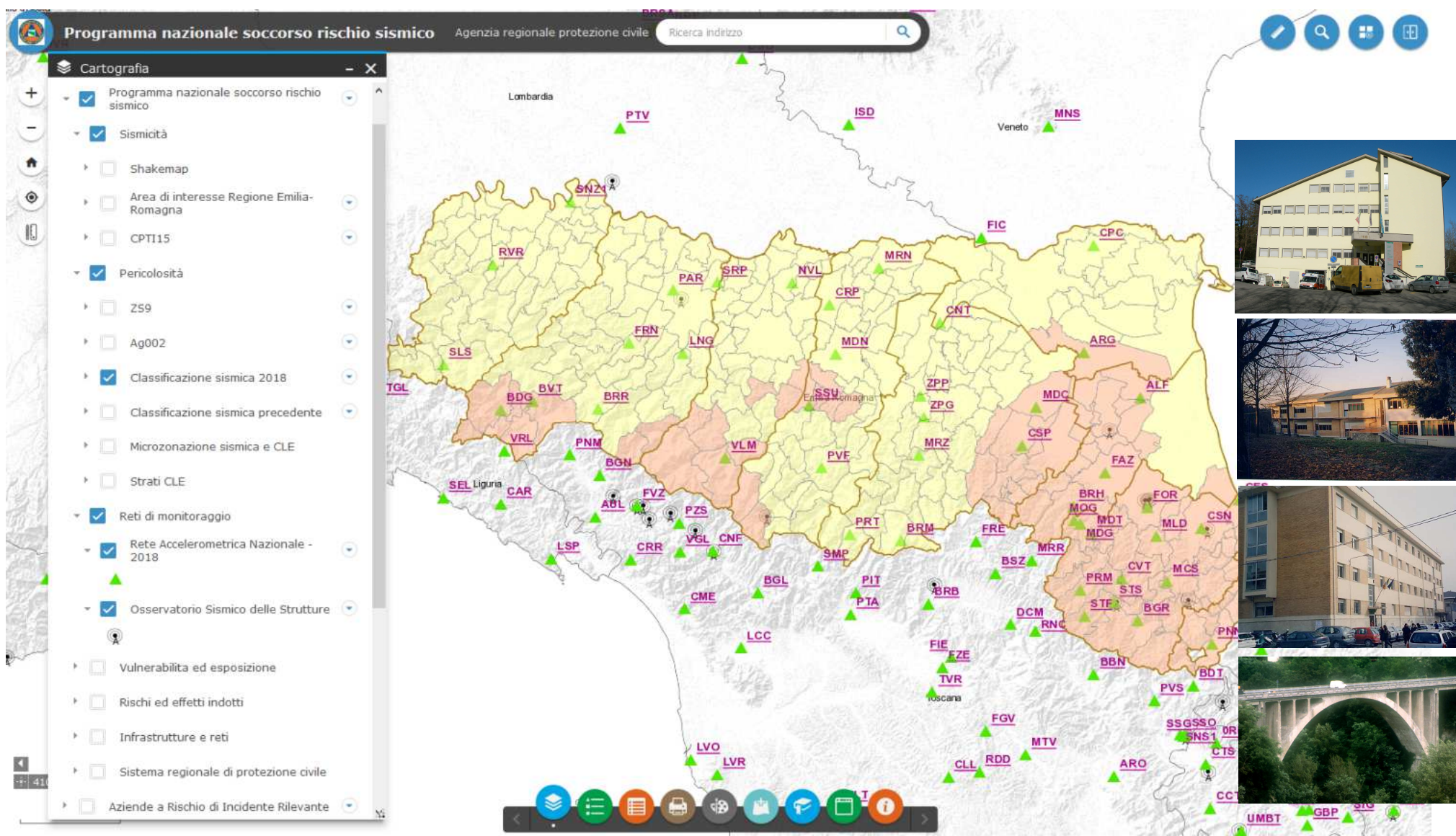
Z: 0.342



Proposta di coordinamento interistituzionale

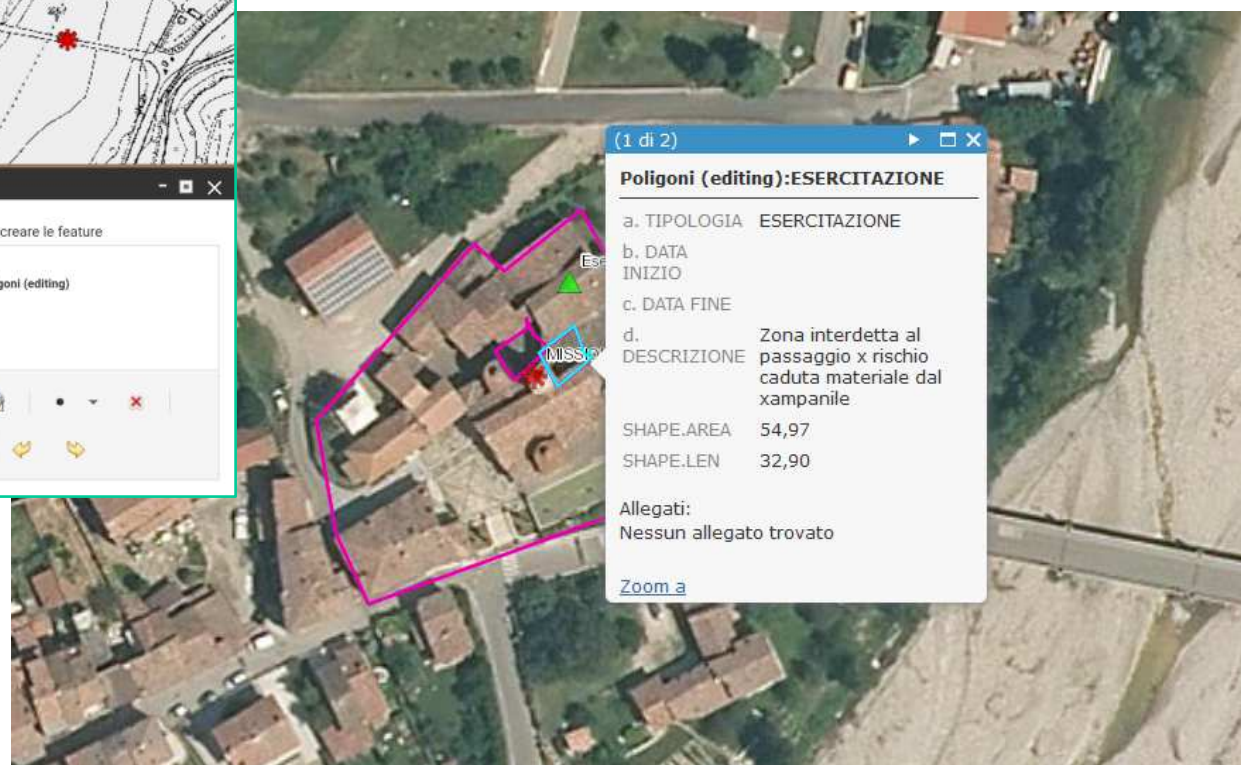
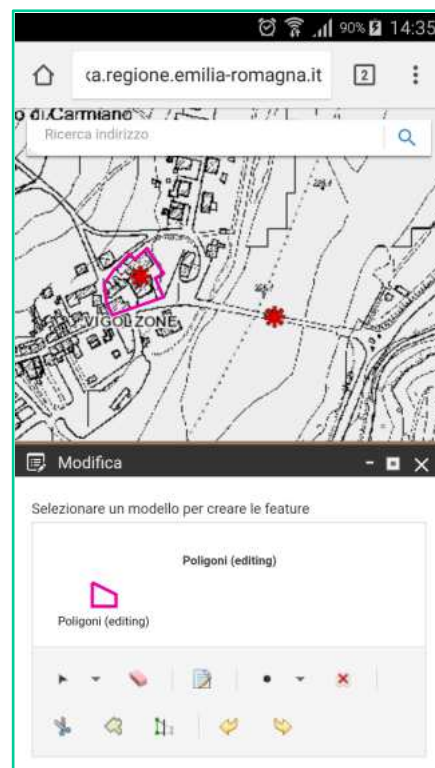
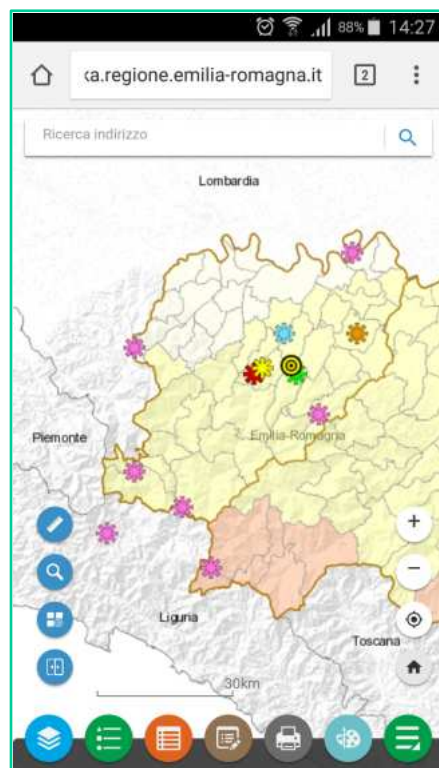


«Protezione civile - Programma nazionale soccorso rischio sismico»



Supporto in fase di sopralluoghi

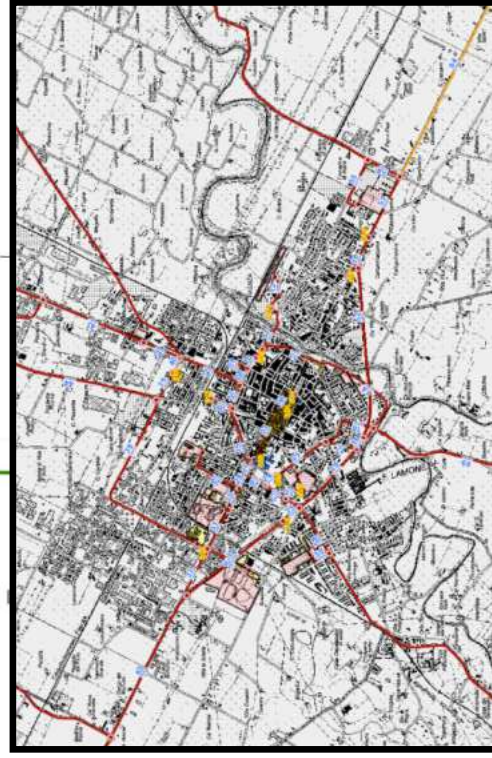
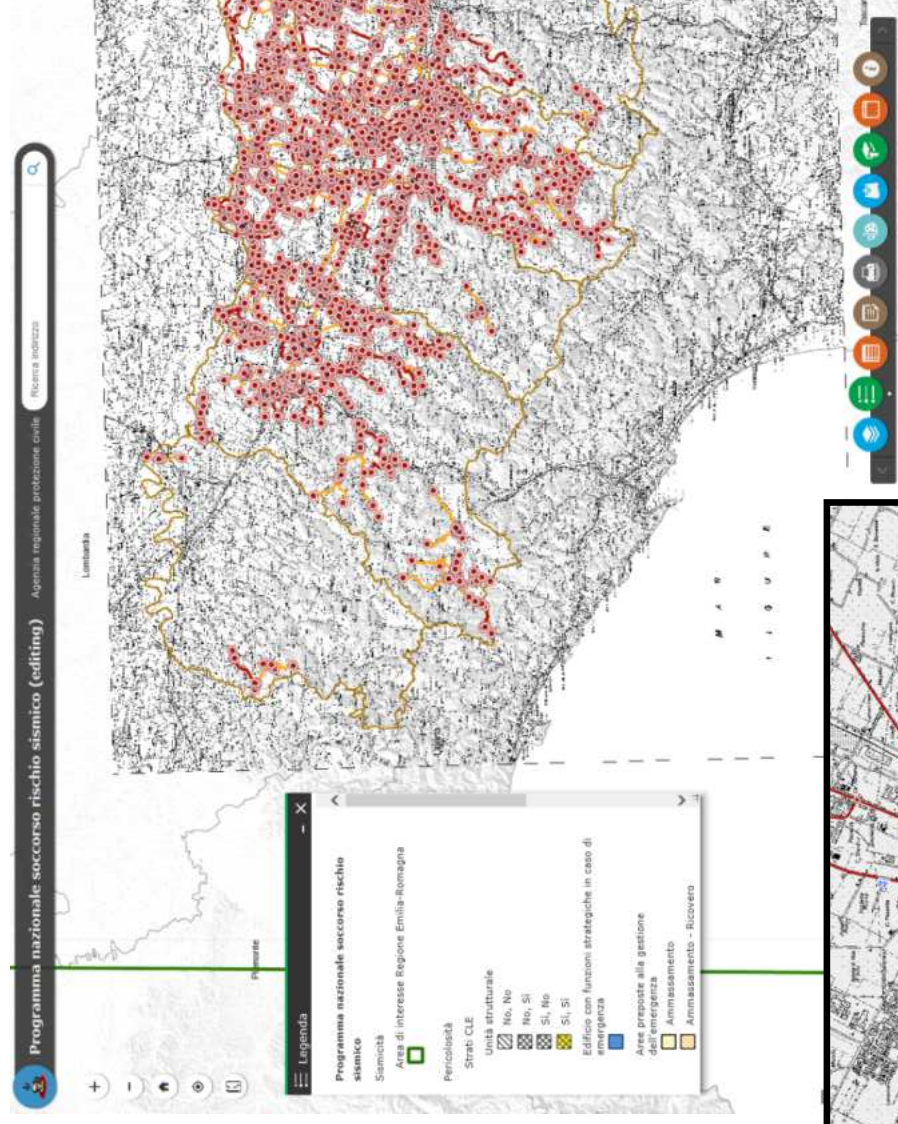
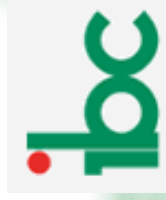
Test esercitazione rischio sismico Val Nure (PC) - 26 maggio 2018



Riscontro immediato dell'esito del sopralluogo presso il Centro Coordinamento Soccorsi



Regione Emilia-Romagna



La area di interesse del Comune di Ravenna, rilevata dal Piano di Protezione Civile, riguarda le zone di interesse del Piano di Protezione Civile, in base alle quali sono state definite le zone di interesse del Piano di Protezione Civile.

