

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### Regione Emilia-Romagna

#### Comune di Sala Baganza



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	 Dott. Geol. Stefano Castagnetti  Collaboratori: Dott. Geol. Marco Baldi	Aprile 2020

# INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	1
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	INQUADRAMENTO .....	4
2.2	STORIA SISMICA.....	8
2.3	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	11
3.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....	13
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	13
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI .....	23
4.1	ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI.....	23
5.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE .....	24
6.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI .....	26
7.	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	28
7.1	Carta delle indagini .....	28
7.2	Carta geologico-tecnica per microzonazione sismica.....	29
7.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni .....	33
7.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	34
7.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S .....	38
7.6	Carte di microzonazione sismica .....	39
8.	COMMENTI FINALI E CRITICITÀ.....	46
9.	ELENCO ELABORATI.....	47



## 1. INTRODUZIONE

Nella presente Relazione illustrativa vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello Studio di Microzonazione Sismica di secondo livello del Comune di Sala Baganza (Provincia di Parma), effettuato su incarico del Comune di Sala Baganza<sup>1</sup> e finanziato con contributi derivanti dall'OCDPC n° 344/2016 "Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77, in materia di contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico – annualità 2015" e dalla DGR n° 2188/2016 e assegnati con Determinazione Dirigenziale n° 8757 del 05.06.2017.

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di incrementare le conoscenze in merito alle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie e di fornire informazioni utili al governo del territorio, alla progettazione, alla pianificazione per l'emergenza e alla ricostruzione post sisma.

La MS consente di suddividere il territorio esaminato in base alla presenza e alla distribuzione dei fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento, legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle singole aree considerate ed ai possibili fenomeni di instabilità e deformazione permanente in esse attivati dal sisma. L'insieme di queste conoscenze sul comportamento dei terreni durante un evento sismico e sui possibili effetti indotti dallo scuotimento, è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace, se realizzato e applicato durante la pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte di trasformazione verso aree a minore pericolosità e più in generale concorrono alla riduzione del rischio sismico.

Le attività di ricerca, acquisizione ed implementazione dati oltre che la predisposizione degli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio, sono stati condotti in ottemperanza delle direttive e agli atti tecnici sotto elencati:

- Allegato A della D.G.R. 29 aprile 2019, n° 630. Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017);
- "Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della condizione limite per

<sup>1</sup> Determinazione Dirigenziale n° 127 del 29/03/2019 – CUP: E42117000020005 – CIG: Z8827D1292

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	1 di 47



l'emergenza, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 e decreto del 15 aprile 2013 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta *Regionale* n. 1919 del 16.12.2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli Enti Locali" (Allegato D della delibera regionale);

- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versione 4.1, Roma, novembre 2018 - Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (SRAI);
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (ICMS).

Il presente studio di Microzonazione Sismica, attuato in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici sopraelencati, è articolato in due distinti livelli di approfondimento:

➤ PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:

- individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- descrizione delle caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica;
- definizione del tipo di effetti attesi;
- indicazione, per ogni area, del livello di approfondimento necessario.

➤ SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:

- conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal 1° livello ed eventuale nuova perimetrazione delle aree ove effettuare la microzonazione sismica;
- suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, secondo aree a maggiore e minore pericolosità sismica;
- conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello con l'indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	2 di 47



Le aree oggetto di microzonazione sismica ricomprendono i centri abitati di Sala Baganza, Castellaro, Maiatico, San Vitale Baganza e Talignano (Fig. 1), coprendo una superficie di circa 660 Ha, pari a circa il 21% del territorio comunale, dove risiede la stragrande maggioranza della popolazione.

Gli elaborati redatti sono stati predisposti in versione cartacea e in versione digitale (PDF con risoluzione di 300 dpi). I dati cartografici sono stati allestiti anche in formato vettoriale (*shapefile*).

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'Allegato D della DGR 1919/2013 e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica) versione 4.1.

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: "MS - SoftMS", versione 4.1.1.

Lo studio di MS è stato corredato dall'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, le cui risultanze sono riportate in specifica relazione.

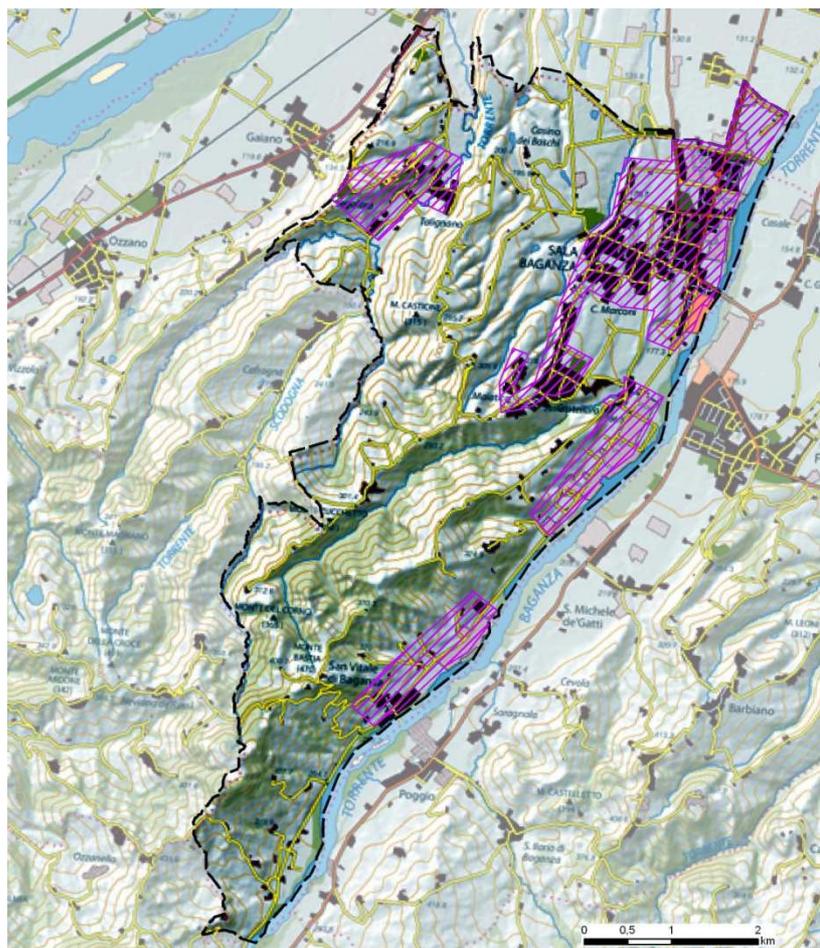


Fig. 1 – Aree oggetto di microzonazione sismica del Comune di Sala Baganza





## 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 INQUADRAMENTO

Il Comune di Sala Baganza appartiene alla Regione Emilia-Romagna e ricade nella fascia pedecollinare della Provincia di Parma (Fig. 2).



Fig. 2 - Ubicazione del Comune di Sala Baganza

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata "ZS9", che prevede una suddivisione in 36 zone (cfr. Fig. 3), i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico – strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.).

Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.



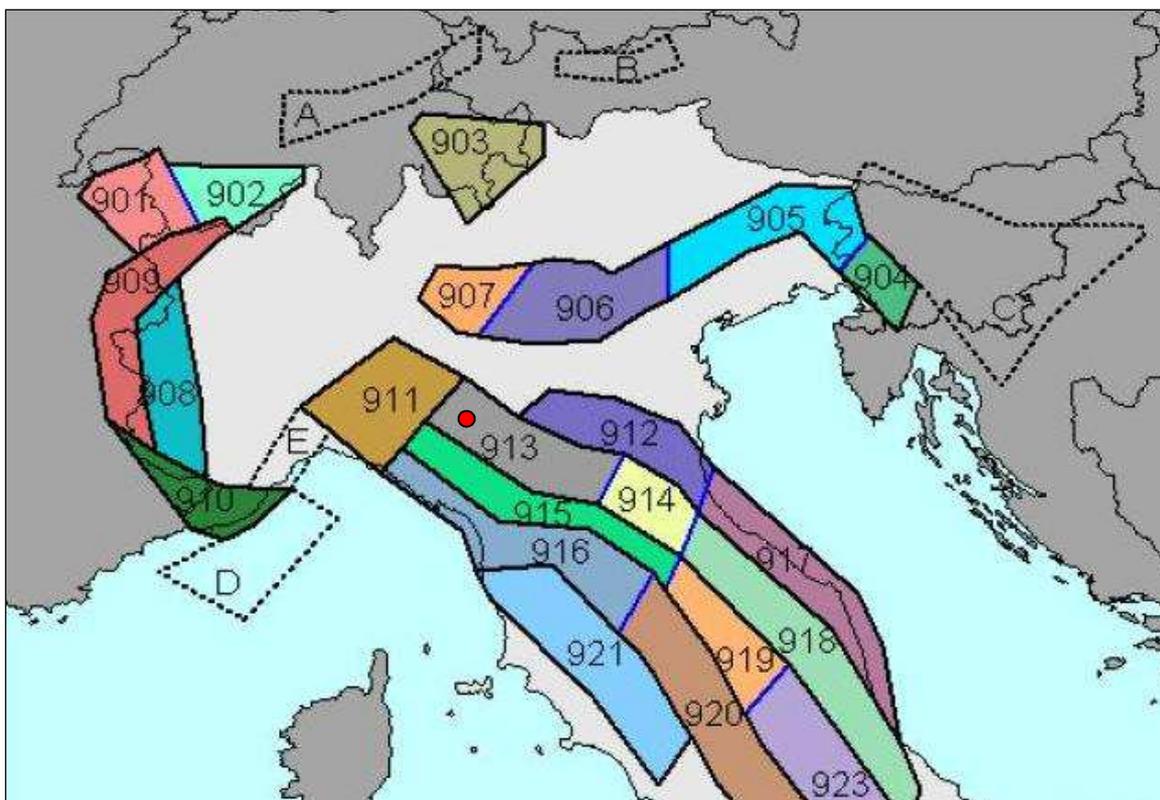


Fig. 3 – Zonazione sismogenetica ZS9 (Tratta da: “Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo – bozza aprile 2004” - INGV). Il punto rosso segna approssimativamente il Comune di Sala Baganza.

Il territorio comunale di Sala Baganza ricade all'interno della zona sismogenetica “913”, che è caratterizzata da movimenti prevalentemente compressivi in direzione NW e da meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che interrompono la continuità longitudinale delle strutture attive.

Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a  $M_{wmax} = 6,14$ .

Per quanto concerne le caratteristiche sismotettoniche, l'inquadramento generale delle principali strutture attive sismogenetiche dell'Emilia-Romagna, è rappresentato nella Mappa di sintesi realizzata dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli dell'Emilia-Romagna (Fig. 4).

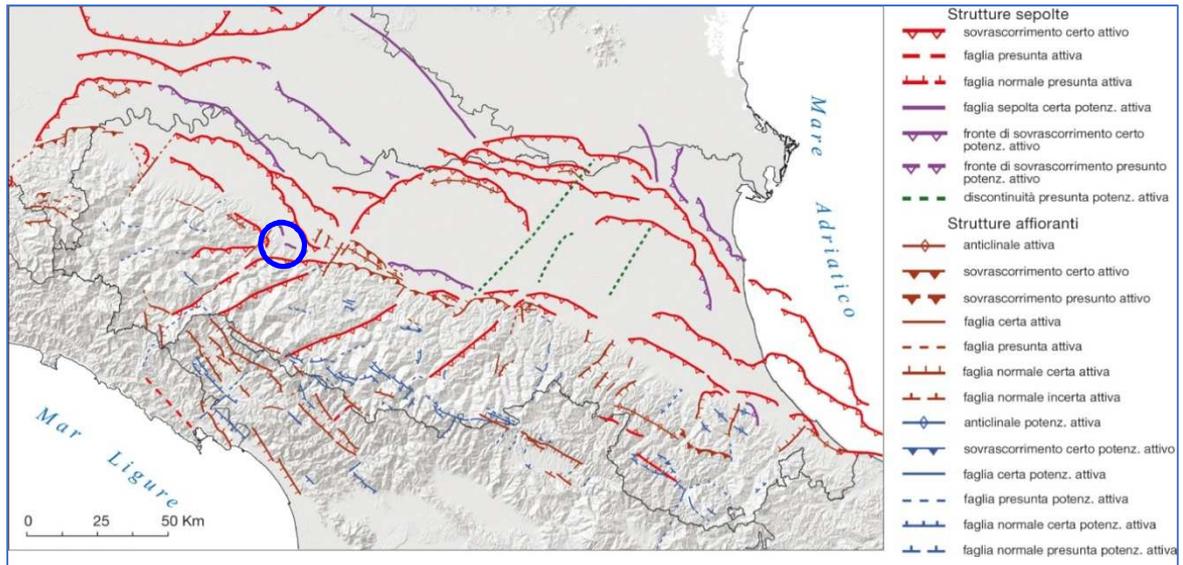


Fig. 4 - Mappa di sintesi delle strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riconosciute in Emilia-Romagna (da: "Note illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna ed aree limitrofe" - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna, 2017)

Le sorgenti sismogenetiche e le faglie potenzialmente attive e capaci, interessanti il territorio comunale di Sala Baganza, sono state ricavate dal *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Version 3.2.1, che costituisce il database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5,5 nell'area Italiana<sup>2</sup>.

