



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

Regione Emilia Romagna  
Comune di Piozzano



<p>Regione</p>  <p>Studio realizzato con il contributo regionale (determina n. 16174/2021) reso disponibile con DGR 566/2021</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p><b>GEOINVEST</b> s.r.l. Geologia-Geofisica Via della Conciliazione 45/A Piacenza geoinvest@geoinvest.it - 0523 593622</p>	<p>Data</p> <p>gennaio 2023</p>
---	---	---------------------------------

## Sommario

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	Inquadramento geografico.....	4
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	Caratteristiche sismotettoniche.....	4
2.2	Sismicità del territorio.....	8
2.3	Classificazione sismica comunale.....	10
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	12
3.1	Inquadramento geologico.....	12
3.2	Inquadramento geomorfologico.....	16
3.2.1	Processi di versante.....	17
3.2.2	Forme deposizionali.....	19
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	19
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	20
6	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	20
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	22
8	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	23
8.1	Carta delle indagini.....	23
8.2	Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS).....	24
8.3	Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni.....	26
8.4	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS).....	27
8.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ ).....	32
8.6	Carte di Microzonazione Sismica di secondo livello (Carta di MS).....	33
8.7	Carte della distribuzione dei valori di $H_{SM}$ .....	36
9	CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	37
10	BIBLIOGRAFIA.....	39
11	ALLEGATI.....	40

## 1 INTRODUZIONE

A seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Piozzano (PC), con Determina n.50 del 14/10/2021 sono state condotte le analisi geologiche e geofisiche a supporto del presente Studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 2, per il territorio del Comune di Piozzano (Provincia di Piacenza).

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

La MS consente di suddividere il territorio esaminato in base alla distribuzione degli eventuali fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma e di amplificazione sismica stratigrafica, legati cioè alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle aree considerate.

L'insieme di queste conoscenze riguardanti il comportamento dei terreni durante un evento sismico e gli effetti indotti dall'evento stesso è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace se realizzato e applicato durante la fase di pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte di trasformazione verso aree a minore pericolosità.

Tutte le attività svolte, in particolare l'elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti, sono state effettuate nel rispetto dei seguenti riferimenti tecnici:

- “Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versione 4.2, Roma, dicembre 2020.
- “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome nel 2008 più le successive modifiche e integrazioni.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 2, in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici sopraelencati, mira a:

- approfondire le indagini nelle aree zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e nelle zone suscettibili di instabilità, definite al Livello 1 di approfondimento.
- quantificare, per le zone di cui sopra, l'amplificazione locale del moto sismico di base mediante differenti fattori di amplificazione.
- fornire una stima del parametro di pericolosità  $H_{SM}$ .

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato il plugin MzSTools di QGIS, sviluppato nel Laboratorio GIS dell'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG) del CNR di Roma (<https://plugins.qgis.org/plugins/MzSTools/>).

I dati cartografici sono stati allestiti in formato vettoriale (*shapefile*) e gli elaborati sono stati prodotti in versione digitale (pdf con risoluzione di 300 dpi).

Le aree oggetto di MS presentano una superficie complessiva di 7.47 km<sup>2</sup>, corrispondente a circa il 17% dell'intero territorio comunale (43.73 km<sup>2</sup>).

## 1.1 Inquadramento geografico

Il territorio del Comune di Piozzano (Fig. 1), situato nel settore occidentale della provincia di Piacenza, ricade nell'ambito collinare dell'Appennino piacentino, tra l'alta pianura e i primi contrafforti montani, con una altimetria compresa tra 175 e 795 m s.l.m.



Fig. 1. Ubicazione su mappa del rilievo Google Earth dell'area oggetto di studio (in rosso).

Dal punto di vista amministrativo:

- a nord confina con il Comune di Agazzano;
- a est confina con il Comune di Gazzola, dal quale è separato dal corso del torrente Luretta, e a sud-est con il Comune di Travo;
- a sud e sud-ovest il Rio Riazzo, il torrente Luretta, il Rio Parola ed il crinale del M. Serenda segnano il confine con il Comune di Alta Val Tidone;
- a ovest i torrenti Chiarone e Lisone costituiscono il confine con il comune di Pianello.

## 2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Caratteristiche sismotettoniche

Un elemento fondamentale nella valutazione del rischio sismico di un'area è l'identificazione delle faglie attive: infatti, molte di esse sono considerate sorgenti sismiche, sebbene esistano anche strutture a scorrimento lento asismico (fault creep o tectonic creep).