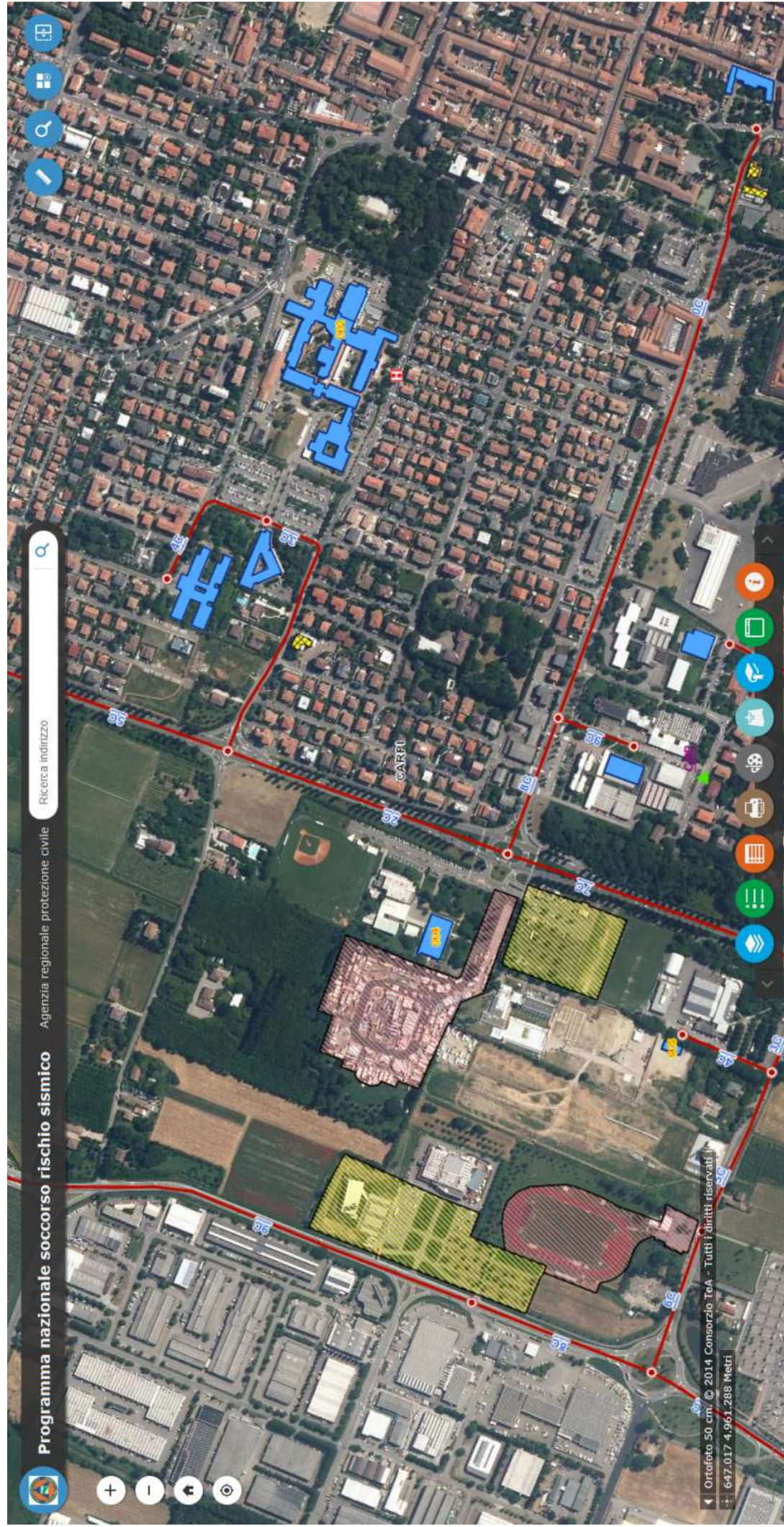
Tabella 1: Area di interesse AE (condivisa per livello AE)

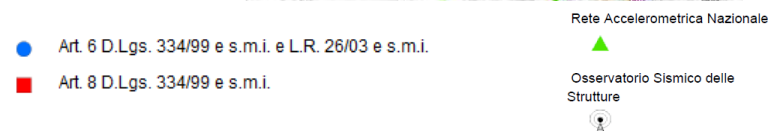
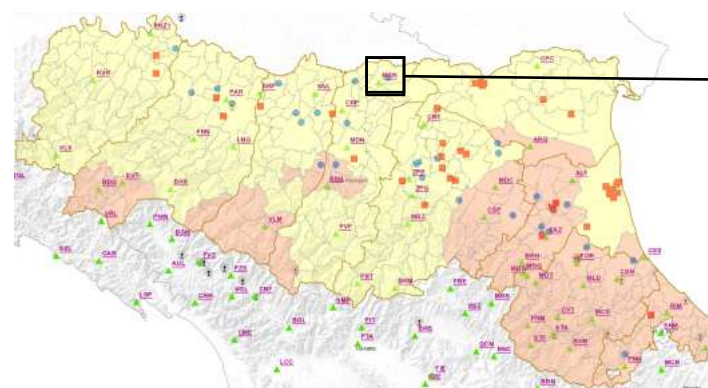
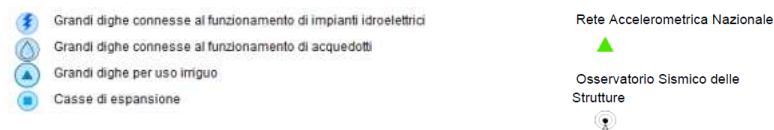
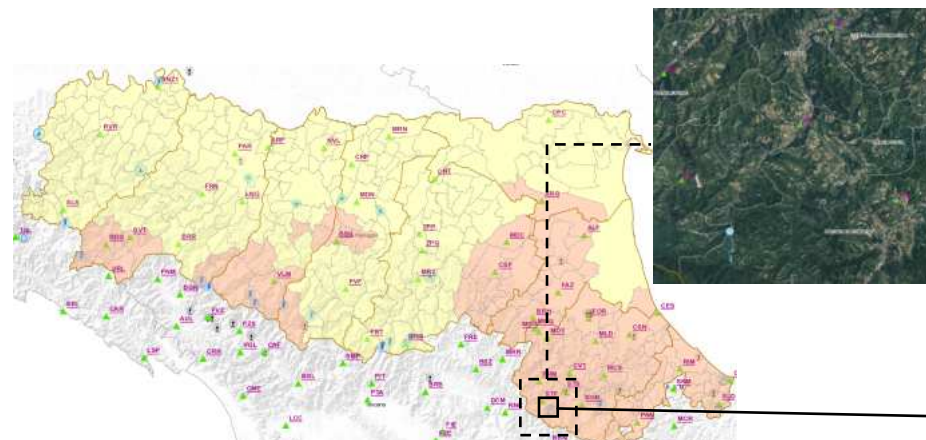
M Area	Tipo Area	Disseminazione Area	Localizzazione
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20



Regione Emilia-Romagna

ibc



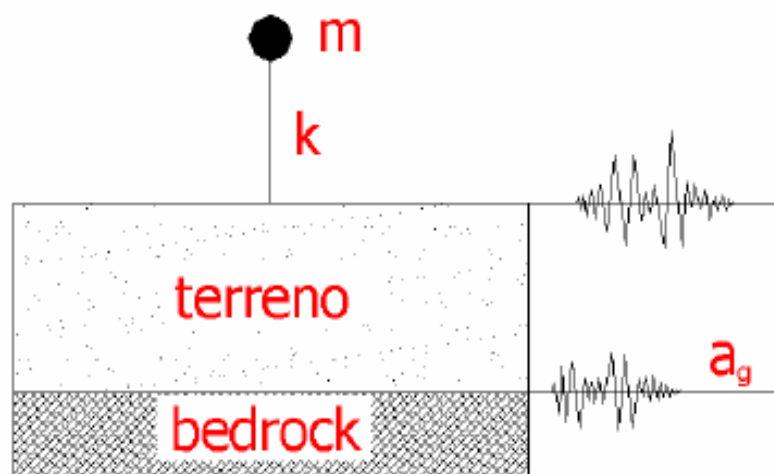


Elementi per la costruzione di uno scenario sismico:

- Individuazione di un'area colpita
- elementi esposti

I terremoti inducono vibrazioni nel suolo, le quali si trasmettono alle strutture sovrastanti col meccanismo degli spostamenti impressi

(C. Gavarini, *Dinamica delle strutture*, editoriale ESA, 1977)

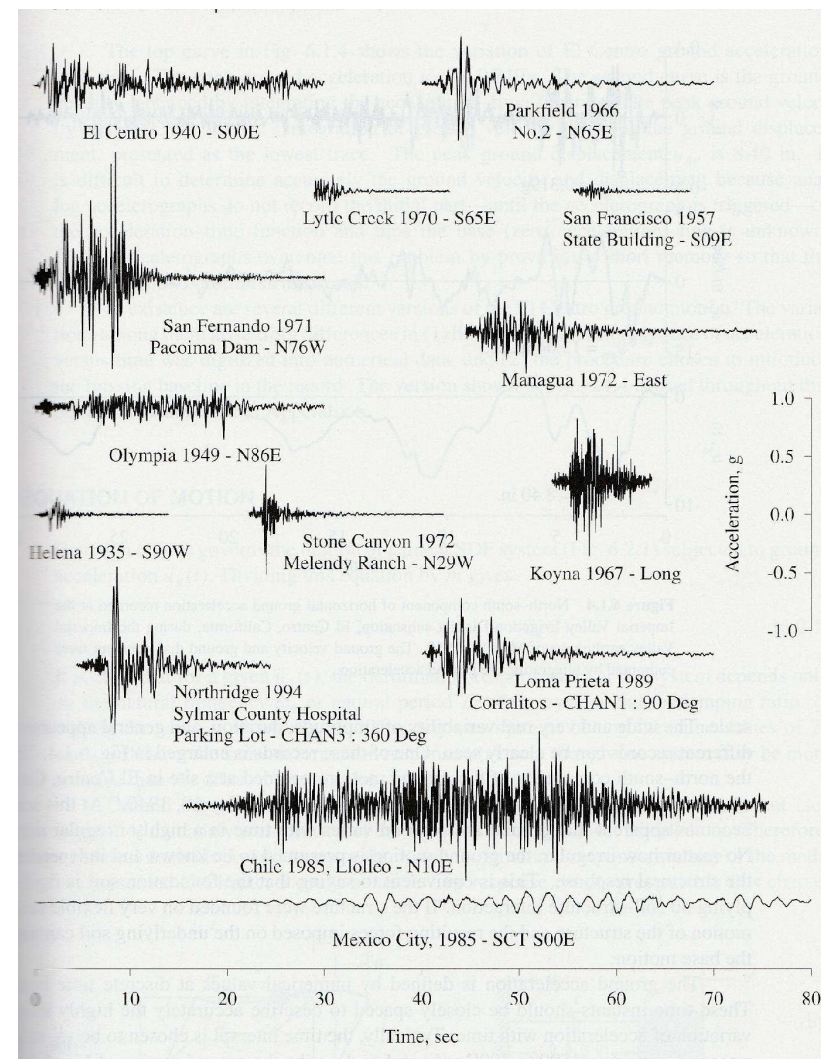


da *Criteri generali di progettazione antisismica*

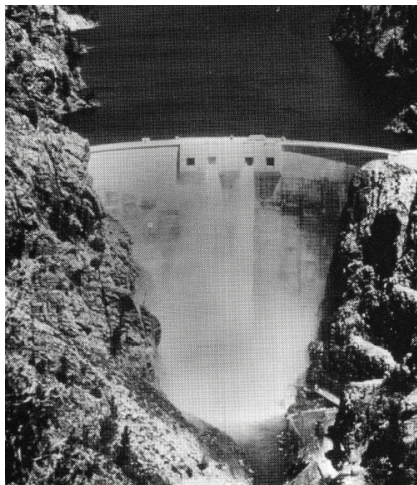
C. Ceccoli, T. Trombetti

corso *Ingegneria Antisismica* (Facoltà di Ingegneria Bologna)

presentazione del 23 aprile 2004



da **Anil Chopra**, *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*

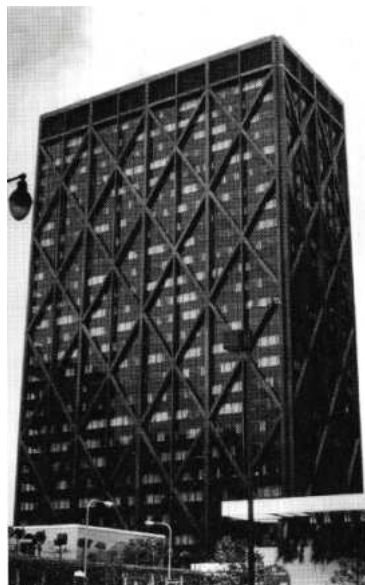


Morrow Point Dam, Colorado

Diga in calcestruzzo armato

$T = 0.268$ s (invaso parzialmente pieno)

0.303 s (invaso pieno)



Alcoa Building, San Francisco, California

Edificio in acciaio di 26 piani

$T = 1.67$ s (longitudinale), 2.21 s (trasversale),
 1.12 s (torsionale)



Torre della Ghirlandina, Modena, Italia

$T_1 = 1.35$ s, $T_2 = 1.18$ s

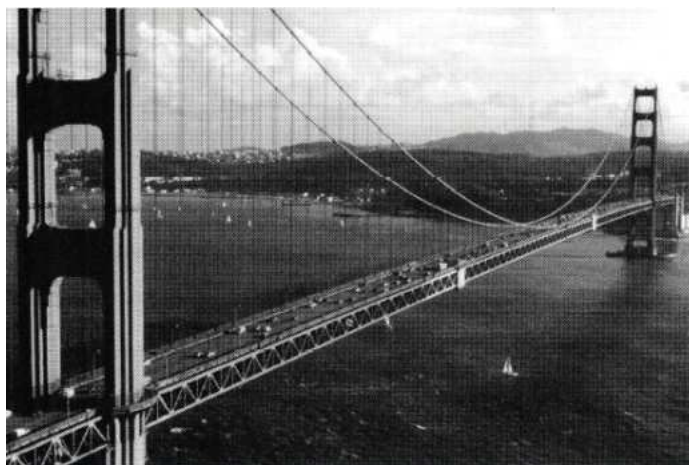
Dynamic identification and seismic behaviour of the Ghirlandina tower in Modena (Italy)
Di Tommaso e altri)