Con riferimento a Fig. 5, le sorgenti sismogenetiche più significative per l'area in studio sono:

- **ITCS009 – Busseto-Cavriago**, con una magnitudo massima attesa  $M_w = 5,6$
- **ITCS045 – S. Giorgio Piacentino-Fornovo di Taro**, con una magnitudo massima attesa  $M_w = 5,5$
- **ITCS046 – Langhirano-Sassuolo**, con una magnitudo massima attesa  $M_w = 5,9$

<sup>2</sup> Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	6 di 47

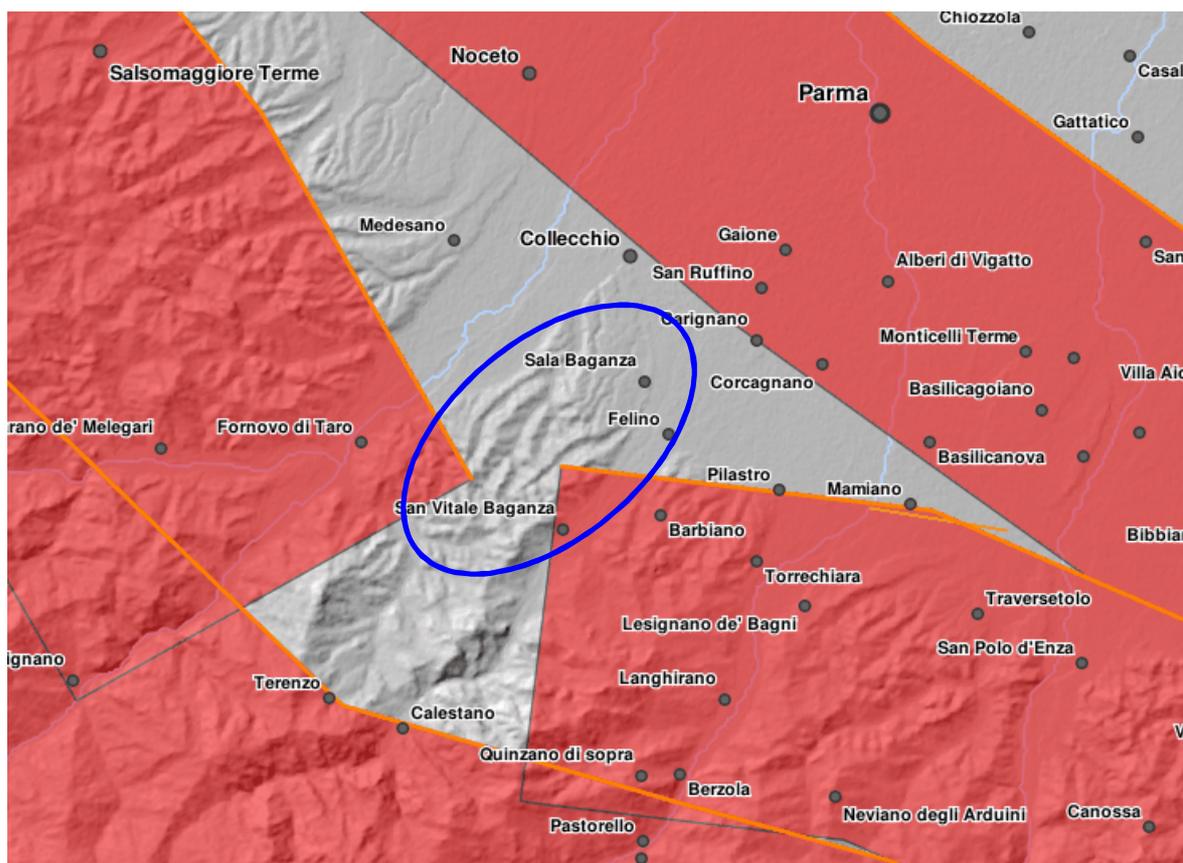


Fig. 5 - Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche da DISS 3.2.1 <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml> Il cerchio blu individua approssimativamente il territorio del Comune di Sala Baganza.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	7 di 47

## 2.2 STORIA SISMICA

La storia sismica del Comune di Sala Baganza è stata desunta dal Database Macrosismico Italiano, versione DBMI15 v2.0<sup>3</sup>, e contiene 123.756 dati di intensità per 3.219 terremoti.

DBMI15 v2.0 fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017.

Secondo quanto riportato in DBMI15 v2.0, la storia sismica di Sala Baganza è riassunta graficamente nel diagramma riportato in Fig. 6, mentre in Tab. 1 sono elencati gli eventi di maggiore intensità, indicando per ciascuno di essi, oltre agli effetti provocati al sito, espressi come I(MCS), la data e l'ora in cui si è verificato, il numero di località in cui è stato registrato l'evento ( $N_p$ ), l'intensità massima epicentrale in scala MCS ( $I_0$ ) e la magnitudo momento ( $M_w$ ).

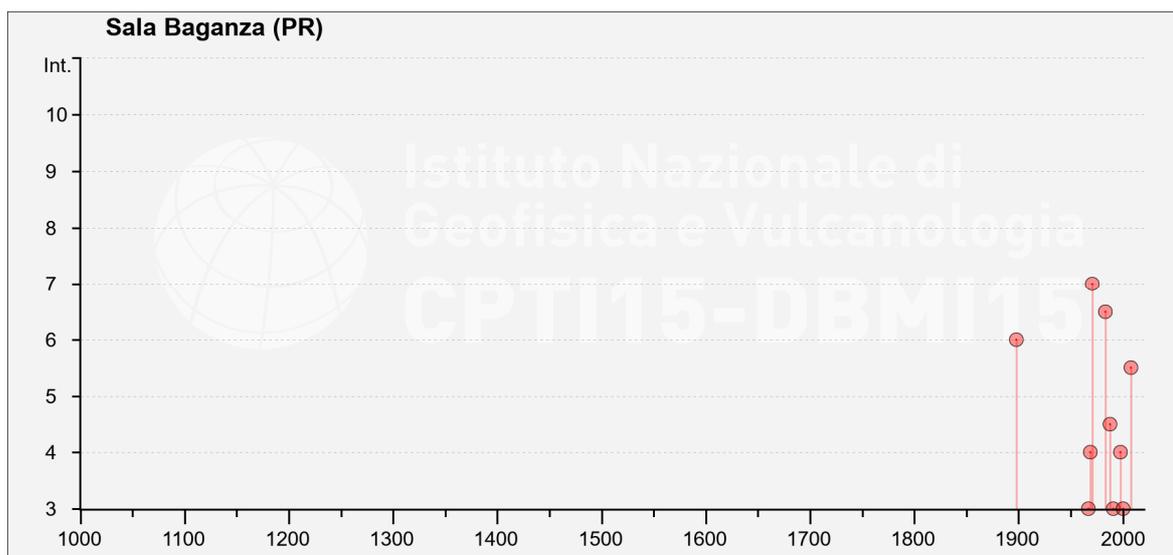


Fig. 6 – Eventi sismici di maggior intensità registrati nel Comune di Sala Baganza

<sup>3</sup> Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
6-7	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
6	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
5-6	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36
4-5	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
4	1969	06	24	13	25	1	Parmense	15	5	4.21
4	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3	1967	04	03	16	36	1	Reggiano	45	5	4.44
3	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
2-3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06

<b>I [MCS]</b>	Intensità macrosismica espressa in scala MCS. Alcuni effetti non sono esprimibili con la scala MCS per cui vengono utilizzati dei codici alternativi (si veda la relativa tabella)
<b>Data</b>	Data del terremoto
<b>Ax</b>	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto
<b>NMDP</b>	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
<b>Io</b>	Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI15, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg [dettagli]
<b>Mw</b>	Magnitudo momento, da CPTI15

Tab. 1 - Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Sala Baganza tra il 1000 ed il 2017 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E., Antonucci A. (2019). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2> - parz. modificato)

Dall'analisi di Fig. 6 e Tab. 1 si evidenzia che i massimi eventi sismici catalogati e osservati a Sala Baganza si sono verificati in epoca recente e più precisamente nel 1971 e nel 1983. Oltre a questi va ricordato anche il terremoto del 23.12.2008 (cfr. Fig. 7) che, pur avendo epicentro relativamente lontano (Comune di Neviano degli Arduini), ha prodotto livelli di danneggiamento significativi in località S. Vitale Baganza. Circa gli effetti del terremoto si rimanda al "Rilievo macrosismico del terremoto emiliano del 23 dicembre 2008" pubblicato sui Quaderni di Geofisica Anno 2009, Numero 71<sup>4</sup>

<sup>4</sup> A cura di Emanuela Ercolani, Antonio Rossi, Maurizio Vecchi, Ilaria Leschiutta, Filippo Bernardini, Sergio Del Mese, Romano Camassi, Silvia Pondrelli, Andrea Tertulliani

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	9 di 47



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

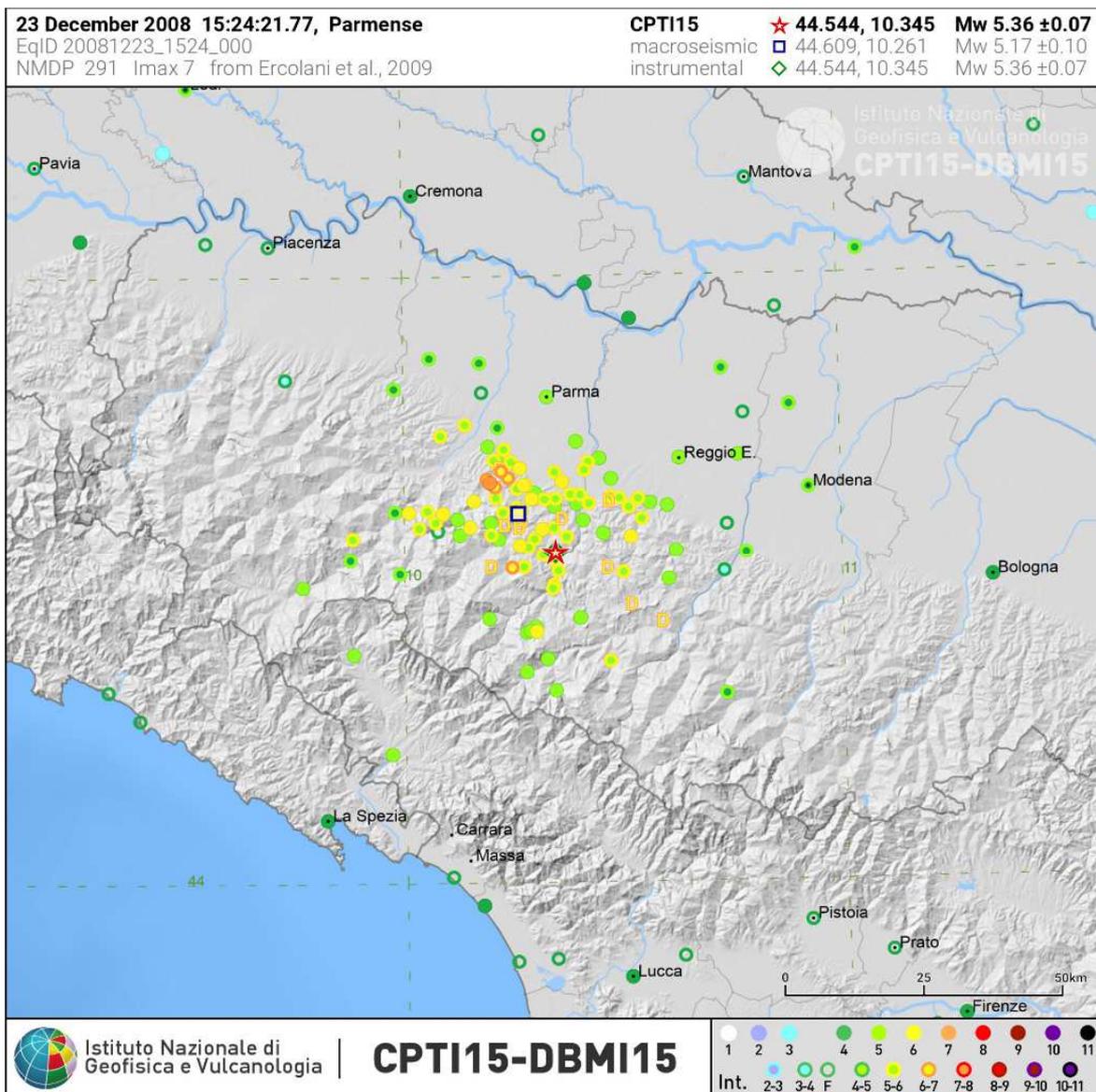


Fig. 7 – Mappa di rilievo macrosismico dell’evento sismico del 23.12.2008 – INGV

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	10 di 47

## 2.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

A seguito dell'emanazione dell'OPCM n° 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i., il Comune di Sala Baganza è stato classificato sismico in Zona 3. In precedenza, sotto il profilo della normativa sismica, il Comune di Sala Baganza risultava non classificato.