Nelle faglie attive lo scorrimento istantaneo dei due blocchi, che avviene allorché lo stress supera la resistenza delle rocce, genera il rilascio di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni: a tali strutture sismogenetiche è associato il maggior rischio.

Normalmente, una faglia si definisce attiva se vi è la possibilità che essa si muoverà in futuro. D'altra parte, le faglie che hanno la maggiore probabilità di muoversi in un futuro prossimo sono da ricercarsi tra quelle che si sono attivate nelle fasi più recenti della storia geologica. Perciò, una delle definizioni più comunemente accettate è quella della U.S Nuclear Regulatory Commission (1982), che definisce attive le faglie che presentano: un'attivazione negli ultimi 35.000 anni o almeno due attivazioni negli ultimi 500.000 anni.

La Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:250.000, che può essere considerata lo schema di sintesi dell'attività neotettonica in Emilia-Romagna, oltre che individuare le strutture potenzialmente sismogenetiche offre anche un quadro delle relazioni esistenti fra l'attività tettonica attuale e i rischi naturali (Fig. 2).

Esaminando la Carta Sismotettonica emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi  $>1$  mm/anno, sono situate nella parte alta della catena appenninica, che corrisponde al settore a monte del principale raddoppio crostale, a conferma dell'attività di questa struttura.

L'area a sollevamento intermedio, con tassi  $\geq 1$  mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro. Le aree a minore sollevamento ( $<1$  mm/anno) si collocano immediatamente a valle del raddoppio crostale.

In pianura, le zone di minore abbassamento, con tassi  $<1$  mm/anno, corrispondono alle aree maggiormente interessate dalle strutture attive sepolte. In particolare, il sistema attivo delle Pieghe Emiliane a nord di Parma corrisponde al limite tra la zona di minore sollevamento della catena e la zona di minore abbassamento della pianura.