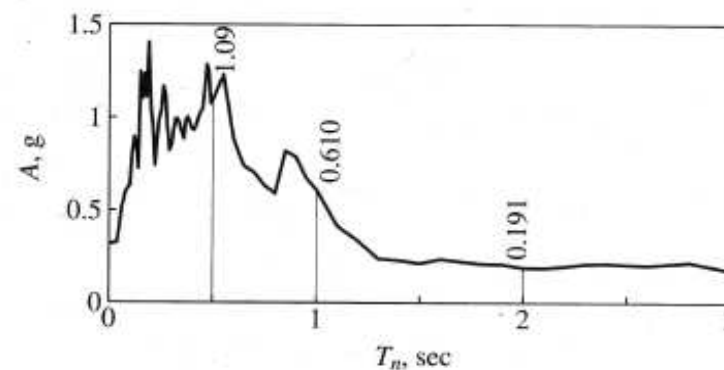
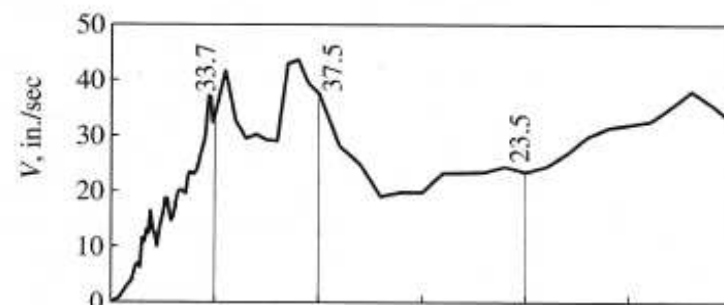
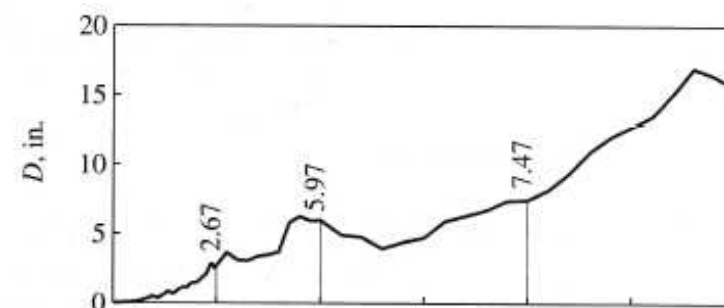
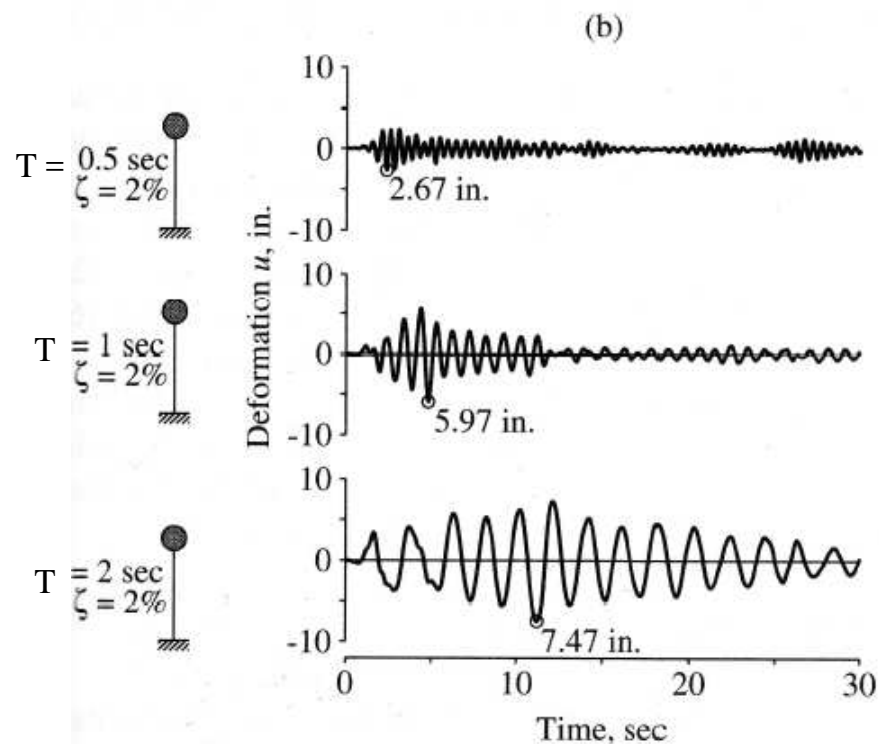
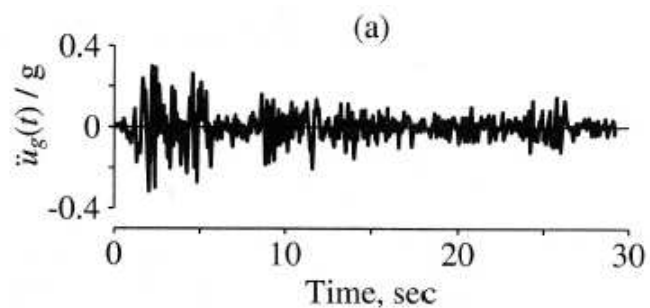
Golden Gate Bridge, San Francisco, California

Edificio in acciaio di 3 piani

$T = 3.81$ s (longitudinale),
 18.20 s (trasversale),

4.43 s (torsionale), 10.9 s
(verticale)



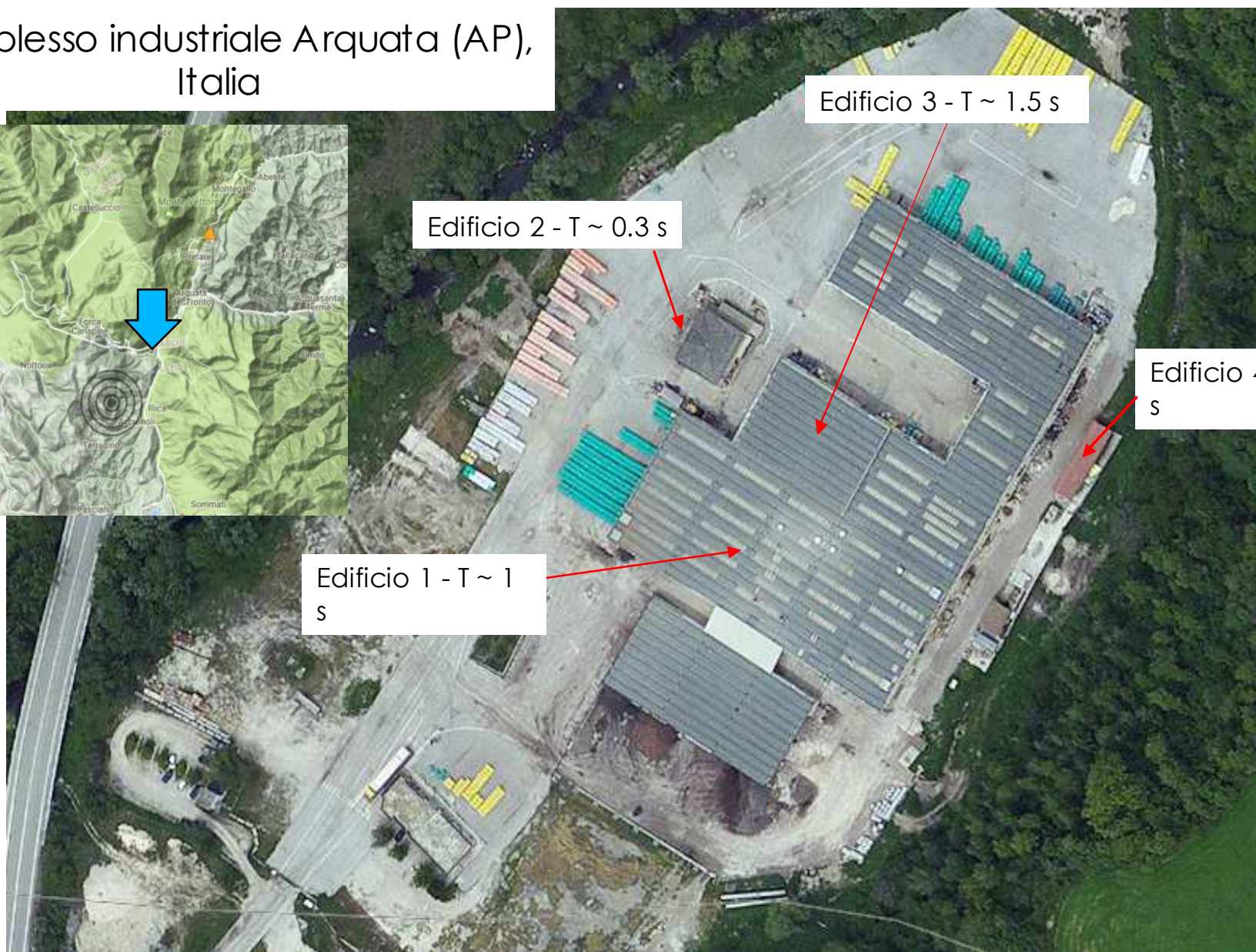
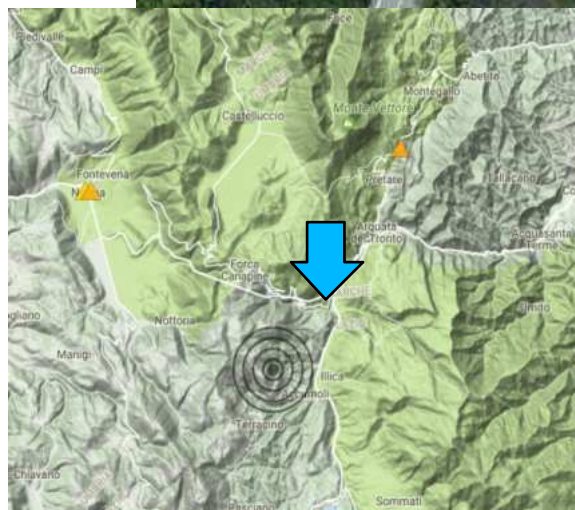


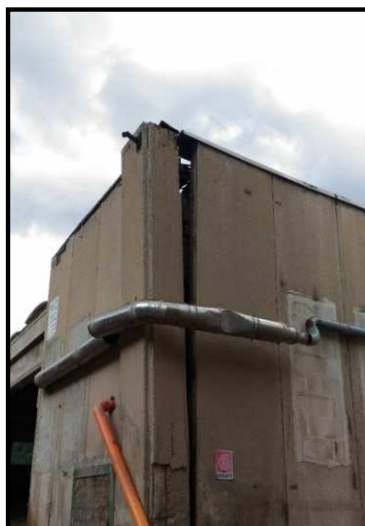
Frazioni di Montegallo (AP), Italia
dopo la scossa
del 24 agosto 2016