Con la DGR n° 1164/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna", il Comune di Sala Baganza è stato confermato sismico in Zona 3 (Fig. 8).

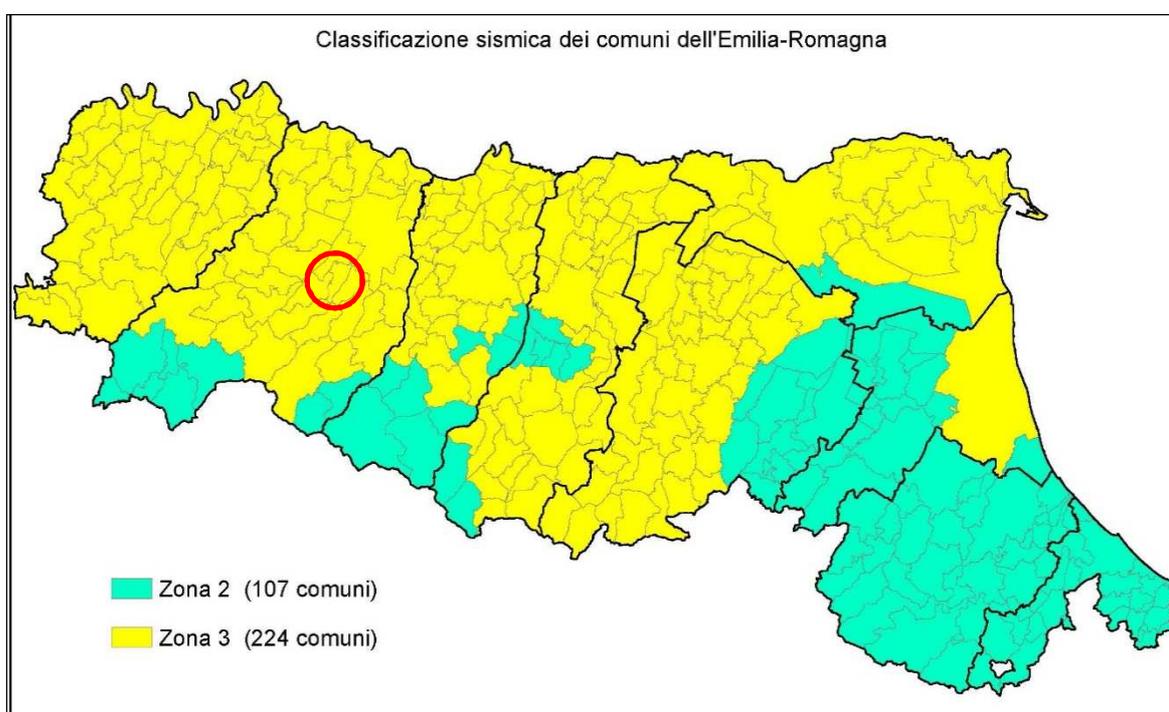


Fig. 8 - Classificazione sismica dell'Emilia-Romagna di cui alla DGR 1164 del 23.07.2018. Regione Emilia-Romagna. Il cerchio rosso individua il Comune di Sala Baganza

Sulla base della *Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale* elaborata dall'INGV (aprile 2004), il territorio salese si colloca in un areale in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo compresa tra  $0,150 \div 0,175$  g (Figg. 9 e 10).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	11 di 47

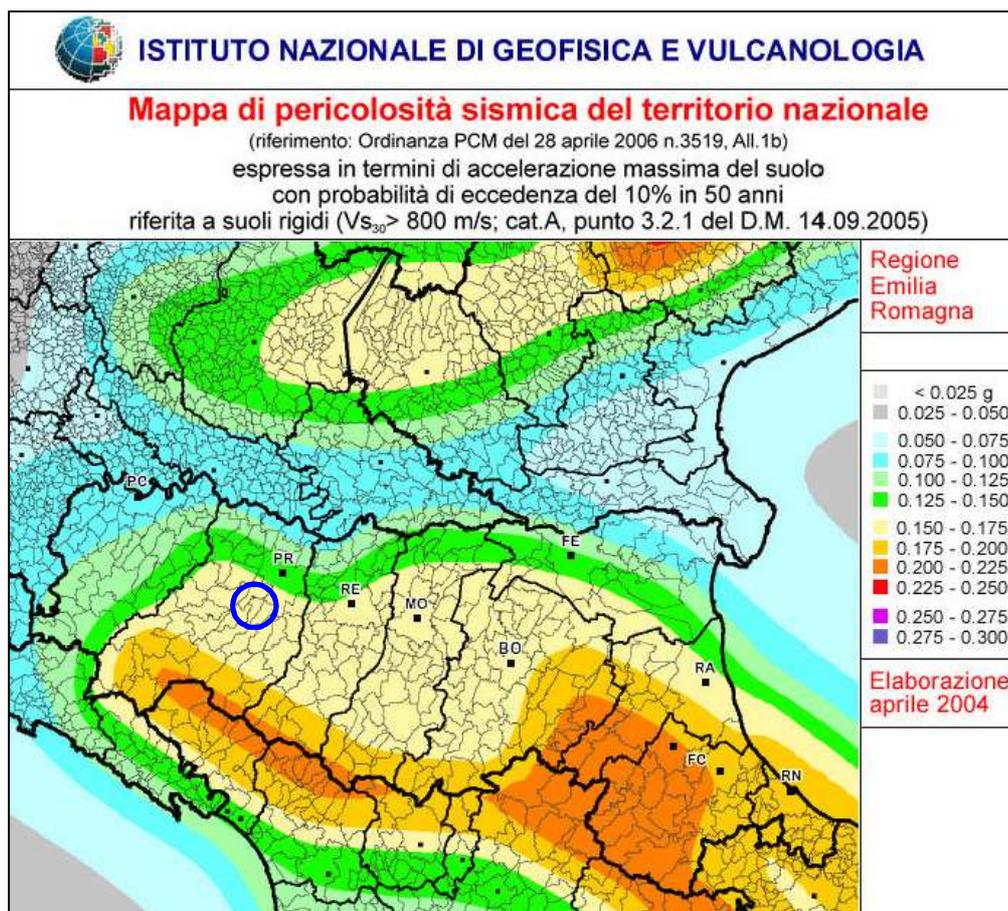


Fig. 9 - Estratto della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. Il cerchio di colore blu individua il Comune di Sala Baganza

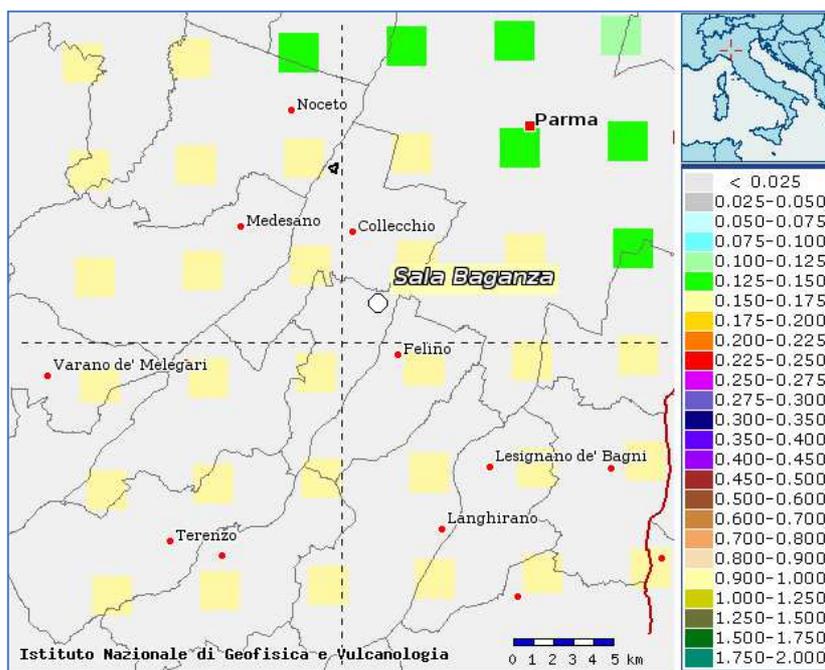


Fig. 10 - Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del Comune di Sala Baganza espressa in termini di  $a(g)$  per un Tempo di ritorno di 475 anni



### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La pianura emiliano-romagnola è il risultato del riempimento del Bacino Perisuturale Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini, avvenuto attraverso un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale strutturazione del bacino trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (PIERI & GROPPPI, 1982).

In particolare nel settore di pianura sono presenti due archi di accavallamenti (Fig. 11), in gran parte sepolti, sviluppati con orientamento NO-SE. Si tratta di gruppi di strutture anticlinaliche, associate a piani di scollamento ed accavallamento (*thrust*) immergenti generalmente verso SO con inclinazioni comprese tra 20° e 30°, separati da ampie zone sinclinaliche fortemente subsidenti.

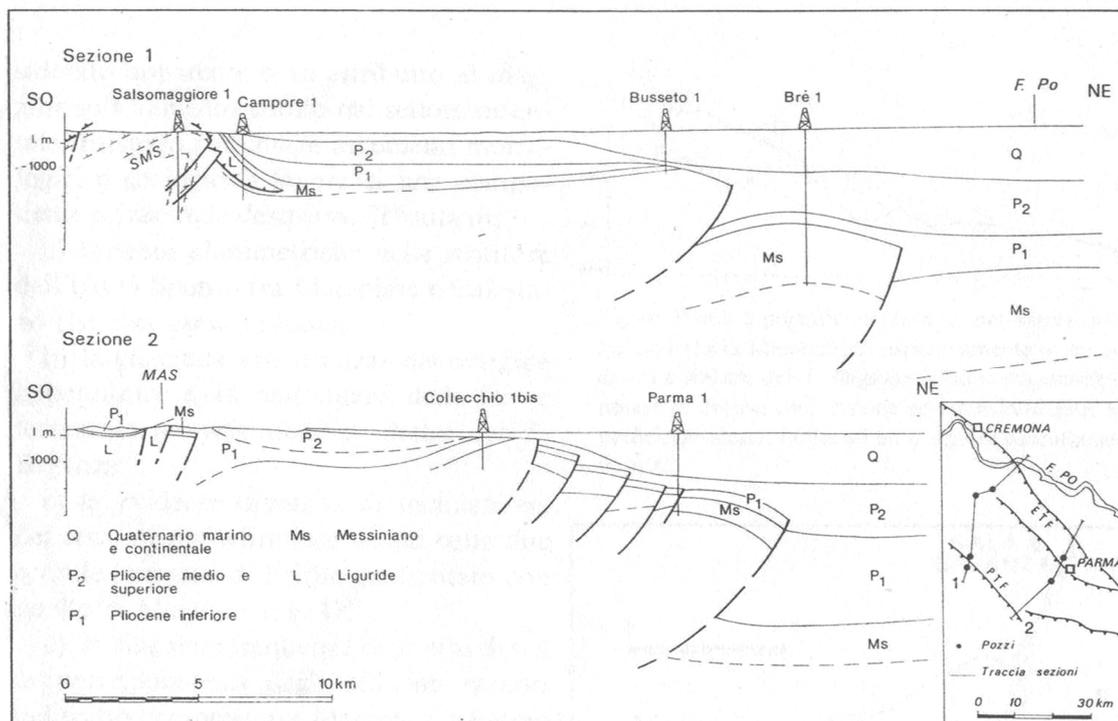


Fig. 11 – Sezioni geologiche (da Pieri e Groppi, 1981). SMS = Struttura di Salsomaggiore; MAS = Struttura di M. Ardone

Il primo arco è impostato in corrispondenza dell'attuale margine morfologico dell'Appennino, il secondo, più a settentrione, si estende dall'Appennino vogherese fino a



Reggio Emilia sull'allineamento Cremona – Parma. L'arco di accavallamenti più meridionale è conosciuto nella letteratura geologica (PIERI & GROPPPI, 1982; BERNINI & PAPANI, 1987) con il nome di “Fronte di Sovrascorrimento Pedeappenninico” (*Pedeapenninic Thrust Front*, PTF); il secondo, più settentrionale, è conosciuto con il nome di “Fronte di Sovrascorrimento Esterno” (*External Thrust Front*, ETF) e costituisce l'arco di accavallamenti sepolti attualmente attivi nel Bacino Padano, come dimostrano i recenti terremoti.