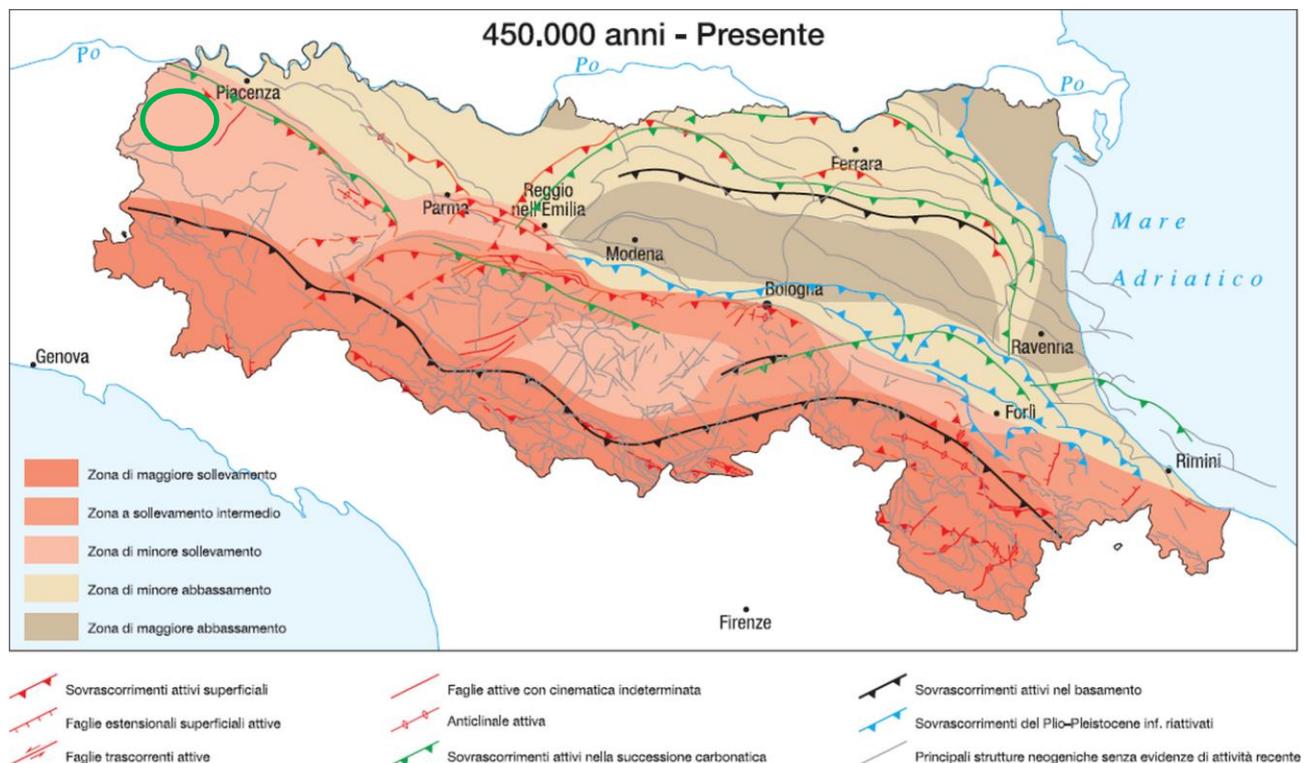


Fig. 2. Schema di sintesi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna; con ellisse verde è individuata l'area di Piozzano.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri a una profondità mediamente inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese. I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti e indicano direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari; si ha quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi tra 15 km e 35 km, mostra una distribuzione simile a quella più superficiale, ma con una densità inferiore. Anche in questo caso i meccanismi focali risultano compressivi e trascorrenti, con direzioni di compressione sia NW-SE che NE-SW, e i meccanismi distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano e decisamente meno diffusa in pianura. I meccanismi focali calcolati sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori. Ne risulta così un modello geodinamico attivo, in cui le strutture superficiali delle coperture, quelle crostali nonché quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti fra loro e ascrivibili a un sistema transpressivo.

In Fig. 3 è riportata la distribuzione delle strutture attive della copertura, della crosta e del mantello, quindi una zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività (in rosso). Per questa zonazione gli autori hanno tenuto in considerazione anche gli effetti superficiali quali: il sollevamento in catena, l'abbassamento in pianura e la frequenza dei fenomeni franosi. Da quest'immagine è possibile osservare che il Comune di Piozzano è situato in una zona di minore risentimento degli effetti delle faglie attive.

Lo stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, comprendente il Comune di Piozzano è riportato in Fig. 4.