Esempi di costruzioni in muratura caratterizzate
da periodi di vibrare bassi

Complesso industriale Arquata (AP), Italia





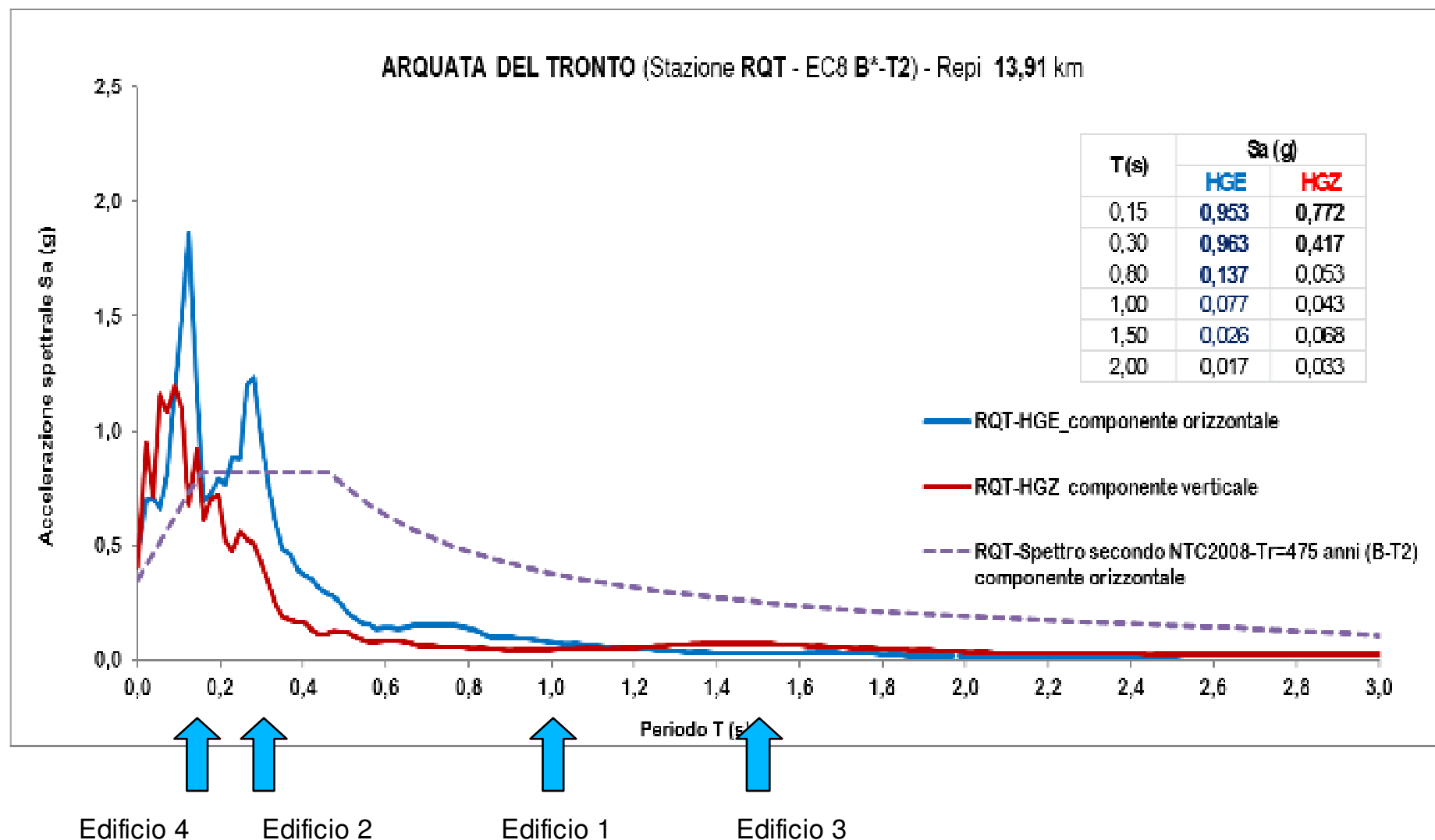
**Sopralluogo
del 4 settembre 2016**

Crisi sismica 2016 in Italia Centrale

Scossa principale del 24 agosto: ML 6.0 MW 6.2 DEPTH 8 Km

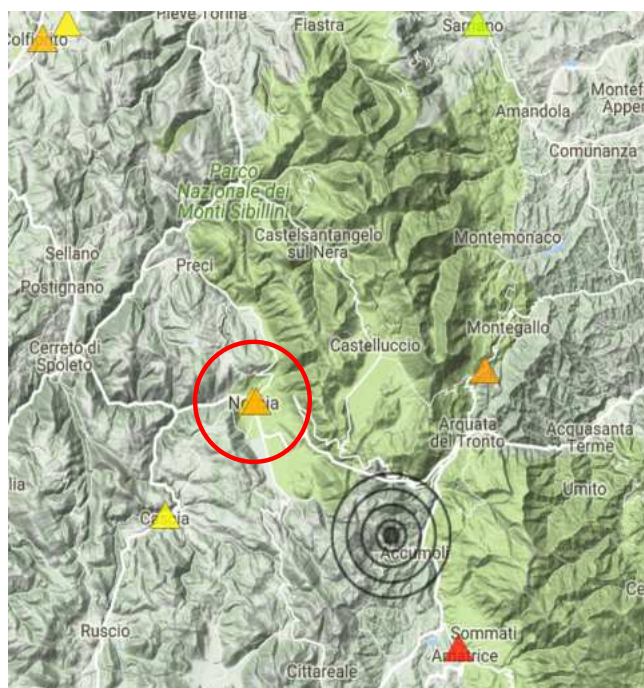
SPETTRI DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE

nella stazione di: RQT



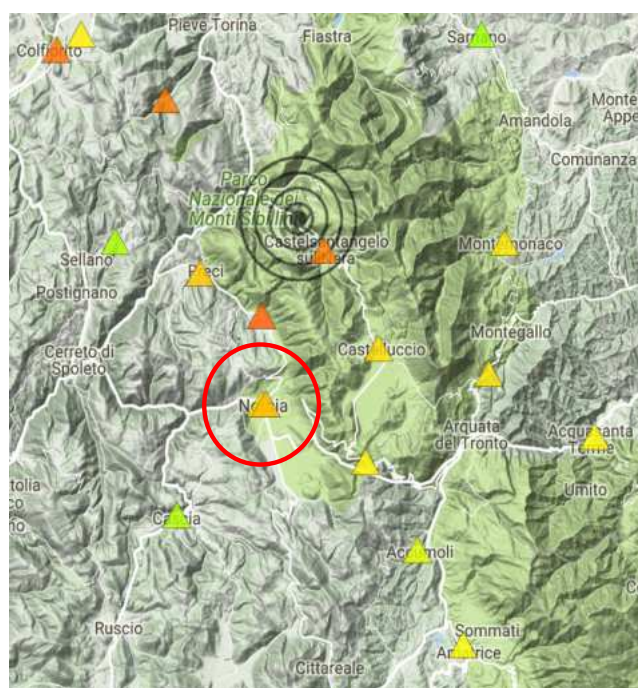
Norcia (PG), Italia

dal 24 agosto 2016 al 30 ottobre 2016



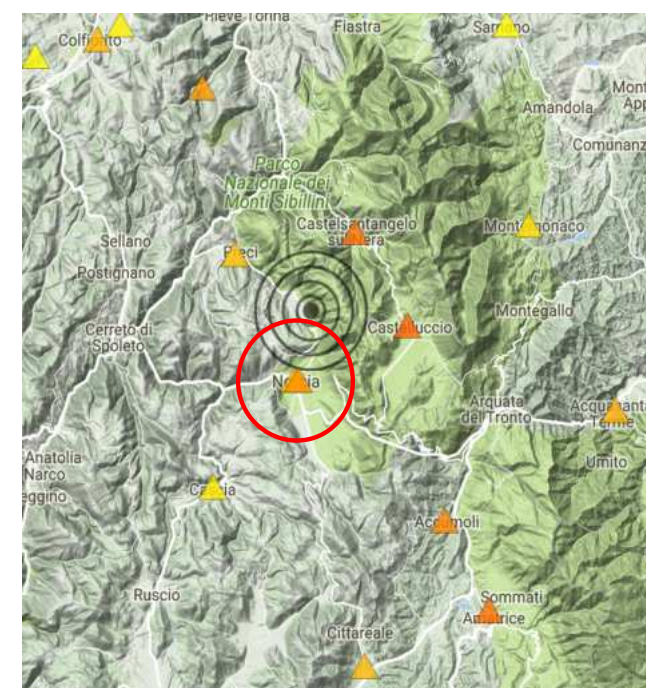
24 agosto 2016, 01:36:32

ML 6.0 DEPTH 8 Km



26 ottobre 2016, 19:18:05

ML 5.9 DEPTH 8,4 Km



30 ottobre 2016, 06:40:17

ML 6.1 DEPTH 10 Km

Centro storico di Norcia
dopo la scossa
del 24 agosto 2016



Basilica di San Benedetto

Palazzo comunale

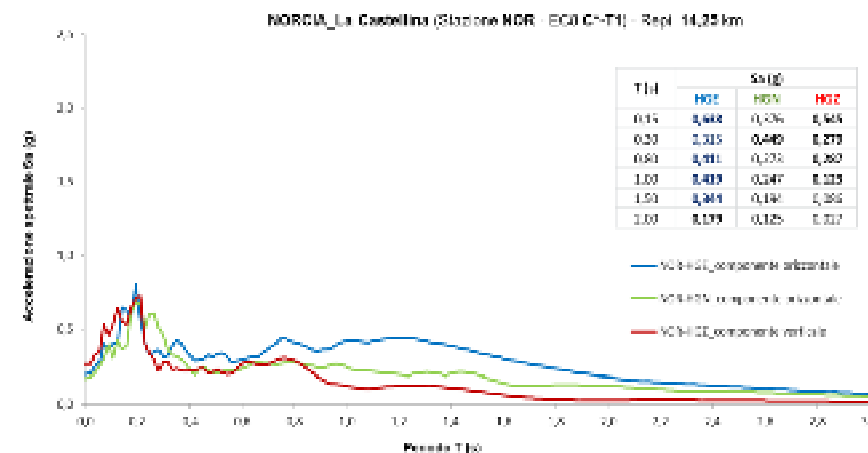
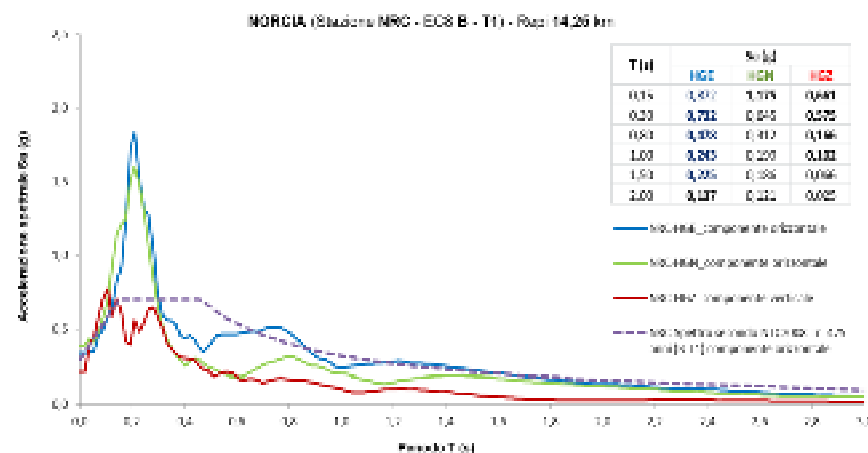
Torre civica

Palazzi in muratura con catene

Crisi sismica 2016 in Italia Centrale

Scossa principale del 24 agosto: ML 6.0 MW 6.2 DEPTH 8 Km

SPETTRI DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE nelle stazioni di: NRC - NOR



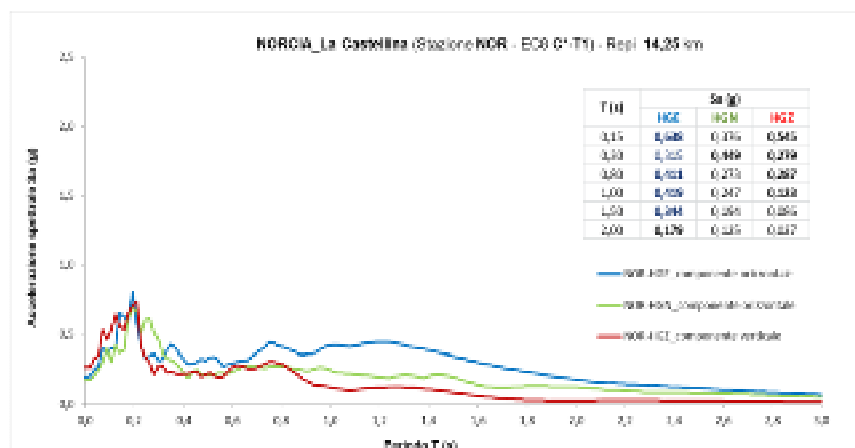
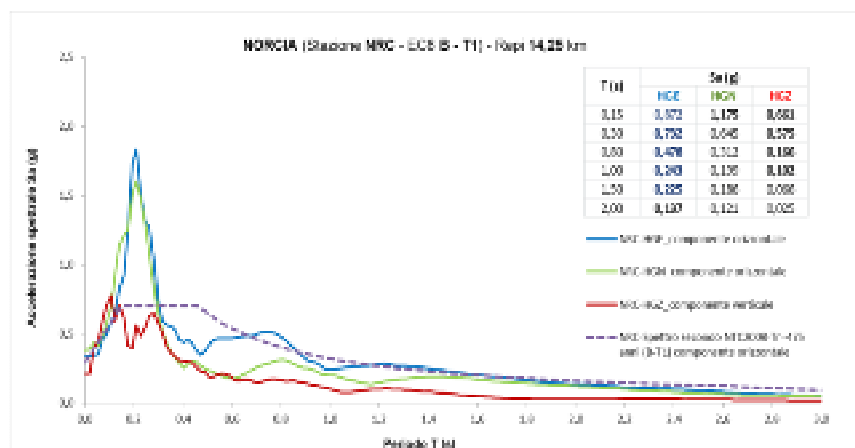
Centro storico di Norcia
dopo la scossa
del 26 ottobre 2016



Scossa del 24 agosto 01:36:32

ML 6.0 DEPTH 8 Km

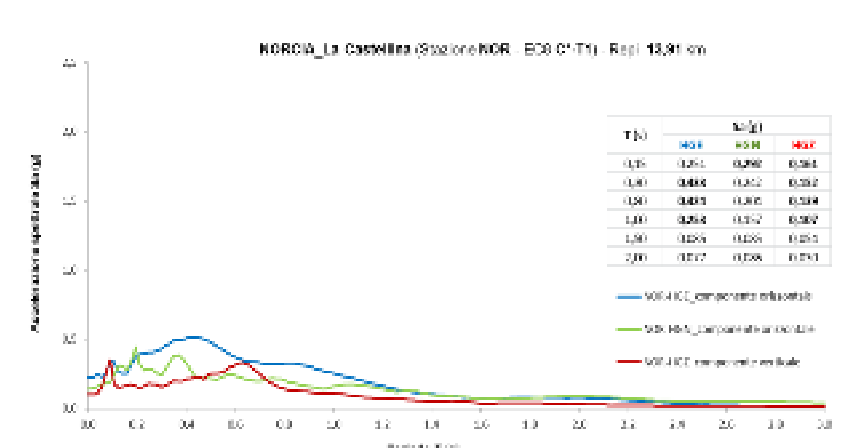
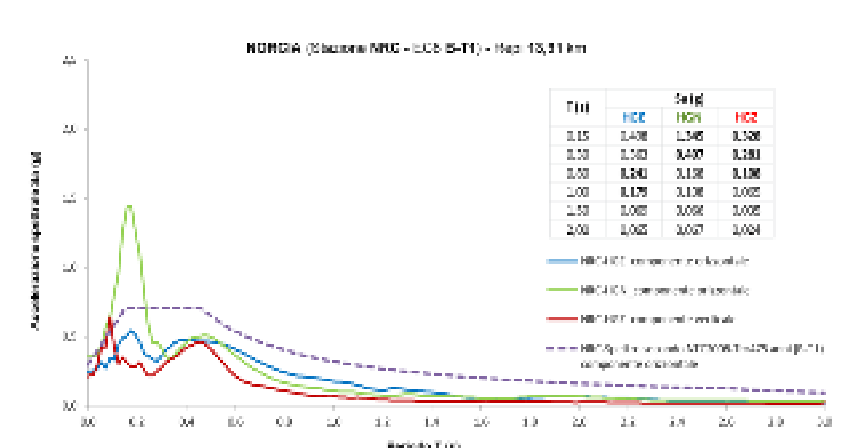
stazioni di: NRC - NOR