Il riempimento del bacino è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Tale riempimento non è avvenuto in maniera progressiva e continua, ma è il risultato di eventi tettonico-sedimentari “parossistici”, separati nel tempo da periodi di marcata subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

L'interpretazione dei profili sismici eseguiti nel corso degli anni dall'AGIP (Di Dio, 1997) ha permesso di riconoscere due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, connessa al paleodelta del Po; la seconda, trasversale, nord-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

Sulla base dei moderni concetti di stratigrafia sequenziale, ossia del metodo stratigrafico che utilizza le discontinuità e le superfici di continuità ad esse correlabili per suddividere la successione sedimentaria in sequenze deposizionali, nell'ambito dei depositi quaternari del margine appenninico padano e dell'antistante pianura sono state riconosciute due sequenze principali, in risposta ad altrettanti eventi tettonici di sollevamento regionale, così denominate:

- **SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO** (affiorante nella fascia collinare)
- **SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO**

L'organizzazione verticale delle facies di questi sistemi deposizionali è costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana, indotta dalle disattivazioni e dalle successive riattivazioni dei sistemi deposizionali.

All'interno delle sequenze deposizionali principali (Supersintemi) sono state distinte sequenze di rango inferiore, denominate Sintemi, delimitate da superfici di discontinuità indotte da eventi tettonici minori a carattere locale e/o da oscillazioni

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	14 di 47



climatico-eustatiche; a loro volta i Sintemi vengono suddivisi in unità minori (Subsintemi e Unità).

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo, è composto da due unità principali: una unità inferiore, detta “Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore” ed un’unità superiore detta “Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore”, separate da una superficie di discontinuità stratigrafica, individuata in affioramento e seguita nel sottosuolo tramite l’interpretazione dei profili sismici.

Il contesto geodinamico locale in cui si sviluppa il Supersistema Emiliano- Romagnolo è quello di un bacino di *piggyback* adiacente all’avanfossa padana, allungato in senso SE – NO e limitato a tergo (SO) e sul fronte (NE) dai due archi di strutture compressive (rispettivamente PTF e ETF) fortemente attive. Fino a quando il sollevamento del margine appenninico determinato dal PTF risulta tale da continuare a produrre una forte subsidenza relativa del bacino di *piggyback* posto ai suoi piedi, in quest’ultimo persistono le condizioni per avere prevalente aggradazione sedimentaria. A questa fase corrisponde la deposizione dei sedimenti di piana e conoide alluvionale distale appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore.

Nel momento in cui diminuisce la subsidenza relativa del bacino di *piggyback*, come conseguenza del forte sollevamento regionale prodotto in corrispondenza dell’ETF, si determinano significativi spostamenti verso Nord del margine appenninico e quindi si assiste, allo sviluppo di depositi di conoide alluvionale, terrazzati. Quest’ultimi, nel loro insieme, costituiscono il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo giace in discordanza sul Supersistema Quaternario Marino, di età Pliocene superiore (?) - Pleistocene inferiore, il quale risulta costituito da terreni paralici e marini, che si sono depositi al di sopra di una estesa superficie di discontinuità al termine di un evento di sollevamento tettonico di importanza regionale.

A sua volta il Supersistema Quaternario Marino giace al di sopra della formazione delle Argille di Lugagnano (o Argille Azzurre), affioranti lungo i versanti in sinistra al T. Baganza, deposte in un bacino profondo a sedimentazione torbidityca, compreso tra l’ambiente neritico inferiore e la piana batiale (Iaccarino & Papani, 1982), probabilmente corrispondente al settore interno dell’avanfossa pliocenica del fronte appenninico..

Più in particolare le unità affioranti nel territorio comunale di Sala Baganza possono essere distinte con riferimento alla “Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna –

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	15 di 47



Progetto CARG” (Fig. 12) che, per i depositi di margine appenninico, utilizza una suddivisione geologica delle unità basata su un metodo stratigrafico che utilizza le discontinuità e le superfici di continuità ad esse correlabili, per suddividere la successione sedimentaria in sequenze deposizionali.

### **DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI**

#### ***Deposito di frana attiva***

Accumuli caotici di elementi litoidi in matrice pelitica che presentano evidenze di movimenti in atto.

#### ***Deposito di frana quiescente***

Accumuli caotici di elementi litoidi in matrice pelitica attualmente quiescenti.

#### ***Depositi di versante in senso lato***

Depositi costituiti da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici immersi in matrice pelitica e/o sabbiosa.

#### ***Depositi alluvionali in evoluzione***

Deposito costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi) di origine fluviale, attualmente soggetto a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Può essere talora fissato da vegetazione.

### **SUCCESSIONE NEOGENICA-QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO**

Si tratta di depositi appartenenti alla successione post-evaporitica, sedimentatasi successivamente alla crisi di salinità che ha interessato il bacino del Mediterraneo nel corso del Messiniano.

#### ***Supersintema Emiliano-Romagnolo***

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo, depositosi a partire da circa 650.000 anni b.p. sino all'Olocene, è costituito da una successione sedimentaria di ambiente continentale, articolata in due sintemi:

- Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (**AES**);
- Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore (**AEI**).

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio – Olocene) è un'unità alluvionale prevalentemente grossolana.

Le unità di rango inferiore del AES affioranti nella zona sono:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	16 di 47



- Subsistema di Ravenna (AES8) (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.): ghiaie sabbiose, sabbie e limi con copertura discontinua di limi argillosi. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.
- Unità di Modena (AES8a) (Olocene; post IV-VII sec. d.C.): ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.
- Subsistema di Villa Verucchio (AES7): (Pleistocene sup.): ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Il profilo di alterazione (alfisuoli) presenta uno spessore fino a 4-5 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale relitta corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è erosivo e discordante sugli altri allomembri e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 m.
- Unità di Vignola (AES7b) (Pleistocene sup.): Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi del reticolo idrografico secondario. Il profilo di alterazione presenta uno spessore fino ad 1.5-2.0 m. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 30 m.
- Unità di Niviano (AES7a) (Pleistocene sup.): ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e può raggiungere i 4-5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composta e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo è di circa 15 metri.
- Subsistema di Agazzano (AES3) (Pleistocene medio): ghiaie e ghiaie sabbioso-argillose prevalenti nelle aree di conoide e sabbie e limi argillosi con subordinati livelli di ghiaie nelle aree di interconoide. I depositi intravallivi sono generalmente costituiti da un intervallo basale con ghiaie prevalenti, sovrastato da un intervallo fine, limoso-argilloso. I depositi di conoide ghiaiosa, distali, invece, presentano

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	17 di 47



comunemente un livello fine di spessore metrico alla base dell'unità. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 6-7 m di profondità. Alla sommità dell'intervallo fine delle aree terrazzate si rinvengono manufatti del Paleolitico medio. Il contatto di base è erosivo e discordante. Spessore variabile da alcuni metri a 55 metri circa (nel sottosuolo della pianura).

- Unità di Miano (AES2a) (Pleistocene medio): Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, con copertura di limi argillosi: depositi intravallivi terrazzati, separati mediante una scarpata fluviale di altezza decametrica dai depositi dell'unità AES1. Tra il Fiume Taro e il Torrente Baganza l'unità è costituita da limi e limi sabbiosi, ricoperti da ghiaie e sabbie fortemente pedogenizzate: depositi di conoide alluvionale prossimali. Lo spessore massimo è di circa 35 m.
- Unità di Fico Rosso (AES2b) (Pleistocene medio): Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, con copertura di limi argillosi: depositi intravallivi terrazzati, separati mediante una scarpata fluviale di altezza decametrica dai depositi dell'unità AES2a. Tra il Fiume Taro e il Torrente Baganza l'unità è costituita da limi e limi sabbiosi, con intercalazioni di ghiaie e sabbie, fortemente pedogenizzati, sovrapposti ad AES2a: depositi di conoide alluvionale prossimali. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 40m.
- Subsistema di Monterlinzana (AES1) (Pleistocene medio): unità costituita da un intervallo basale grossolano a ghiaie clasto-sostenute, con matrice sabbioso-limosa, e da un intervallo superiore prevalentemente fine, massivo, di colore grigiastro, giallognolo all'alterazione, con intercalate localmente sabbie e ghiaie di spessore massimo pari a 2 m: depositi intravallivi terrazzati. Sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie, localmente stratificati: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. Il contatto di base è generalmente erosivo e discordante. Lo spessore dei depositi intravallivi, terrazzati, non supera i 20 m; nel sottosuolo della pianura alluvionale, i depositi coevi di conoide alluvionale ghiaiosa raggiungono spessori di circa 40 m.

Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore (AEI) (Pleistocene inf. – Pleistocene medio): Limi e limi argillosi prevalenti di colore grigio-azzurro, talora con screziature giallo-ocracee di ossidazione, con intercalazioni ghiaiose le quali, in corrispondenza dei paleo-apparati fluviali principali possono diventare predominanti. Sono frequenti i livelli ricchi in sostanza organica (prevalentemente frustoli carboniosi) e con presenza di gasteropodi continentali:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	18 di 47



depositi di piana alluvionale e localmente di conoide alluvionale distale. Lo spessore complessivo dell'unità varia da 0 a circa 160 m nella parte indagata di sottosuolo. Il contatto di base è netto e discordante, talora erosivo

### ***Supersintema del Quaternario Marino***

Il Supersintema del Quaternario Marino (Qm), depositosi tra la fine del Pliocene – inizio Pleistocene e circa 650.000 anni b.p., è costituito da terreni paralici e marini, depositi al di sopra di una superficie di discontinuità regionale.

- *Sintema di Costamezzana (CMZ)* (Pleistocene inf.): E' costituito grossolanamente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest. 1) Sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati: depositi prossimali di delta-conoide. 2) Sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione pianoparallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche: depositi lagunari. 3) Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche. Frequenti anche la stratificazione obliqua a grande scala e le laminazioni trattive. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana: depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina. Il contatto di base è erosivo o netto e discordante. Lo spessore complessivo varia da 0 a 400 m circa.
- *Sintema del Torrente Stirone (ATS)* (Pliocene sup. - Pleistocene inf.): unità costituita da depositi paralici e marini che si compone di due litofacies in parte eteropiche. Il limite basale è netto e discordante. Spesso, in affioramento sul margine appenninico e in corrispondenza degli alti strutturali sepolti, il limite basale è marcato dalla presenza di un livello calcarenitico di spessore plurimetrico ("crostone fossilifero" nei Profili al mille dei pozzi AGIP). Lo spessore di questa alloformazione varia da poche decine a circa 1200 m.
  - *litofacies pelitica (ATSa)*: Litofacies prevalentemente fine, costituita da peliti sovente bioturbate e con presenza di fossili marini. Si intercalano



Elaborato	Data	Agg.	Pag.
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	19 di 47



strati sottili di sabbie fini, gradati, talvolta con detrito conchigliare alla base e con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky. Eccezionalmente, intercalati alle peliti, si possono rinvenire livelli con ghiaie e ciottoli in matrice pelitica: depositi di prodelta, piattaforma e scarpata sottomarina. Lo spessore massimo della litofacies è di circa 420 m a sud-ovest dell'allineamento Stradella - Corcagnano, mentre esso supera i 1200 m in corrispondenza della città di Parma

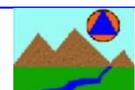
**Argille Azzurre (FAA)** (Pleistocene inf. – medio): Peliti marnose, grigio-azzurre massive a frattura concoide, in genere a stratificazione poco evidente, con rari livelli sabbioso-siltosi per lo più concentrati nella porzione basale della formazione e rari livelli siltosi in quella superiore. Frequenti microfossili (foraminiferi planctonici) e macrofossili (lamellibranchi, gasteropodi, pteropodi, eccezionalmente resti di mammiferi sia marini che terrestri). Abbondanti anche resti di frammenti vegetali lignitizzati e livelli ad intensa bioturbazione. Depositi distali di piattaforma e di bacino. Contatto netto su FCO e SVN quando presente. Spessore massimo 800 m.

**Formazione a Colombacci – litofacies arenacea (FCOa)** (Messiniano): Sabbie ed arenarie medie poco cementate giallastre, a laminazione incrociata a basso angolo o a laminazione piano-parallela poco evidente. Rari livelli argillosi sottili e discontinui e ciottoli molli d'argilla. Sono presenti localmente piccoli canali ghiaiosi. Abbondanti resti vegetali lignitizzati anche ben conservati e meno comuni molluschi ipoalini. Contatto parzialmente eteropico su FCOb. Spessore massimo 55 m.