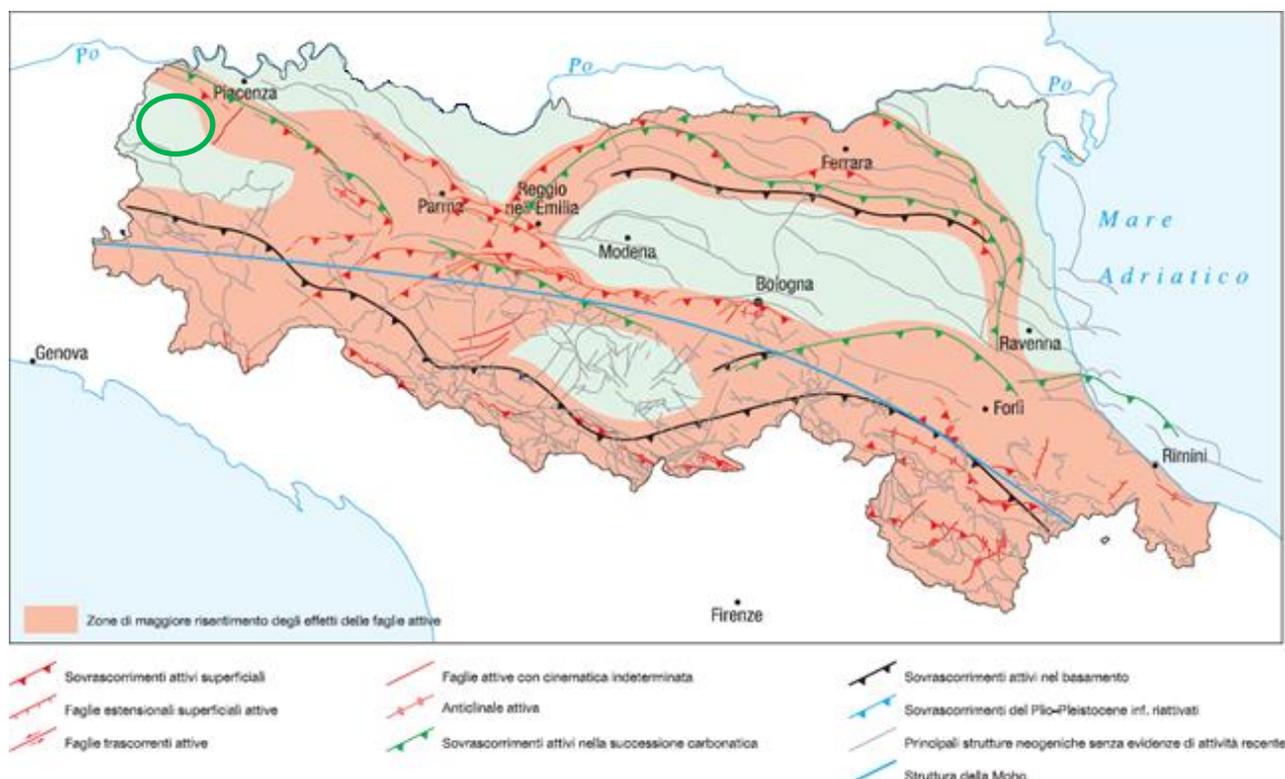


Fig. 3. Zonazione delle aree che maggiormente risentono delle faglie attive; con ellisse verde è individuata l'area di Piozzano.

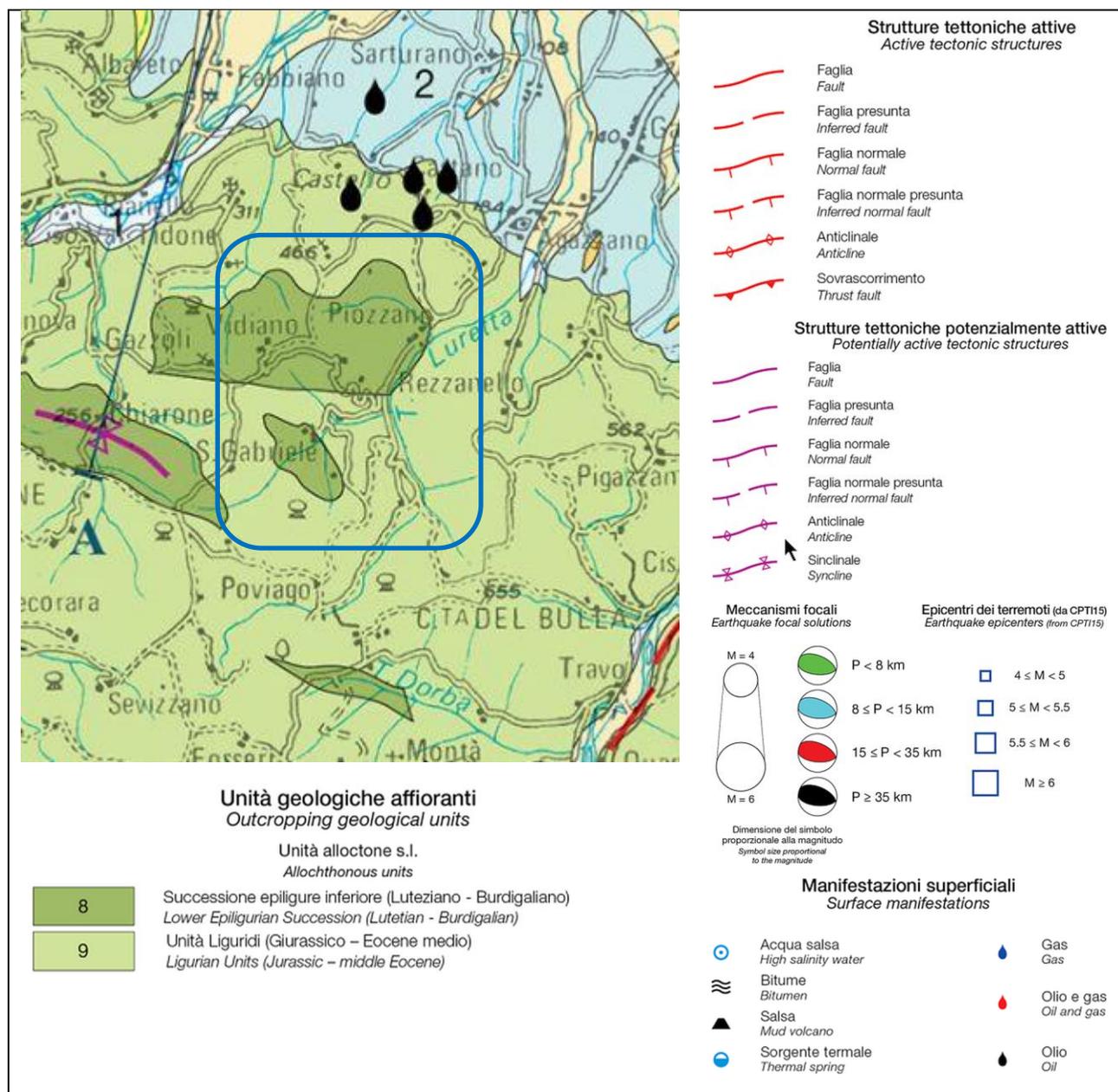


Fig. 4. Stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna comprendente il Comune di Piobbano.