Scossa del 26 ottobre 19:18:05

ML 5.9 DEPTH 8,4 Km

stazioni di: NRC - NOR



Centro storico di Norcia
dopo la scossa
del 30 ottobre 2016



Basilica di San Benedetto in
gran parte crollata

Palazzo comunale

Torre civica – cella campanaria
danneggiata

Palazzi in muratura con catene

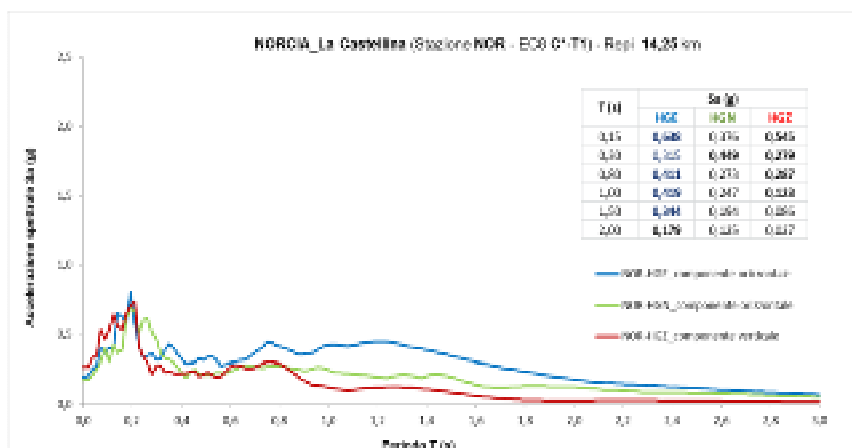
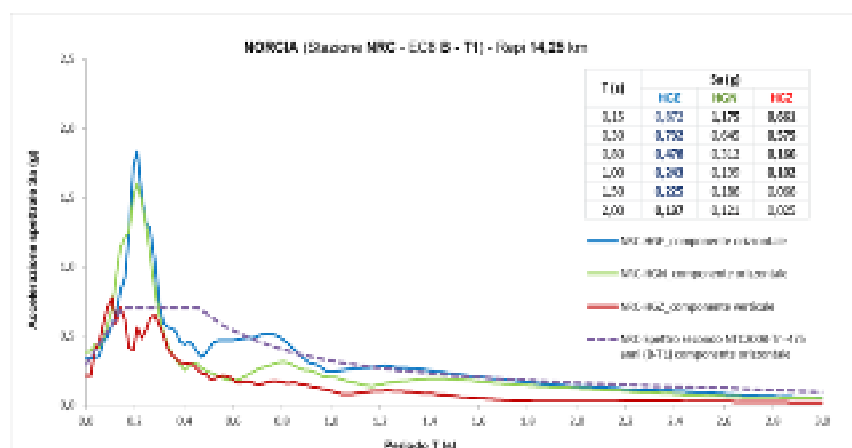


Regione Emilia-Romagna



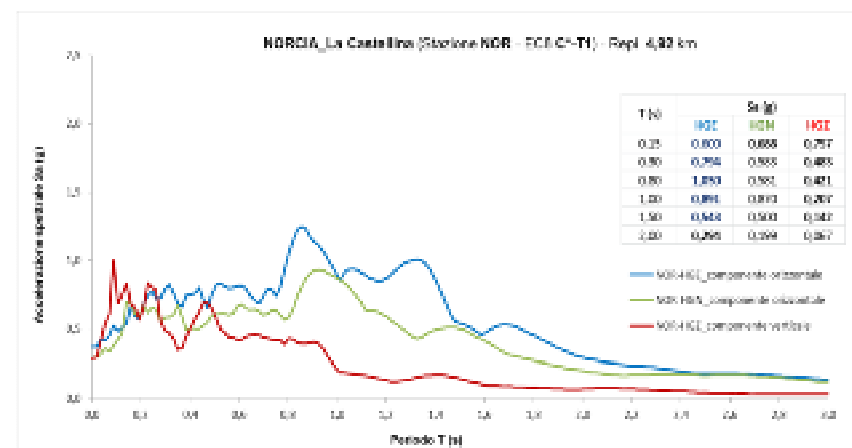
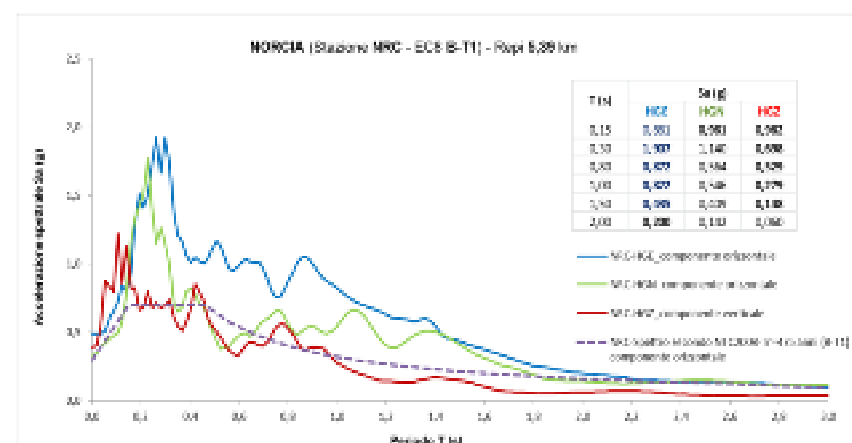
Scossa del 24 agosto 01:36:32

ML 6.0 DEPTH 8 Km
stazioni di: NRC - NOR



Scossa del 30 ottobre 06:40:17

ML 6.1 MW 6.5 DEPTH 10 Km
stazioni di: NRC - NOR



Dall'edificio alle UNITA' costruttive omogenee
per caratteristiche e criteri progettuali adottati

ad esempio:

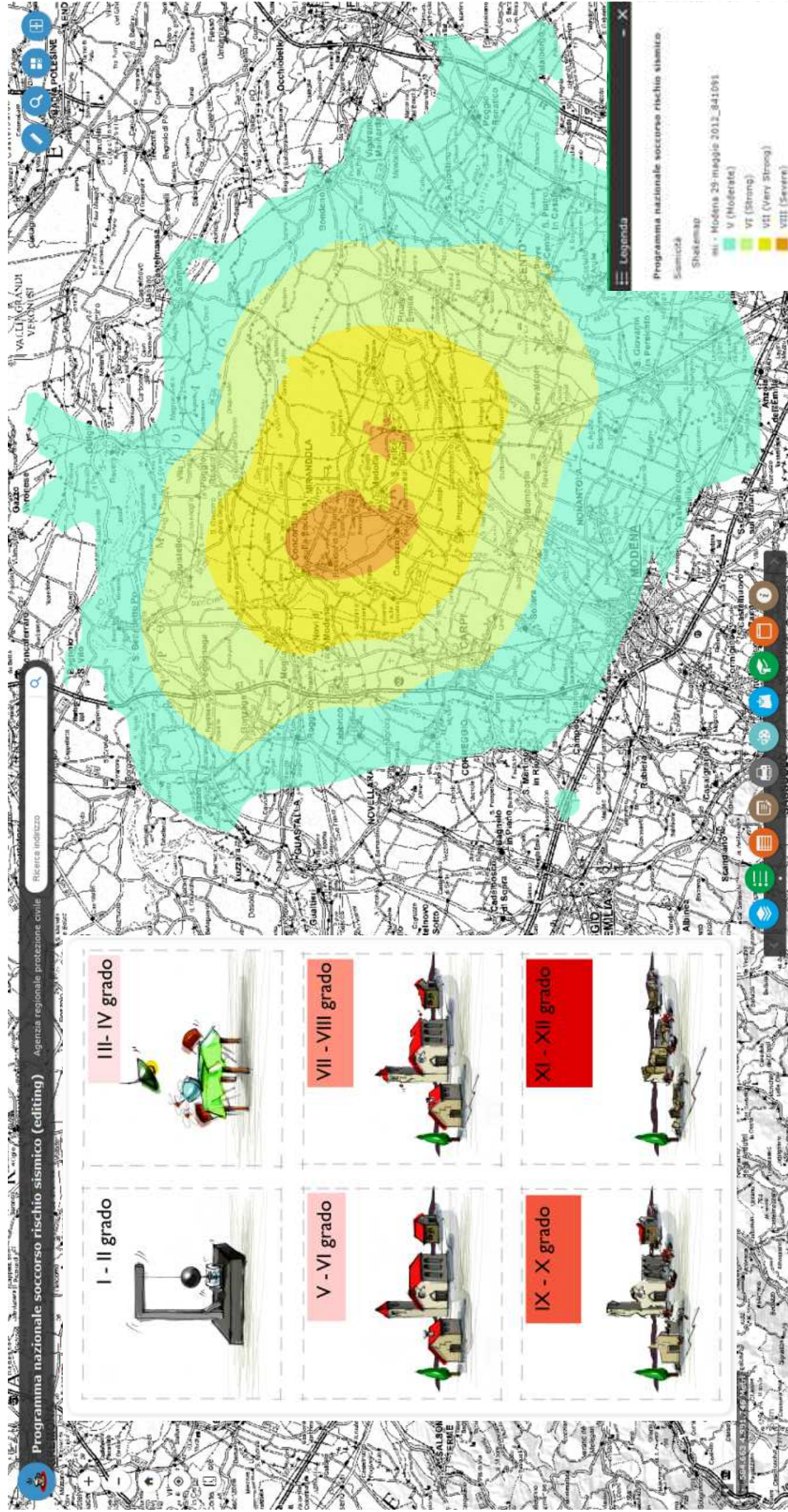
1. Edifici ad uso produttivo costruiti in assenza di criteri antisismici
2. Edifici ad uso produttivo progettati con criteri antisismici
- 3....
4. Chiese
5. Palazzi

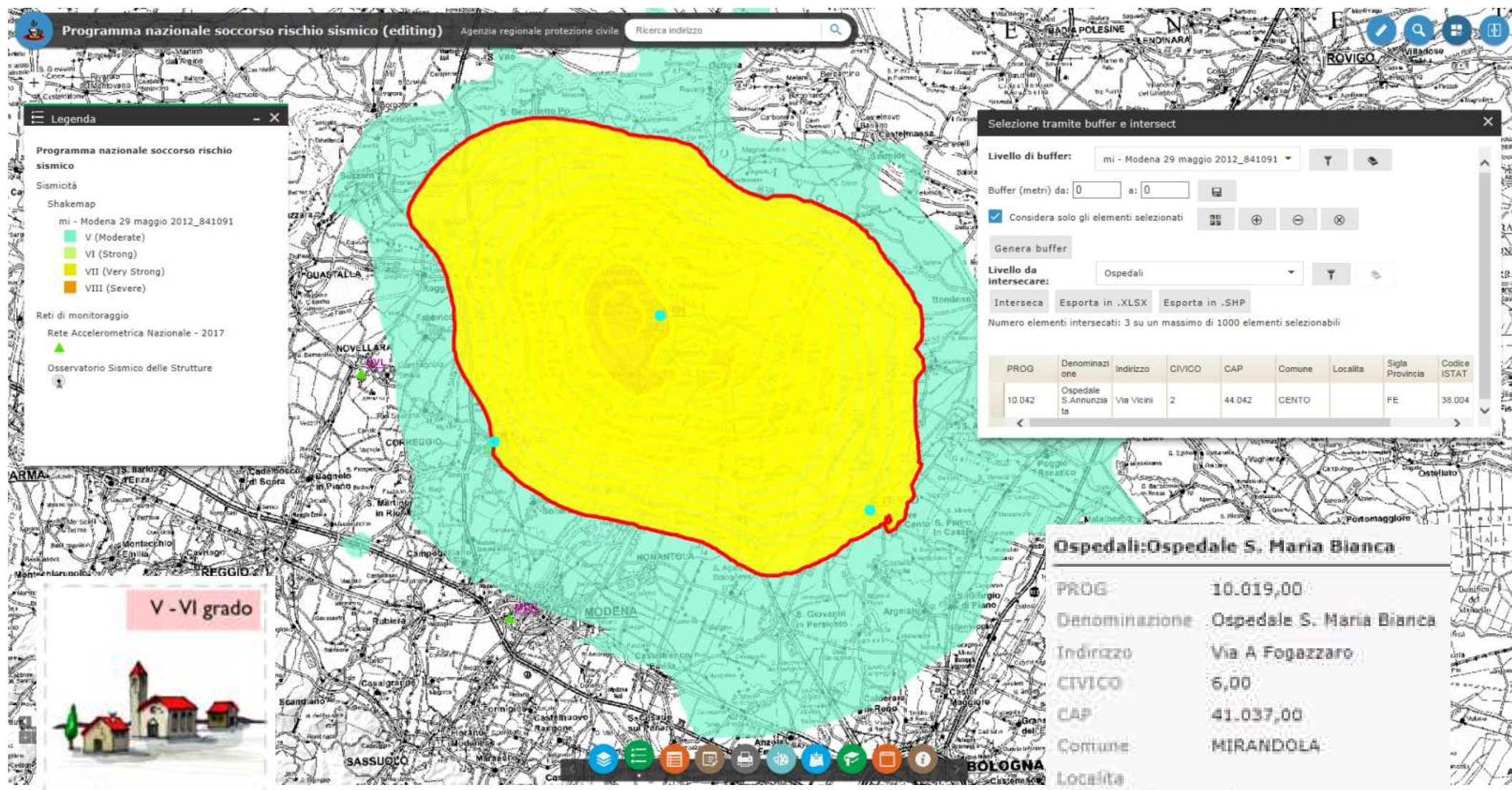
**Per i beni culturali ulteriori aspetti da considerare risultano lo stato di
conservazione e le situazioni pregresse di danno**