**Formazione a Colombacci – litofacies conglomeratica (FCOb)** (Messiniano): Paraconglomerati poligenici grossolani gradati, a matrice sabbiosa, spesso poco cementati e poco organizzati, in corpi canalizzati. Clasti ben arrotondati provenienti da unità liguri e dalla successione epiligure, spesso dalla Formazione di Contignaco. Verso l'alto locali intercalazioni di areniti da grossolane a fini in strati da medi a spessi, a geometria lenticolare. Spessore variabile da pochi metri a 60 m circa.

### **SUCCESSIONE EPILIGURE**

**Formazione di Contignaco (CTG)** (Aquitaniense - Burdigaliano): Marne selciose, più o meno siltose, di colore grigio, con patine manganesifere nerastre e ocracee, o arenarie risedimentate da fini a spesse grigie. Selce generalmente diffusa, localmente in noduli e liste. Possono essere presenti banchi tripolacei chiari spessi fino a 8-10 m, talora cartografati (tp1), ricchissimi in silice sia di origine vulcanoclastica che biogenica. Sono

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	20 di 47



intercalate nella formazione anche argille fogliettate grigio-verdastre in livelli da sottili a spessi. Il limite inferiore è sfumato per alternanza con ANT. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m.

**Marne di Antognola (ANT)** (Rupeliano terminale - Aquitaniano): Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere. Stratificazione difficilmente percepibile. Sono presenti livelli torbiditici sottili e medi di arenarie vulcanoclastiche, arcosiche e quarzoso-feldspatiche. Localmente è stata distinta una litofacies arenacea (ANTa), caratterizzata dalla presenza di torbiditi arenaceo-pelitiche con areniti medio-fini, in strati sottili e medi, e areniti grossolane in strati medi e spessi. Localmente presente un orizzonte a slumping (sl). Il limite inferiore è rapido o discordante su RAN e sul substrato ligure. La potenza totale della formazione varia da pochi metri a oltre 500 m.

**Formazione di Ranzano (RAN)** (Priaboniano - Rupeliano): Data da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con facies deposizionali molto variabili da arenaceo-conglomeratiche a pelitico-arenacee. Dove la formazione non è suddivisibile in sottounità è costituita da un'alternanza monotona di areniti fini grigie, micacee, e peliti grigie e grigio-verdi, in strati sottili e medi, talora spessi,  $A/P < 1$ , localmente  $<< 1$ ; sono presenti sottili livelli arenitici vulcanoclastici e strati medi di marne calcaree chiare a base arenitica. Limite inferiore netto, talora erosivo, con MMP, marcato dalla comparsa di livelli arenacei; localmente poggia direttamente sul substrato ligure. Limite superiore netto, talora discordante, con ANT, marcato dalla scomparsa dei livelli arenacei. Origine prevalentemente torbiditica; ambiente di scarpata e di bacino, con presenza di frane sottomarine. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 250 m.

**Marne di monte Piano (MMP)** (Luteziano Sup. - Priaboniano): Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, marne e marne siltose grigie, grigio verdi, talora rosate, nella parte superiore della successione. Stratificazione generalmente poco evidente. Sedimentazione di tipo pelagico, in ambiente confinato e profondo, con rari apporti torbiditici. Il limite inferiore è discordante sulle unità liguri o netto su BAI, limite superiore netto con le Arenarie di Ranzano. La potenza affiorante è non superiore a 180 m.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	21 di 47



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

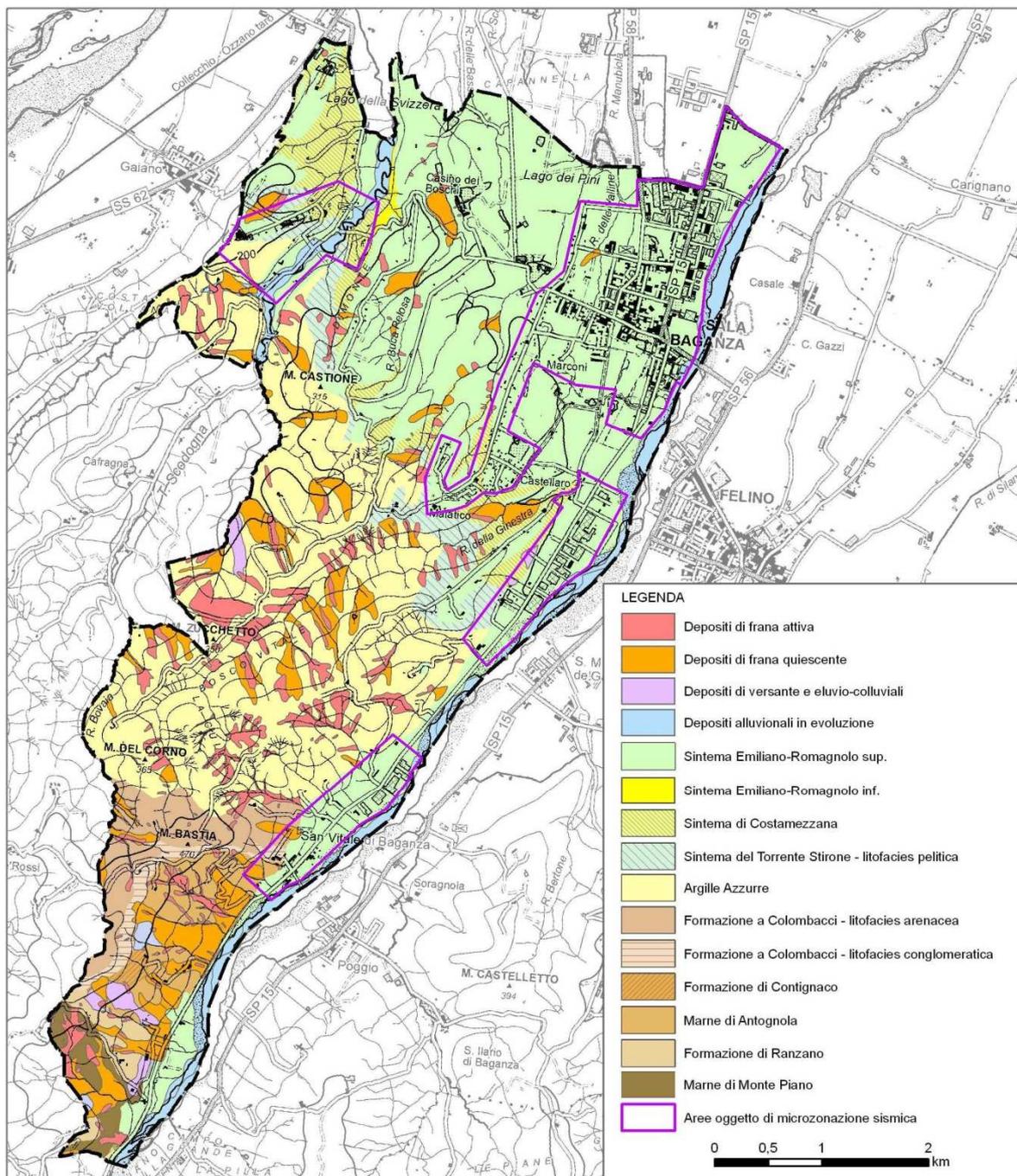


Fig. 12 – Inquadramento delle principali unità geologiche affioranti

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	22 di 47



## 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

### 4.1 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di esaminare le relazioni geologiche, prodotte a corredo di varianti agli strumenti urbanistici, di progetti edilizi, di PUA e di opere pubbliche e di acquisire copia delle indagini geognostiche eseguite.

Si è inoltre provveduto a consultare le indagini del DataBase Geognostico della Regione Emilia-Romagna, selezionando quelle utili per lo studio di microzonazione sismica.

Una volta completato il quadro dei dati disponibili, è stata pianificata e condotta una specifica campagna di indagini integrative consistita nell'esecuzione di n° 38 di misura di microtremori a stazione singola.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS. A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*).

In Tab. 2 è rappresentato il quadro d'insieme delle prove acquisite ricadenti nel territorio comunale o appositamente realizzate nelle aree interessate dal secondo livello d'approfondimento.

Prove in sito	Archivio UTC	RER	nuove prove	Totale
Sondaggi a carotaggio continuo	21	4		25
Saggi esplorativi con escavatore	4	2		6
Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DS)	32			32
Prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)	41			41
MASW	22			22
Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)			38	38
Pozzi per acqua		23		23
Profilo sismico a rifrazione	1			1
Tomografia elettrica	1			1
Totali	<b>122</b>	<b>29</b>	<b>38</b>	<b>189</b>

Tab. 2 – Prove in sito disponibili per il Comune di Sala Baganza

L'ubicazione degli elementi stratigrafici e geofisici acquisiti è riportata nella Carta delle indagini in scala 1:10.000.



## 5. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La valutazione della risposta sismica locale, sia con approccio semplificato, sia con modellazioni avanzate, non può prescindere da un'accurata ricostruzione del modello geosismico del sottosuolo tramite l'utilizzo di indagini geofisiche specifiche. Le prove MASW e le misurazioni effettuate tramite stazione singola (HVSR), hanno permesso di ricostruire con una certa precisione i modelli sismo-stratigrafici locali, poiché spesso i segnali si presentano con un'elevata coerenza nel modo fondamentale.

Le misure HVSR si presentano chiare anche se, a volte, la presenza di disturbi antropici ne hanno alterato il naturale andamento; in generale i rapporti spettrali H/V, non sono particolarmente elevati e sono in genere compresi tra 2 e 3.

Per ciascuna prova è stato riportato il grafico del rapporto spettrale H/V naturale, in cui si possono osservare gli eventuali picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze (Fig. 13).

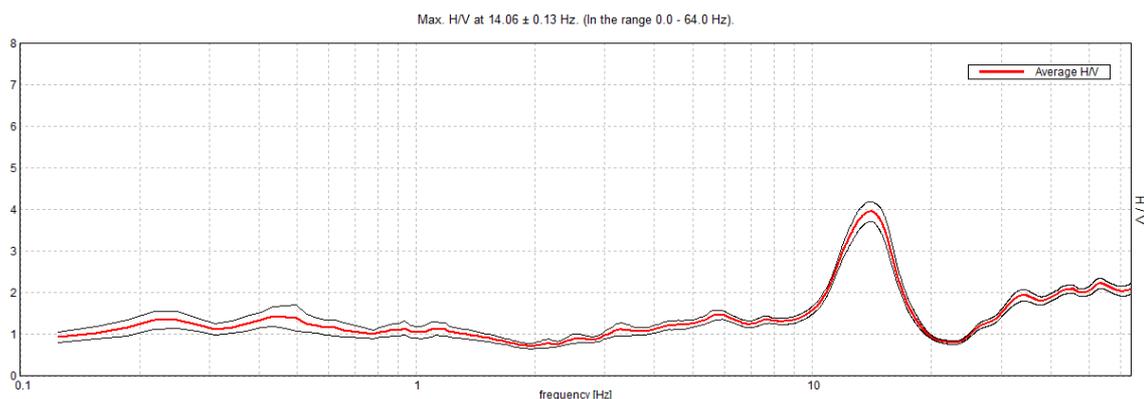


Fig. 14 – Esempio di curva H/V naturale della prova 034031P129HVSR172

Al fine di determinare la qualità delle singole misure HVSR effettuate e la loro relativa affidabilità, si è provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in materia, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

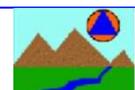
Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005), relativi alla robustezza statistica del segnale. Inoltre, per ogni singola acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità



fisica della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

In fase di elaborazione, sfruttando le possibilità di analisi direzionale e temporale del software utilizzato (GRILLA® – MOHO), è stata valutata la stazionarietà temporale dei rapporti spettrali misurati, prestando inoltre particolare attenzione alle variazioni azimuthali di ampiezza, nel rispetto della condizione di isotropia del segnale

Quanto ai criteri delle linee guida SESAME 2005 relativi alla “chiarezza” del picco di possibile risonanza, in alcuni casi non risultano soddisfatti, in quanto le caratteristiche geologiche del territorio esaminato fanno sì che spesso, nelle curve H/V, non siano presenti picchi ben pronunciati.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	25 di 47

## 6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, come descritto in precedenza, sono stati acquisiti tutti i dati bibliografici e di archivio disponibili, sono stati condotti puntuali rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica fruibile. In seguito, tenendo conto dell'insieme degli elementi acquisiti, è stata predisposta ed eseguita una campagna di rilievi integrativi e di controllo. A conclusione di questa fase sono stati predisposti i seguenti elaborati alla scala 1:10.000:

- **Carta delle indagini** - In questa carta è riportata l'ubicazione, di tutte le indagini in sito acquisite o realizzate in questa sede, distinte in base alla specifica tipologia (sondaggi, penetrometrie, prove geofisiche, ecc.).
- **Carta geologico-tecnica** - Questa carta, estesa all'intero territorio comunale, prende in esame i terreni di copertura, il substrato geologico, le instabilità dei versanti, gli elementi geologici, morfologici e idrogeologici e gli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura.
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni** - In questa carta sono riportate le ubicazioni dei punti ove sono state eseguite le indagini sismiche HVSR, con simbolicamente rappresentato il valore  $F_0$  del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (*frequenza principale*). A fianco di ciascun simbolo è riportata la frequenza relativa al primo picco significativo e, qualora presente, è indicata anche la frequenza di un secondo picco (*frequenza secondaria*). Le misure inoltre sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze e dell'ampiezza del picco.
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica** - In questa carta, estesa all'intero territorio comunale, sono state individuate le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, distinte in nove zone, le zone di attenzione per instabilità di versante e i punti di misura di rumore ambientale.

Successivamente è stato predisposto il seguente elaborato:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S** - In questa carta è stata riportata l'ubicazione delle prove MASW e a fianco di ciascuna prova è stato riportato il rispettivo valore di  $V_{s30}$  e/o  $V_{sH}$  in m/s.

Infine si è proceduto con la terza ed ultima fase di lavoro, che ha portato alla determinazione dei fattori di amplificazione e sono stati prodotti i seguenti elaborati:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	26 di 47



- **Carte di microzonazione sismica** - In queste carte sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame. Più in particolare sono stati predisposti i seguenti elaborati cartografici:
- Carta di microzonazione sismica - FA PGA
  - Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,1 - 0,5 s
  - Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,4 - 0,8 s
  - Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,7 - 1,1 s
  - Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,1 - 0,5 s
  - Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,5 - 1,0 s
  - Carta di microzonazione sismica - HSM

 <i>Studio di geologia</i> <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	27 di 47

## 7. ELABORATI CARTOGRAFICI

### 7.1 Carta delle indagini

Nell'aggiornamento della Carta delle indagini sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione, unitamente ai dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o geofisiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale.

Esse sono state distinte in base alla tipologia (Fig. 14).

	Sondaggio a carotaggio continuo
	Sondaggio a carotaggio continuo che ha raggiunto il substrato
	Sondaggio a distruzione
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica
	Prova penetrometrica dinamica superpesante
	Trincea o pozzetto
	Pozzo acqua
	Pozzo idrocarburi
	Stazione microtremore a stazione singola
	Stratigrafia zona MS (teorica)
	MASW
	Profilo sismico a rifrazione
	Tomografia elettrica

Fig. 14 – Legenda della Carta delle indagini

Nelle carte sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri delle aree oggetto di microzonazione sismica di Livello 2 dove sono state indirizzate le analisi, ma ugualmente utili a definire le caratteristiche litostratigrafiche e/o geofisiche dei terreni.



## 7.2 Carta geologico-tecnica per microzonazione sismica

Nella Carta geologico-tecnica sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche pregresse.

Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1), che saranno descritte nel successivo paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Nel presente studio, per la stesura della Carta geologico tecnica, si è fatto riferimento, in particolare, alla seguente documentazione, opportunamente verificata mediante sopralluoghi di campagna:

- elaborati del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale;
- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 199 “Parma”, realizzati secondo le specifiche tecniche del Progetto CARG;
- Carta Geologica di Pianura dell’Emilia-Romagna, alla scala 1:250.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- indagini puntuali (cfr. Cap. 4).

L’assetto giaciturale e strutturale delle formazioni geologiche è rappresentato dalla sezione geologica rappresentata nella Fig. 15, la cui traccia è riportata nella carta geologico-tecnica.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	29 di 47



La legenda della carta geologico-tecnica è la seguente (Fig. 16):

### Terreni di copertura

GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre

### Substrato geologico

ALS	Alternanza di litotipi stratificato
GR	Granulare cementato
GOS	Coesivo sovraconsolidato stratificato
CO	Coesivo sovraconsolidato

### Elementi tettonico strutturali

=====	Faglia con cinematismo non definito (certa)
== == ==	Faglia con cinematismo non definito (incerta)

### Instabilità di versante

	Scorrimento – attiva
	Colata – attiva
	Complessa – attiva
	Scorrimento – quiescente
	Colata – quiescente
	Complessa – quiescente
	Non definito – quiescente

### Elementi geologici e idrogeologici

	Profondità (m) substrato geologico raggiunto da pozzo o sondaggio
	Giacitura strati
	Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

### Ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

es	Argini / barre / canali
tf	Terrazzo fluviale
ec	Eluvi/colluvi

Fig. 16 – Legenda della Carta geologico tecnica

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	31 di 47



In estrema sintesi il sottosuolo del territorio comunale presenta le seguenti caratteristiche:

- il settore nord orientale del territorio, su cui sorge parte del Capoluogo, i Boschi di Carrega e la frazione di Maiatico, è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali pleistocenici, aventi uno spessore di 30÷40 metri, che ricoprono il substrato geologico costituito dai depositi di origine marina ascrivibili al Sintema di Costamezzana;
- spostandosi verso l'estremità nord-orientale del territorio, all'altezza del T. Baganza, il Sintema di Costamezzana tende ad approfondirsi con conseguente ispessimento della coltre alluvionale;
- spostandosi verso il settore nord-occidentale si assiste ad un innalzamento del tetto del substrato marino quaternario, che risulta affiorante nella valle del T. Scodogna e ricoperto solo da lembi residuali di terrazzi alluvionali pleistocenici, localizzati nelle zone di alto morfologico, e da depositi alluvionali di fondovalle;
- il substrato quaternario marino tende ad innalzarsi spostandosi verso sud, sino ad affiorare nella fascia immediatamente a monte della frazione di Maiatico;
- il settore centro-meridionale del territorio è delimitato sul lato orientale dal fondovalle del T. Baganza, i cui depositi alluvionali presentano una ridotta potenza e sovrastano direttamente i sedimenti marini del Quaternario e quelli delle Argille Azzurre plioceniche e delle unità epiliguridi. Questi ultimi affiorano lungo il versante in sinistra idrografica al corso d'acqua.

Nelle Carta geologico tecnica, dovendo attenersi agli standard di rappresentazione dettati dagli SRAI, sono state distinte, sulla base delle caratteristiche tessiturali, le seguenti unità di terreni di copertura:

- **GP** – *Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia*: sono cartografate in corrispondenza dei depositi in evoluzione del T. Baganza;
- **GM** – *Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo*: sono cartografate in corrispondenza dei terrazzi alluvionali olocenici del T. Baganza.
- **GC** – *Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla*: sono cartografate in corrispondenza dei depositi alluvionali antichi e nel fondovalle del T. Scodogna.
- **CL** - *Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre*: sono cartografate in corrispondenza

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	32 di 47



dell'areale dei Boschi di Carrega, dei settori morfologicamente rilevati del Capoluogo, nel bacino del T. Scodogna, a monte del Castellaro e nei pressi di San Vitale Baganza.

Inoltre sono state cartografate le zone laddove affiora il substrato geologico distinguendo tra:

- **ALS** – alternanza di litotipi stratificato: affiora nella fascia di margine appenninico e nell'estremo settore meridionale;
- **GR** – granulare cementato: si rinviene lungo una ristretta fascia a monte di San Vitale Baganza, in corrispondenza della litofacies conglomeratica della Formazione a Colombacci;
- **COS** – coesivo sovraconsolidato stratificato: affiora in ristrette fasce a monte del Capoluogo e dei Boschi Carrega e nel settore meridionale a monte di S. Vitale Baganza;
- **CO** – coesivo sovraconsolidato: è presente nel settore collinare del territorio comunale, laddove affiora la formazione delle Argille Azzurre.

Sono stati altresì distinti gli ambienti genetico - deposizionali dei terreni di copertura secondo le seguenti classi:

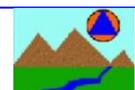
- **es** – argini, barre, canali;
- **tf** – terrazzo fluviale;
- **ec** – eluvi/colluvi.

Infine nella Carta geologico tecnica sono stati riportati i pozzi e i sondaggi profondi che hanno raggiunto il substrato geologico e la profondità dello stesso.

### 7.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base di tutti i dati tomografici disponibili, sia contenuti nell'archivio comunale, sia di nuova acquisizione, è stata redatta la Carta delle frequenze naturali dei terreni a scala 1:10.000.

Si tratta di una carta derivata dalle indagini speditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali). In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di  $F_0$  del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di eventuali altri picchi significativi a più alta frequenza).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	33 di 47

Gli indirizzi tecnici a cui si è fatto riferimento prescrivono, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

- $F_0 \leq 0,6$  Hz
- $0,6 \text{ Hz} < F_0 \leq 1$  Hz
- $1 \text{ Hz} < F_0 \leq 2$  Hz
- $2 \text{ Hz} < F_0 \leq 8$  Hz
- $F_0 > 8$  Hz

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un contrasto d'impedenza più o meno alto.

In Fig. 17 si riporta uno stralcio della legenda di tale elaborato cartografico.

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco			spessore atteso (m)
	$1,5 < \text{HVSr} < 2$	$2 < \text{HVSr} < 3$	$\text{HVSr} \geq 3$	
$F_0 \leq 0,6$				> 200
$0,6 < F_0 \leq 1$				200 - 100
$1 < F_0 \leq 2$				100 - 30
$2 < F_0 \leq 8$				30 - 10
$F_0 > 8$				< 10
Assenza di picchi significativi				

A lato del simbolo sono riportate la frequenza relativa al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Fig. 17 – Legenda della Carta delle frequenze

## 7.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento.

In tale elaborato l'intero territorio comunale viene distinto a seconda dell'appartenenza a una delle seguenti categorie:

- 1) **zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	34 di 47



natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti. Questa categoria non è presente sul territorio del Comune di Sala Baganza.

- 2) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. All'interno di queste aree si è operata un'ulteriore distinzione sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, identificando profili stratigrafici tipo ai quali possono essere ricondotti gli areali esaminati. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello;
- 3) zone suscettibili di instabilità.** Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni (queste ultime non presenti sul territorio salese) e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

La categoria dominante è quella delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni. Infatti, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono stati identificate 7 microzone omogenee ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo (cfr. Fig. 18):

- Zona 1 - successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi alluvionali ghiaiosi con copertura di materiali fini limo-argillosi, talvolta limo-sabbiosi, generalmente di spessore inferiore a 3 metri. All'interno dei sedimenti ghiaiosi sono presenti locali intercalazioni di materiali fini. Il substrato geologico, costituito da depositi del Quaternario marino e situato a profondità di 30-35 metri, è di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s). Affiora nell'alveo del T. Baganza a valle dell'abitato di Castellaro.
- Zona 2 - successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso talvolta inglobante ciottoli dello spessore variabile da 3 a 7 m, che ricopre depositi alluvionali ghiaioso-argillosi. Il substrato geologico, costituito da depositi del Quaternario marino e situato a profondità di 30-35 metri, è di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s). Si individua nei settori morfologicamente depressi (ribassati) del Capoluogo, lungo il Rio Manubiola e in una sottile fascia di territorio in località Palazzina.
- Zona 3 - successione stratigrafica costituita da un orizzonte superficiale limo-argilloso talvolta inglobante ciottoli avente spessore di 7÷15 m che ricopre

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	35 di 47



alternanze di orizzonti ghiaiosi e argilloso-ghiaiosi. Il substrato geologico, costituito da depositi del Quaternario marino e situato a profondità di 20-35 metri, è di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s). Interessa ampie estensioni di territorio in corrispondenza dell'areale dei Boschi di Carrega e i settori morfologicamente rilevati del Capoluogo.

- Zona 4 - successione stratigrafica costituita da un livello superficiale argilloso-limoso dello spessore di circa 3-5 m che ricopre sedimenti ghiaioso-argillosi di origine alluvionale. Il substrato geologico, costituito generalmente da depositi del Quaternario marino o dalla argille plio-pleistoceniche e situato a profondità variabili da 7 a 20 metri, è di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s). Si individua in alcune fasce di forma allungata nel bacino del T. Scodogna, a monte del Castellaro e nei pressi di San Vitale Baganza.
- Zona 5 - successione stratigrafica costituita da un orizzonte superficiale ghiaioso con ridotta copertura fine, che si spinge sino a profondità di -5-7 m da p.c. e ricopre un substrato geologico marino di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s). Interessa i depositi attuali e recenti del T. Baganza dal limite meridionale del territorio comunale sino all'altezza del Castellaro e i depositi recenti del T. Scodogna.
- Zona 6 - substrato geologico marino di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s) subaffiorante. Rappresenta la classe di maggiore estensione e si individua in corrispondenza del settore collinare del territorio comunale, con la sola esclusione dell'areale dei Boschi di Carrega.
- Zona 7 - successione stratigrafica costituita da un livello superficiale prevalentemente limo-argilloso dello spessore di 3-5 m, che ricopre un substrato geologico marino di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s). Si individua lungo il Rio Ginestra e in corrispondenza di depositi eluvio-colluviali.