Regione Emilia-Romagna

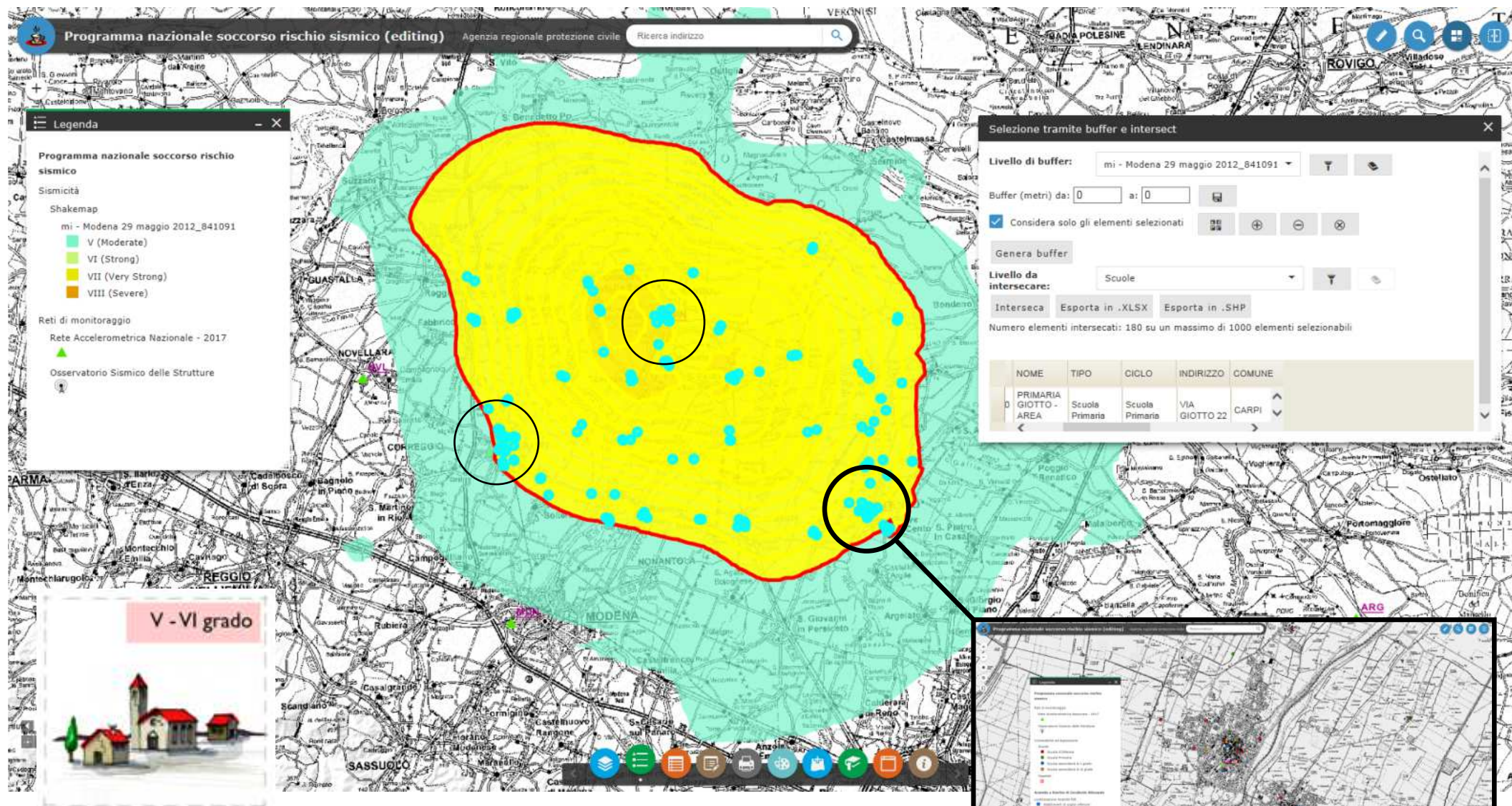
ibc





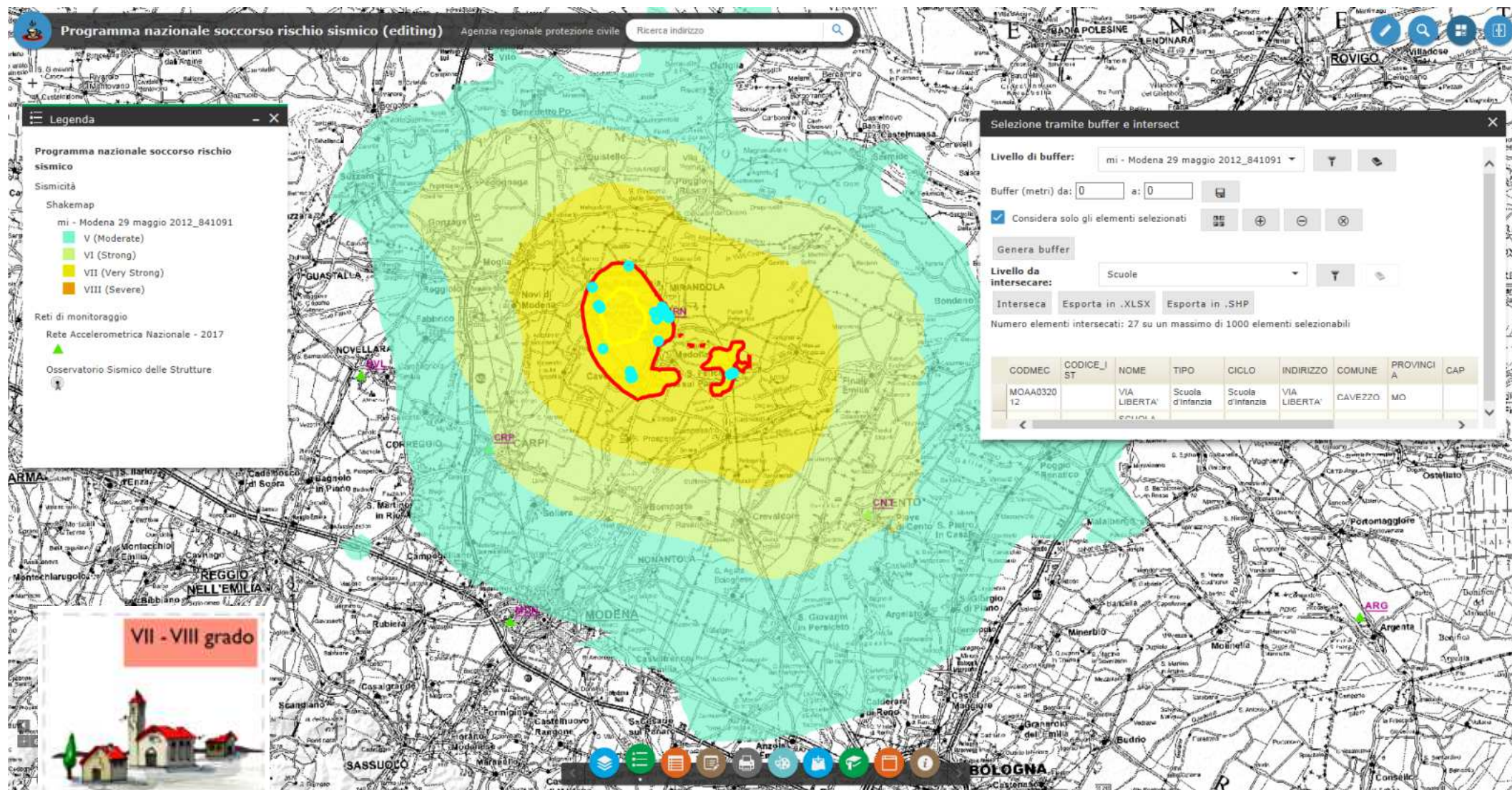
GRADO $\geq$ VI

3 strutture sanitarie



GRADO $\geq$ VI

180 scuole



GRADO $\geq$ VIII

27 scuole



Regione Emilia-Romagna



SCENARI POST EVENTO

CONVENZIONE TRA AGENZIA REGIONALE E CIRI-EDILIZIA E COSTRUZIONI,
ATTIVITA' SVOLTE:

- Individuazione delle misure di intensità dello scuotimento sismico più efficaci
- Sviluppo di un software per il calcolo rapido delle più significative misure di intensità dello scuotimento a valle di eventi sismici a partire dalle registrazioni della RAN (Ground Motion Analysis Toolbox – **GMAToolbox**)

Tali attività costituiscono il punto di partenza per la definizione di scenari di danno post-sisma.

INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE DI INTENSITÀ PIÙ EFFICIENTI

A partire dalle analisi statistiche condotte sulle 45 misure d'intensità dello scuotimento sismico e dai risultati della risposta strutturale ottenuti per le 1705 registrazioni accelerometriche:

ACCELERAZIONE

- Pga
- $EPA = \frac{1}{2.5} \int_{0.1}^{0.5} S_a(T, 5\%) dT$
- $I_a = a_{max} \cdot (t_{0.5} - t_{0.1})^{\frac{1}{3}}$
- $I_c = a_{rms}^{1.5} \cdot (t_{0.5} - t_{0.1})^{0.5}$
- $I_{ap} = PGA \cdot [Dur_{0.5 pga}]^{0.5}$



BUONE PRESTAZIONI PER
SISTEMI CON T BASSO, MENTRE
SCARSE PRESTAZIONI PER T ALTI

VELOCITA'

- $SI_H(\beta, T_1, T_2) = \int_{T_1}^{T_2} S_v(\beta, T) dT$
- $SI_{HC} = SI_H(\beta, 0.1, 1.0)$
- $EPV = S_v(T, 5\%) dT$
- $SI_V = \frac{1}{1.715} SI_H(\beta, 0.285, 2.000)$
- pgv



BUONE PRESTAZIONI PER
SISTEMI CON T MEDIO

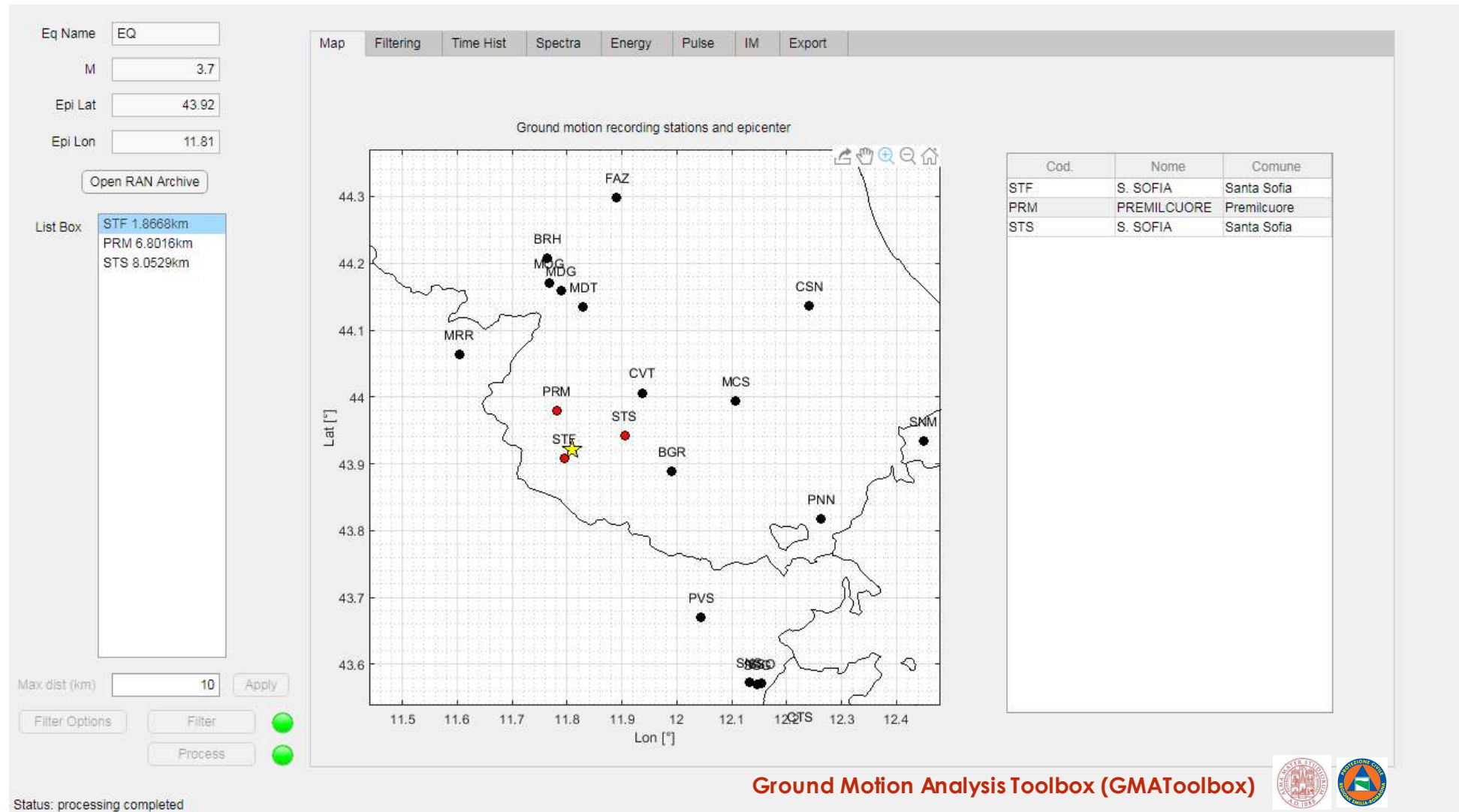
SPOSTAMENTO

- pgd
- $I_d = PGD \cdot (t_{0.5} - t_{0.1})^{\frac{1}{3}}$
- $d_{sq} = \int_0^L d^2(l) dl$
- $P_d = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} d^2(l) dl$

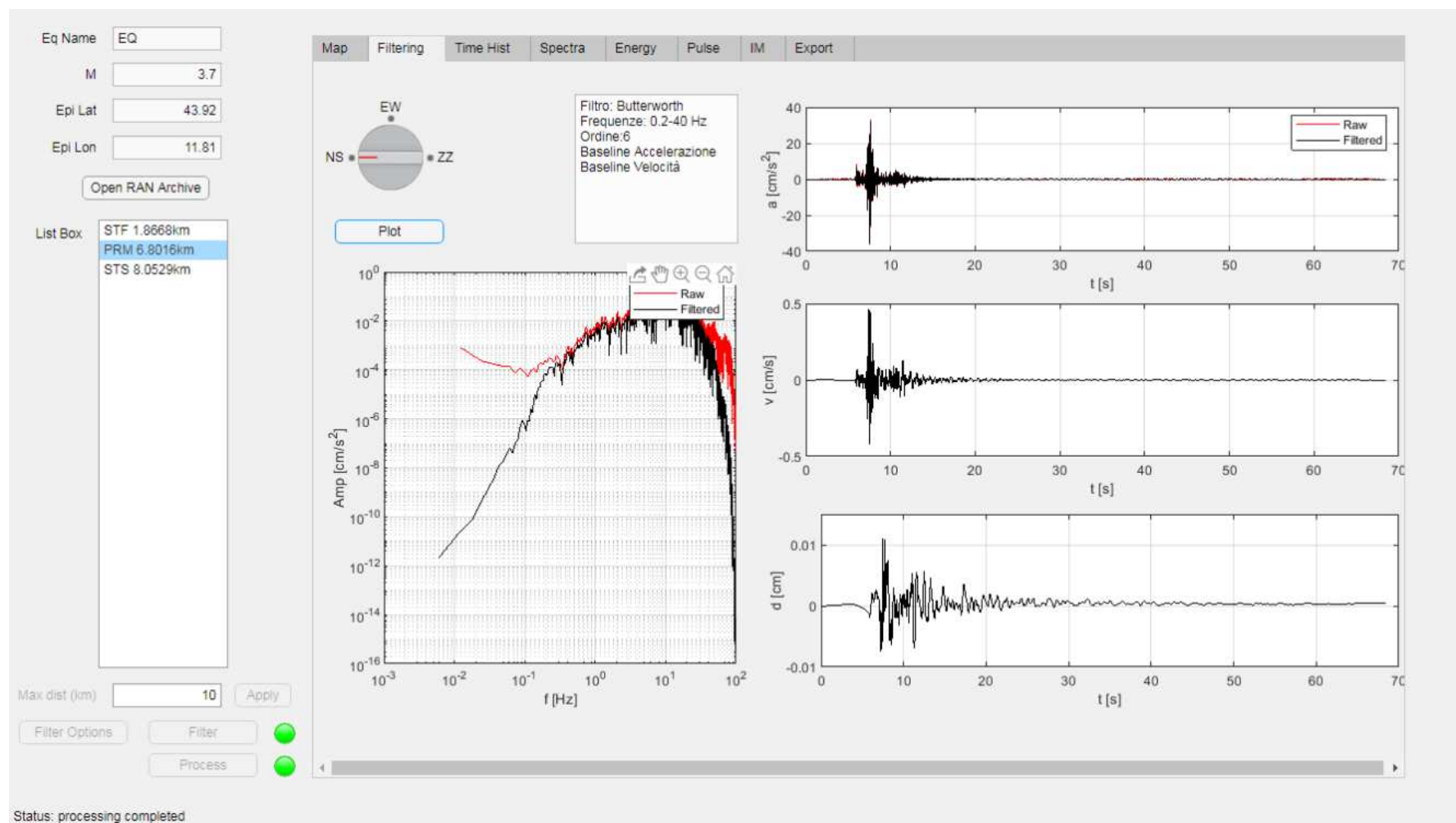


DISCRETE PRESTAZIONI PER
SISTEMI CON T ALTO, MENTRE
SCARSE PRESTAZIONI PER T
BASSI

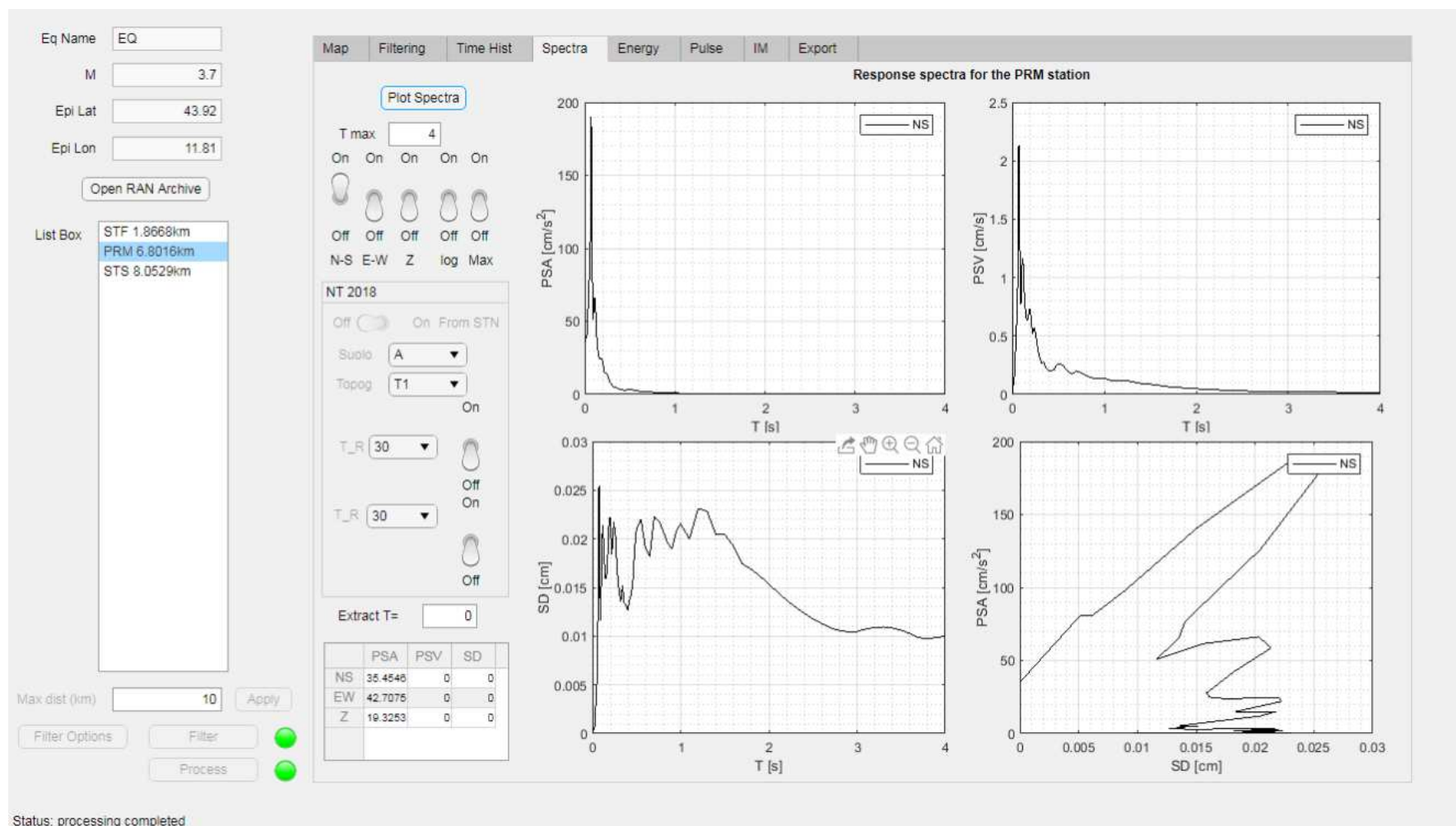
Ground Motion Analysis Toolbox (GMAToolbox)



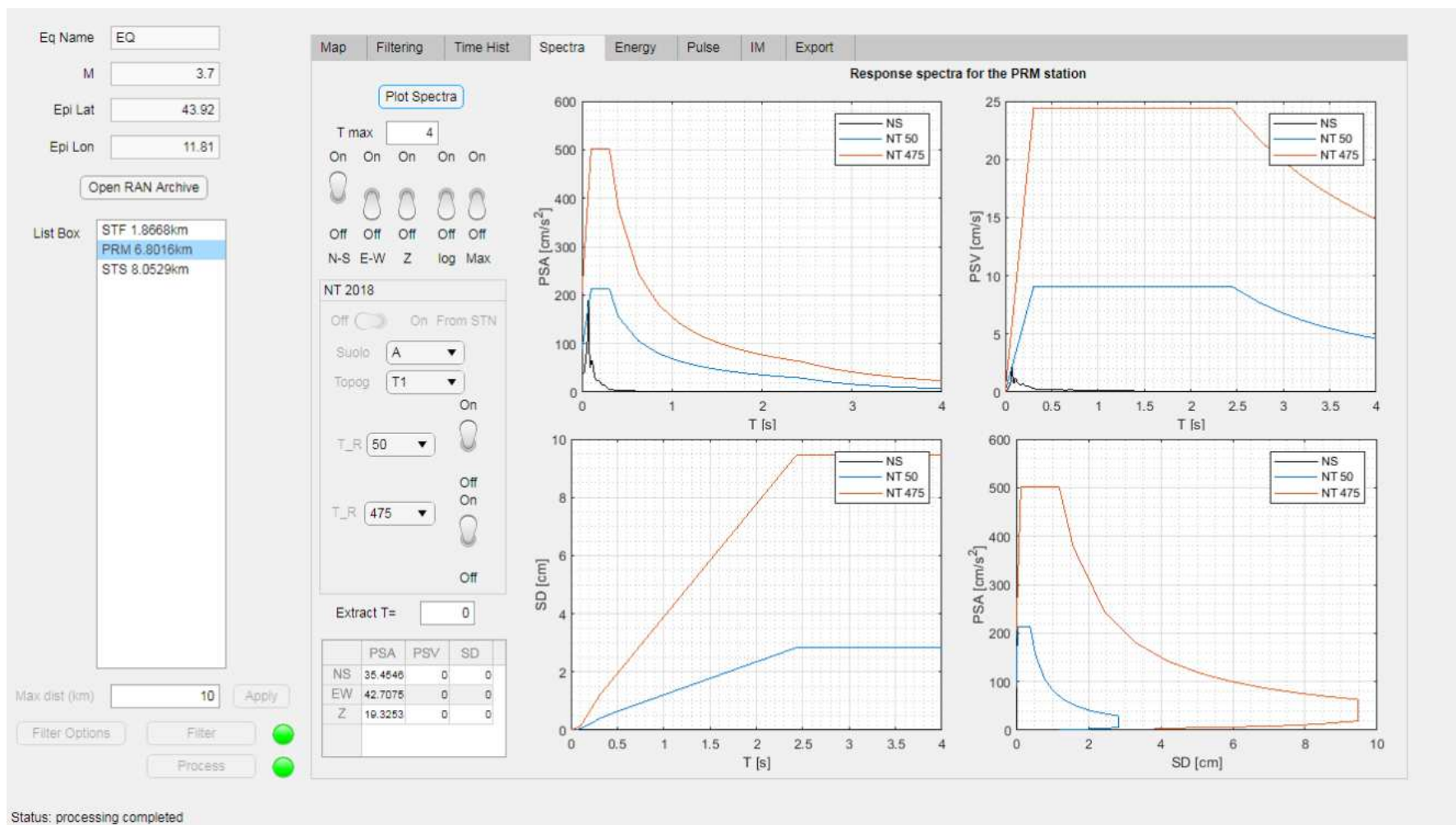
Filtraggio automatico delle registrazioni