Le Fig. 18 mostra le colonne stratigrafiche sintetiche che caratterizzano le MOPS delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

 <b>Studio di geologia</b> <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	36 di 47



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

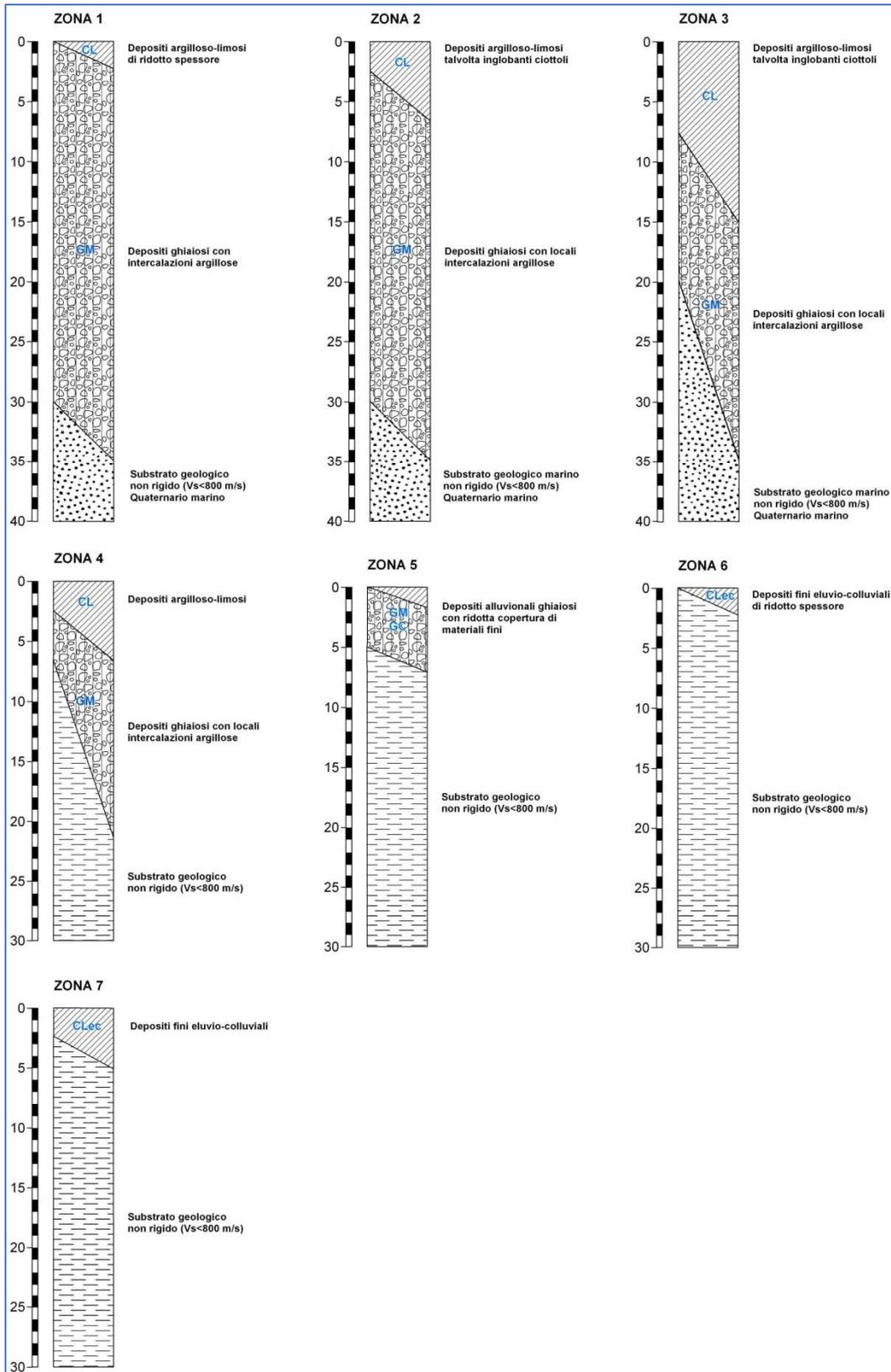


Fig. 18 - Colonne stratigrafiche sintetiche relative alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	37 di 47

In estesi settori del territorio comunale sono state cartografate zone di attenzione per instabilità, riconducibili a fenomeni di instabilità di versante attivi e quiescenti come di seguito descritte (cfr. Fig. 19):

- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 8. Corpo di frana di spessore 3-5 m, costituito da materiali prevalentemente argilloso-limosi, che coinvolge depositi alluvionali terrazzati. Corrisponde con i movimenti franosi attivi e quiescenti presenti nell'areale dei Boschi di Carrega.
- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 9. Corpo di frana di spessore 5-10 m, costituito da materiali prevalentemente argilloso-limosi, impostato su un substrato geologico marino di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s). Corrisponde con i movimenti franosi attivi e quiescenti presenti nel settore collinare meridionale e occidentale del territorio comunale.

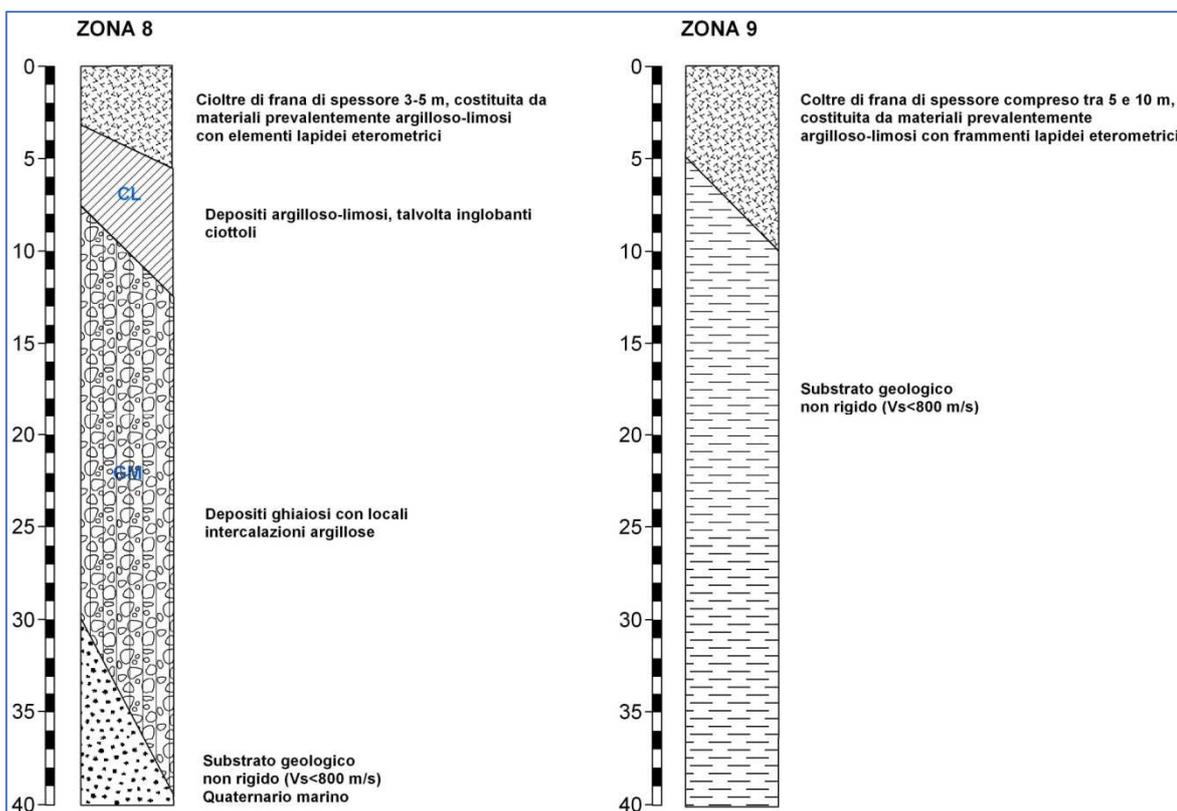


Fig. 19 - Colonne stratigrafiche sintetiche relative alle zone di attenzione per instabilità di versante

## 7.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, per tutte le aree oggetto di studio è stata redatta la Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ ).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	38 di 47

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, indicando il corrispondente valore di VsH (in m/s), dove:

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

$H$  = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*

$h_i$  = spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo (fino al *bedrock*)

$V_{S_i}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino al *bedrock*);

o di Vs30 (sempre in m/s), dove:

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

$h_i$  = spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m);

$V_{S_i}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m).

In Fig. 20 si riporta uno stralcio della legenda di tale elaborato cartografico:

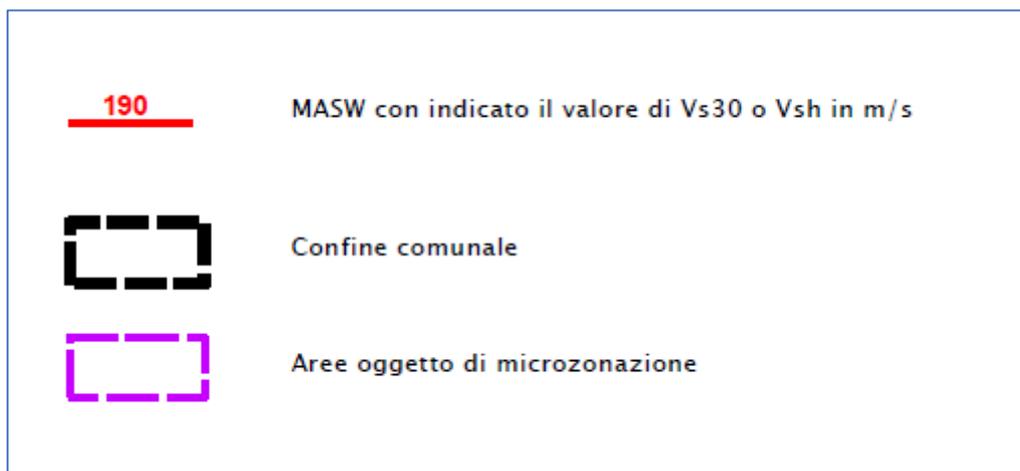


Fig. 20 – Legenda della Carta delle velocità delle onde di taglio S

## 7.6 Carte di microzonazione sismica

Le Carte di microzonazione sismica di Livello 2 in scala 1:10.000 fanno parte degli elaborati grafici conclusivi del presente studio.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	39 di 47



- $F_{PGA} = PGA/PGA_0$ , dove  $PGA_0$  è l'accelerazione massima orizzontale a periodo  $T=0$  al suolo di riferimento e  $PGA$  è l'accelerazione massima orizzontale a periodo  $T=0$  alla superficie del sito;
- $FA = SA/SA_0$ , dove  $SA_0$  è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e  $SA$  è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi  $T$ :  $SA1$  per  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ,  $SA2$  per  $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ,  $SA3$  per  $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ;
- $FH = SI/SI_0$ , dove  $SI_0$  è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e  $SI$  è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi  $T$ :  $SI1$  per  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ,  $SI2$  per  $0,5s \leq T \leq 1,0s$ .

Per le aree sottoposte ad analisi di secondo livello i valori dei fattori di amplificazione (FA) sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 630 del 29 aprile 2019 della Regione Emilia-Romagna (Tabb. 3 e 4).

La scelta dell'abaco per la stima dei fattori di amplificazione è stata effettuata sulla base delle caratteristiche sismo-stratigrafiche del sottosuolo.

In Fig. 21 sono state rappresentate le Zone oggetto di studio, distinte sulla base delle tabelle utilizzate per l'attribuzione dei fattori di amplificazione.