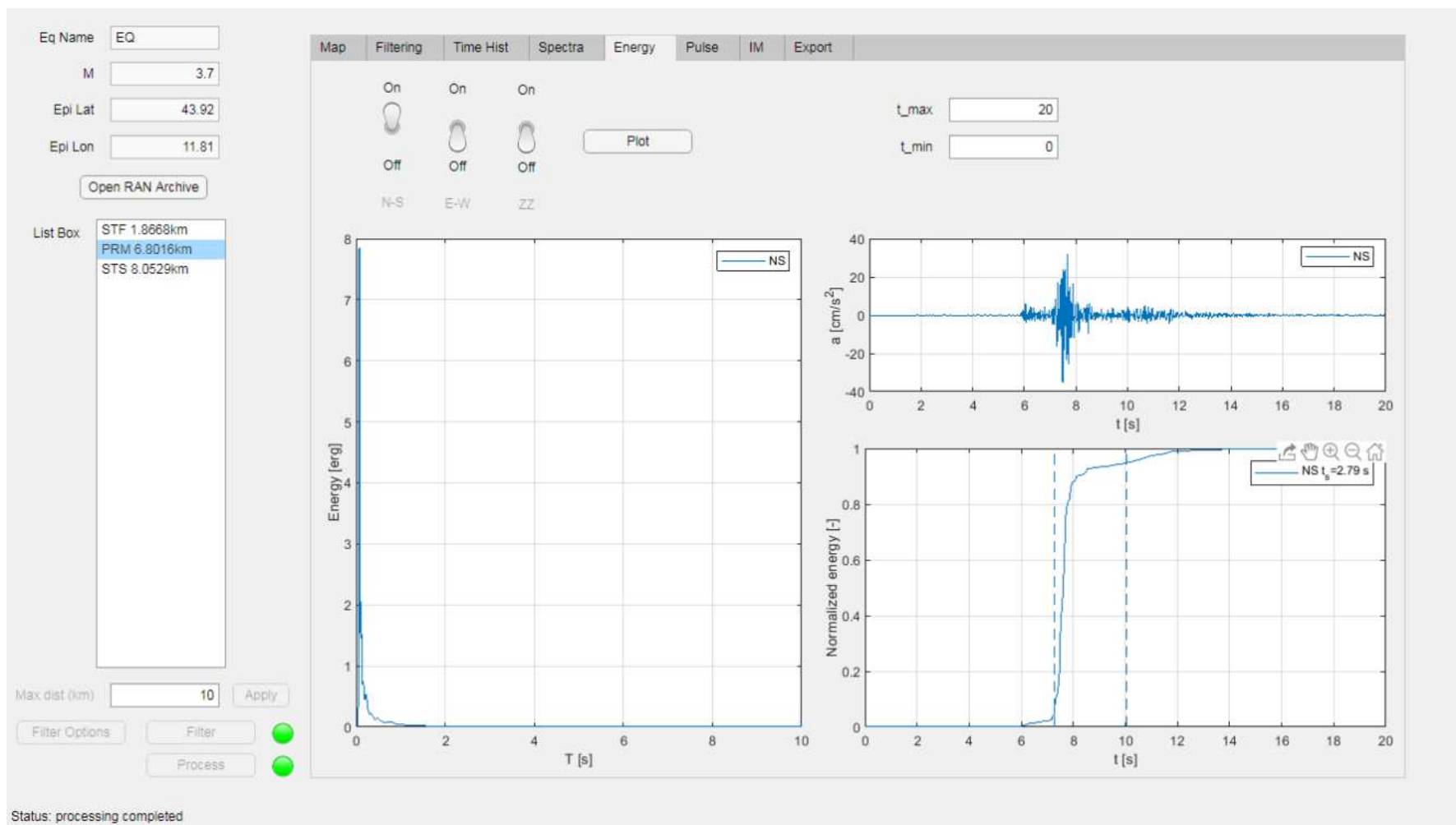
Calcolo spettri di risposta



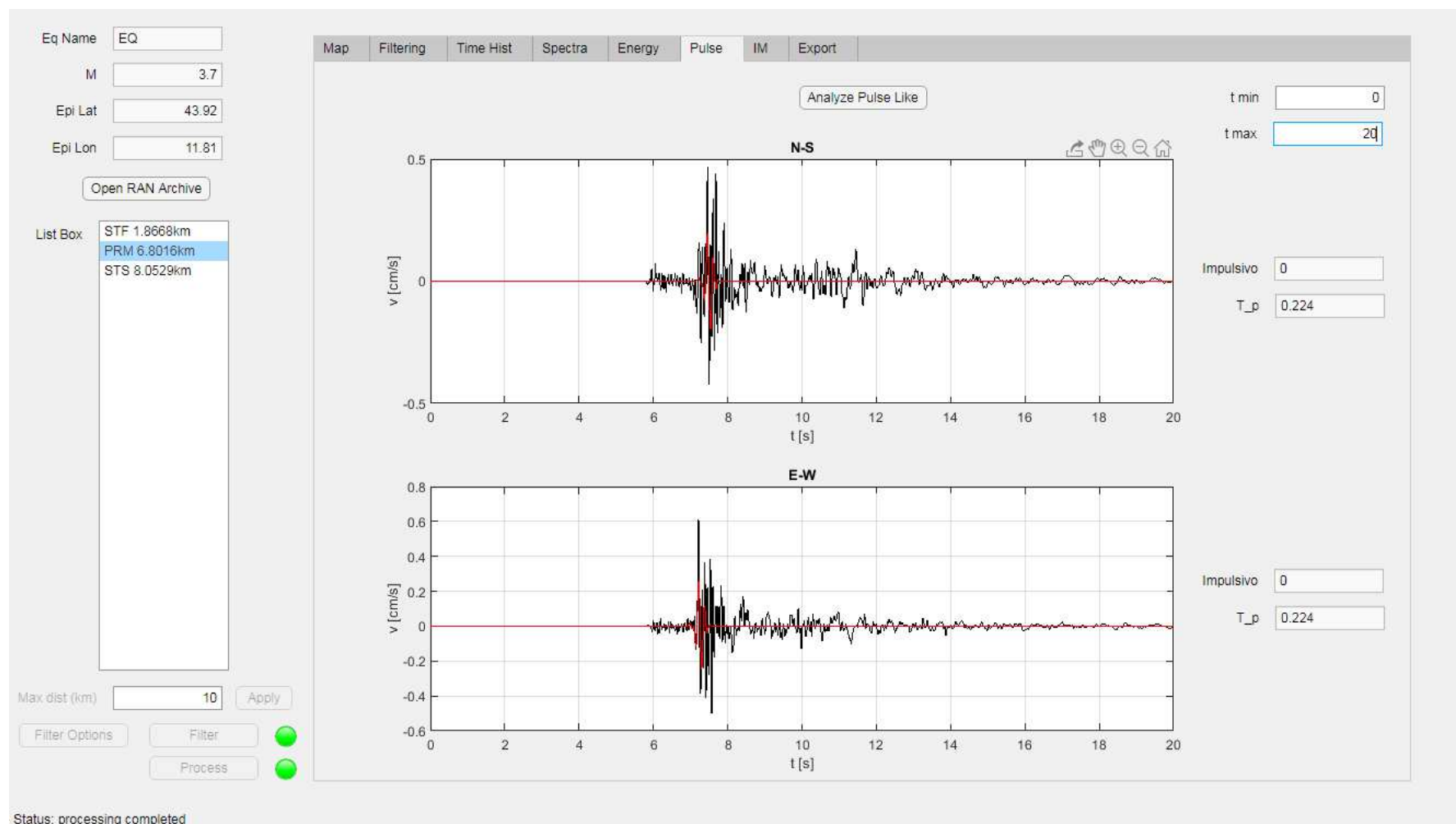
Confronto rapido con pericolosità



Valutazione del contenuto energetico e durata



Analisi caratteristiche impulsive



Sintesi parametri di intensità e esportazione dati

Eq Name

M

Epi Lat

Epi Lon

List Box

- STF 1.8668km
- PRM 6.8016km**
- STS 8.0529km

Max dist (km)

Status: processing completed

Map Filtering Time Hist Spectra Energy Pulse IM Export

IM globalmente efficienti

	Comp	PSATRef_0.2	PSATRef_0.3	PSATRef_0.5
STF	NS	13.1026	5.4851	3.4931
STF	EW	12.6699	6.7241	6.2586
3 P...	NS	21.9188	6.4836	3.3187
4 P...	EW	23.9312	7.8080	2.7236
5 STS	NS	53.4026	22.6901	7.6304
6 STS	EW	68.1439	24.1535	8.6245

On On

Off Off

All stations Vertical

IM per sistemi con periodo intermedio

	Comp	SIH	SIHC	EPV
STF	NS	0.5620	0.3079	0.1022
STF	EW	0.5688	0.3901	0.1212
PRM	NS	0.3729	0.2673	0.0525
PRM	EW	0.4634	0.3395	0.0516
STS	NS	0.9876	0.6710	0.1352
STS	EW	1.0398	0.7614	0.1371

IM per sistemi con periodo breve

	Comp	PGA	EPA	Ia
STF	NS	13.3132	5.4330	20.3378
STF	EW	13.1192	4.3482	20.9291
PRM	NS	35.4546	5.7372	49.9122
PRM	EW	42.7075	7.3649	55.3762
STS	NS	27.4681	11.1459	42.5036
STS	EW	42.7498	13.9231	59.1583

Horizontal GM

☒ Component

☐ Max

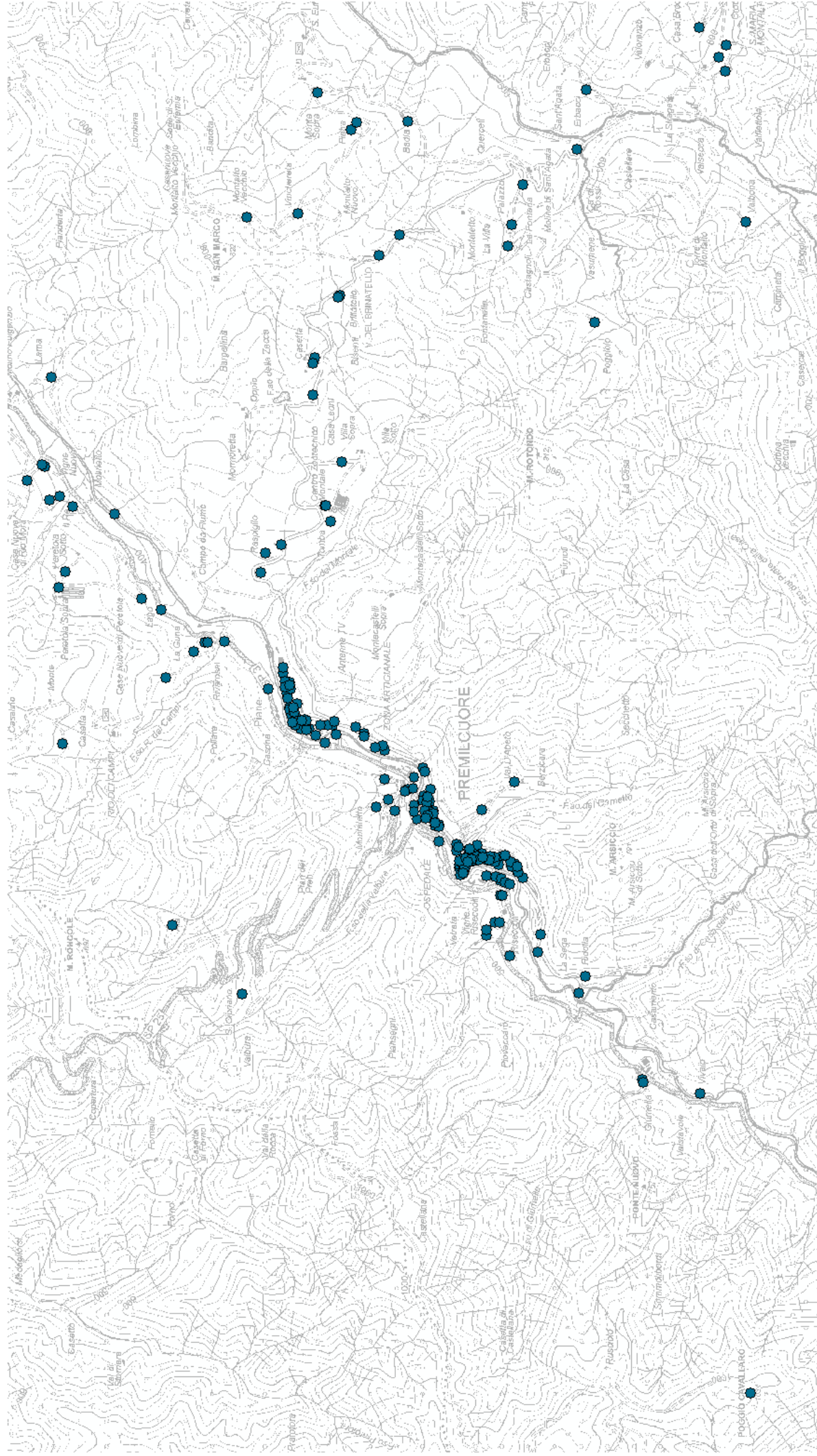
☐ Geo Mean

IM per sistemi con periodo lungo

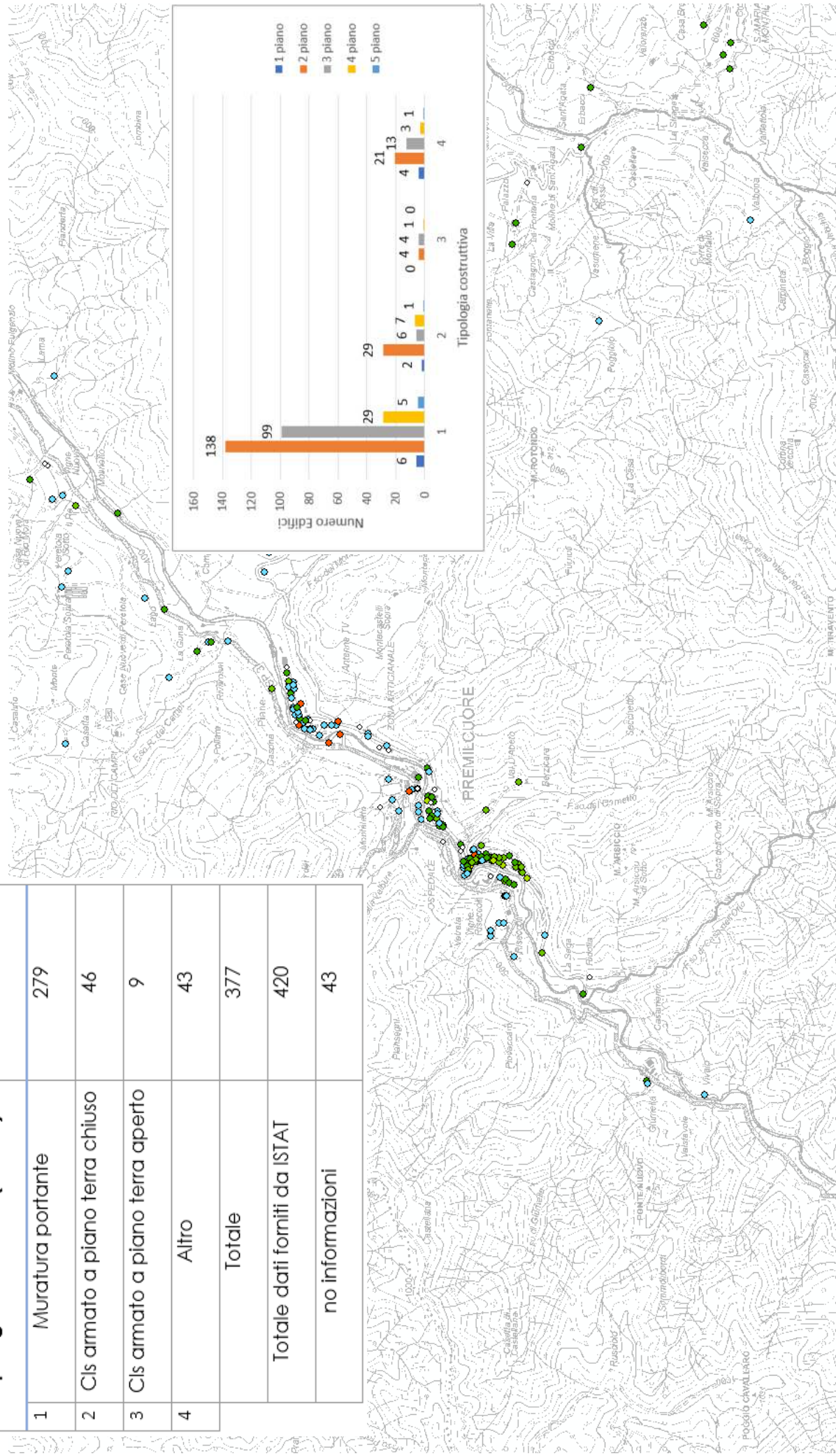
	Comp	PGD	Id	dSq	
STF	NS	0.0219	0.0334	3.2919e-04	6
STF	EW	0.0191	0.0304	2.8935e-04	5
PRM	NS	0.0111	0.0156	8.8937e-05	1
PRM	EW	0.0167	0.0216	1.1487e-04	2
STS	NS	0.0407	0.0630	0.0019	1
STS	EW	0.0429	0.0593	6.1032e-04	1



Regione Emilia-Romagna



Tipologia Costruttiva (TIPMAT)		Numero Fabbricati
1	Muratura portante	279
2	Cls armato a piano terra chiuso	46
3	Cls armato a piano terra aperto	9
4	Altro	43
Totale		377
Totale dati forniti da ISTAT		420
no informazioni		43



Conclusioni e prospettive

- ☐ Il coordinamento tra Istituzioni è un obiettivo da perseguire per rendere operativi i piani di emergenza
- ☐ Gli scenari in emergenza rappresentano uno strumento operativo per definire le priorità di azione a seguito dell'evento
- ☐ Per definire correttamente lo scenario di rischio è necessario classificare il patrimonio esistente in categorie di costruzioni "omogenee", al fine di avere una rappresentazione sintetica ma attendibile della vulnerabilità
- ☐ Per le costruzioni storiche, la classificazione per tipologie omogenee deve essere integrata con le informazioni sulla storia costruttiva della fabbrica e sullo stato di conservazione
- ☐ In prospettiva, i tavoli tecnici interistituzionali hanno l'obiettivo di individuare «classi» di beni culturali da poter utilizzare negli scenari previsionali, così da rendere il più attendibile possibile i modelli utilizzati

Grazie per l'attenzione

Arch. Laura Moro laura.moro@regione.emilia-romagna.it

Ing. Antonio Beniamino Costantino antonio.costantino@regione.emilia-romagna.it