In Fig. 22 sono viceversa rappresentati i valori di  $V_{sh}$  utilizzati per la determinazione dei fattori di amplificazione.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	40 di 47



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

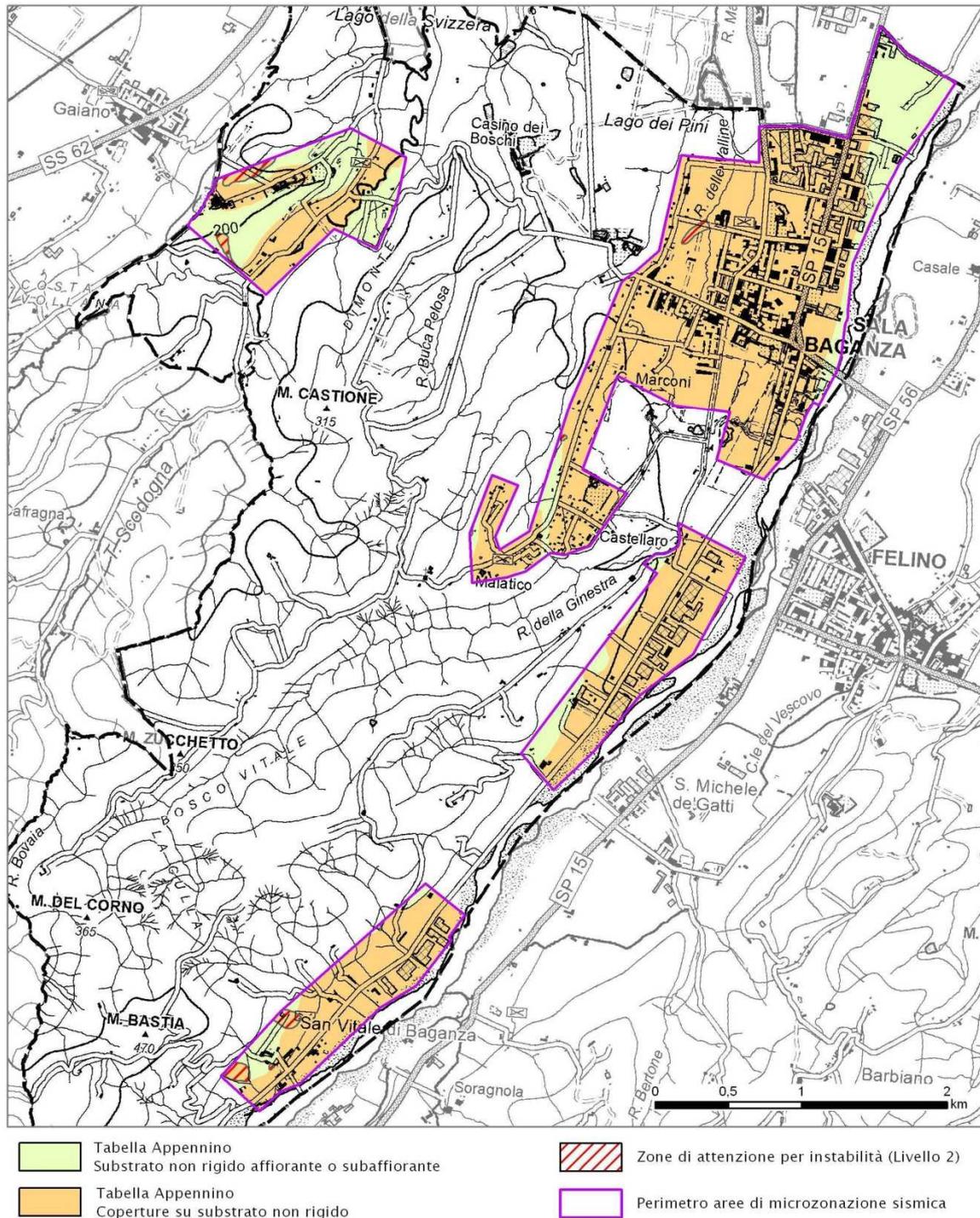


Fig. 21 - Suddivisione delle zone in base alle tabelle allegate alla DGR n. 630/2019 utilizzate per la determinazione dei fattori di amplificazione

 <p><b>Studio di geologia</b> <b>dott. Stefano Castagnetti</b></p>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	41 di 47



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

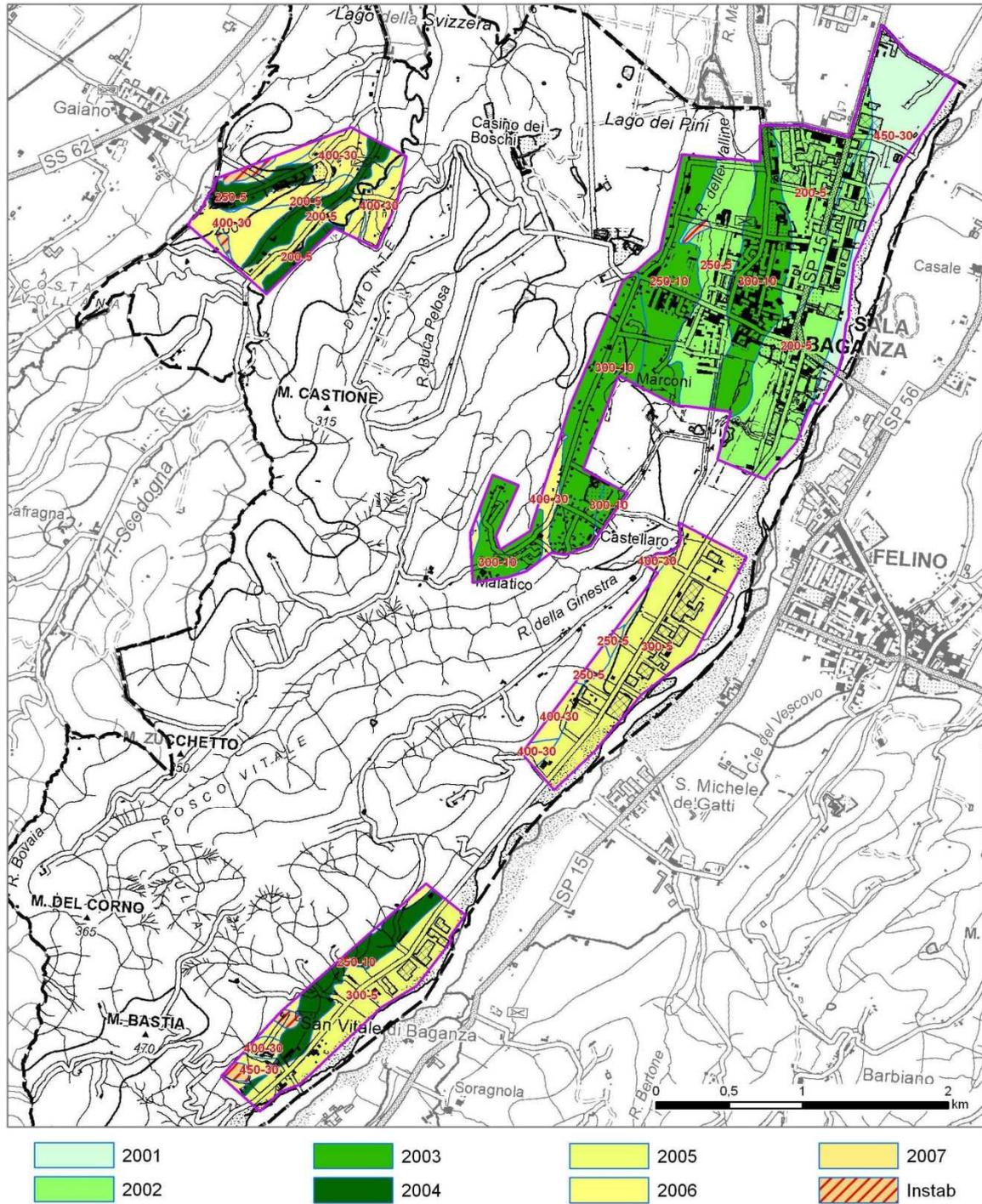


Fig. 22 – Carta delle MOPS con riportati i valori di Vsh utilizzati per la determinazione dei fattori di amplificazione (i valori sono rappresentati come coppia Vs-H).



$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
PGA					1,9	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SA1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,2	1,1
SA2					1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3
SA3					1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ )

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SI1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
SI2					1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ )

Tab. 3 – Tabella da utilizzare per la stima di F.A., in termini di PGA, SA e SI, nel caso di substrato marino non rigido con  $V_s \ll 800$  m/s affiorante o subaffiorante (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	43 di 47



$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2		
25	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3		
30		2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3		
35		2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	
40		2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	
50		1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	

Fattore di Amplificazione PGA

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA1 (0,1s ≤ T ≤ 0,5s)

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SII (0,1s ≤ T ≤ 0,5s)

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SII2 (0,5s ≤ T ≤ 1,0s)

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SA2 (0,4s ≤ T ≤ 0,8s)

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA3 (0,7s ≤ T ≤ 1,1s)

Tab. 4 – Tabella da utilizzare per la stima di F.A., in termini di PGA, SA e SI, nel caso di substrato marino non rigido con  $V_s \ll 800$  m/s con sovrastanti depositi di copertura maggiori di 2,5 metri (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

I fattori di amplificazione sono stati ricavati nel seguente modo:

- per la MOPS 2001, costituita da depositi alluvionali olocenici della conoide del T. Baganza, si è fatto riferimento alla tabella Appennino con substrato non



Elaborato	Data	Agg.	Pag.
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	44 di 47



rigido affiorante (Tab. 3), in quanto i depositi ghiaiosi risultano subaffioranti e non sono evidenti contrasti di impedenza significativi;

- per le MOPS 2002 – 2003 – 2004 si è fatto riferimento alla tabella Appennino con coperture su substrato non rigido (Tab. 4), considerando significativo il contrasto di impedenza corrispondente al passaggio tra depositi fini superficiali e ghiaie sottostanti assunte come substrato non rigido;
- per la MOPS 2005, costituita da depositi ghiaiosi poggianti direttamente su substrato geologico, si è fatto riferimento alla tabella Appennino con coperture su substrato non rigido (Tab. 4), assumendo H pari allo spessore delle ghiaie anche in assenza di un contrasto di impedenza con il substrato sottostante;
- per la MOPS 2006, costituita da substrato geologico affiorante, si è fatto riferimento alla tabella Appennino con substrato non rigido affiorante (Tab. 3);
- per la MOPS 2007, costituita da depositi eluvio-colluviali o depositi diversante in s.l., si è fatto riferimento alla tabella Appennino con coperture su substrato non rigido (Tab. 4).

In corrispondenza delle aree analizzate non sono presenti abitati che ricadono in contesti morfologici caratterizzati da pendii di altezza >30 m e con inclinazione media >15° e di conseguenza non si è reso necessario valutare l'amplificazione dell'impulso sismico generata dalle condizioni topografiche.

Infine è stata inoltra prodotta la carta Hsm, che rappresenta lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in  $\text{cm/s}^2$ ) per l'intervallo di periodo  $0,1 \leq T \leq 0,5\text{s}$ . Tale scuotimento è espresso attraverso il parametro H, dato dal prodotto dell'Acceleration Spectrum Intensity (ASI), integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per determinati intervallo di periodi, diviso per  $\Delta T$  e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H = \frac{ASI}{\Delta T} \times FA$$

I valori di ASI sono stati determinati attraverso gli spettri di risposta a pericolosità uniforme in pseudo-accelerazione con  $T_r$  pari a 475 anni, riferiti al baricentro di ogni MOPS.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	45 di 47



## 8. COMMENTI FINALI E CRITICITÀ

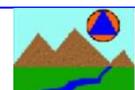
Innanzitutto, va ricordato che il presente studio di microzonazione sismica è stato condotto mediante l'applicazione dei criteri contenuti negli indirizzi regionali riferiti agli studi con approfondimento di secondo livello e, pertanto, ricorrendo a metodi semplificati per la stima dell'amplificazione sismica.

Nei capitoli precedenti, è stato ampiamente evidenziato come l'assetto geologico delle aree indagate sia tale per cui la risposta sismica locale risulti condizionata da vari fattori, spesso di non facile definizione, con le informazioni litostratigrafiche e sismiche, sia già disponibili che reperibili a costi sostenibili, primo fra tutti, la definizione della profondità del *bedrock sismico* (sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio  $V_s$  maggiore o uguale a 800 m/s).

In particolare la stima dell'amplificazione nelle aree di attenzione per instabilità di versante deve essere considerata puramente indicativa, in quanto in tali aree risulta necessario effettuare approfondimenti di terzo livello che consentono una quantificazione più precisa dell'amplificazione a seguito di studi di risposta sismica locale.

Ciononostante, per l'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile, è stato possibile effettuare, una microzonazione del territorio con attribuzione dei fattori di amplificazione.

Una riflessione specifica può essere fatta per l'areale di S. Vitale Baganza, in cui si verificarono significativi danni al patrimonio edilizio in occasione dell'evento sismico del 23.12.2008. Dalla MS2 non sono emersi elementi chiari che possano caratterizzare gli effetti di amplificazione locale e giustificare quanto accaduto. Si suggerisce di sottoporre l'area ad approfondimenti di terzo livello.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	46 di 47



## 9. ELENCO ELABORATI

- Relazione illustrativa
- Carta delle indagini in scala 1:10.000
- Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:10.000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:10.000
- Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ ) in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica -  $FA_{PGA}$  in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica -  $FA_{SA\ 0,1 - 0,5\ s}$  in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica -  $FA_{SA\ 0,4 - 0,8\ s}$  in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica -  $FA_{SA\ 0,7 - 1,1\ s}$  in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica -  $FA_{SI\ 0,1 - 0,5\ s}$  in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica -  $FA_{SI\ 0,5 - 1,0\ s}$  in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica -  $H_{SM}$  in scala 1:10.000

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Aprile 2020	0	47 di 47