Un catalogo delle sorgenti sismogenetiche e delle faglie attive e capaci è costituito dal DISS 3.3.0 (rev. dicembre 2021), ossia il “Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane”, che comprende le sorgenti potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a  $M_w = 5.5$  nell’area italiana.

Con riferimento all’immagine di Fig. 5, le sorgenti sismogenetiche al contorno dell’area in studio, connesse con la subduzione denominata **ITSD002**, sono:

- [ITCS018 - Rivanazzano-Stradella](#), con magnitudo massima attesa  $M_w=6.8$ ;
- [ITCS044 - Portalbera-Cremona](#), con una magnitudo massima attesa  $M_w=6.7$ ;
- [ITCS045 - San Giorgio Piacentino-Fornovo di Tarò](#), con una magnitudo massima attesa  $M_w=7.2$ ;
- [ITCS026 - Lunigiana](#), con una magnitudo massima attesa  $M_w=7.0$ .

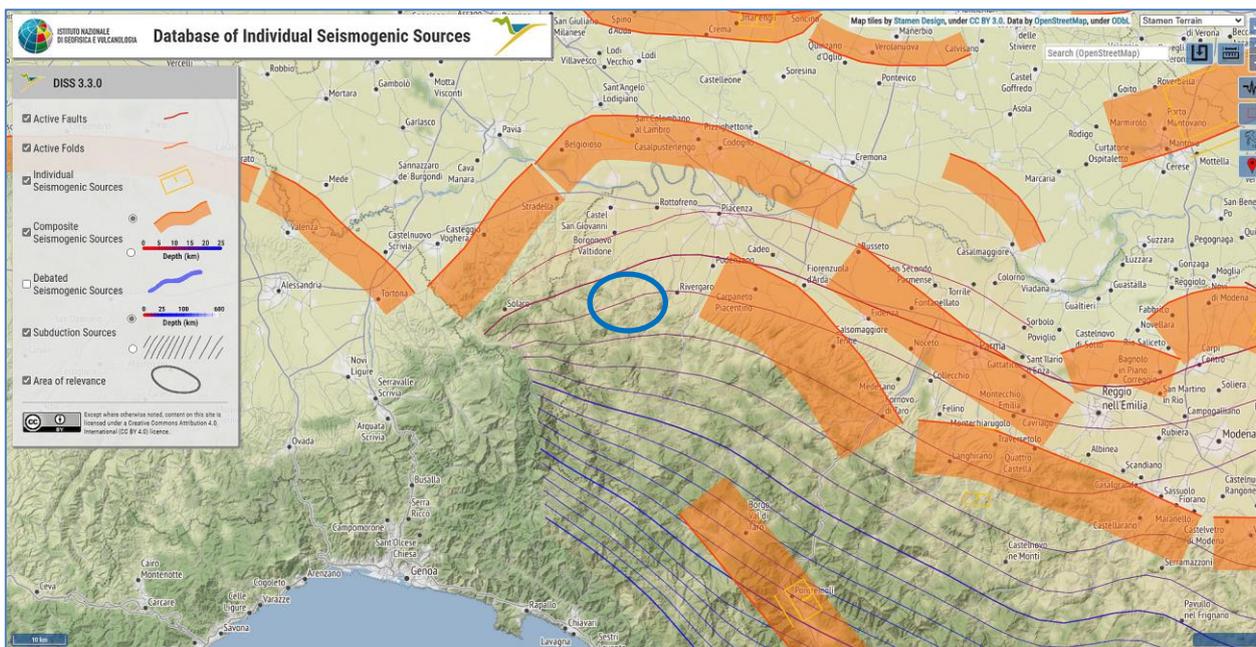


Fig. 5. Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche del DISS 3.3.0; con ellisse blu l'area oggetto di interesse.

Allo scopo di associare la sismicità dell'area con i meccanismi responsabili dell'innescio dei terremoti, si è fatto riferimento alla Zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004).

Il Comune di Piozzano ricade nella zona 911 (Fig. 6), che comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative. Si suppone che la funzione delle strutture comprese all'interno di tale zona sia di "svincolo" cinematico del sistema supposto in migrazione.

L'area mostra una non trascurabile sismicità (magnitudo massima osservata  $M_w \approx 5,7$ ), la fagliazione è prevalentemente di tipo trascorrente lungo strutture trasversali.

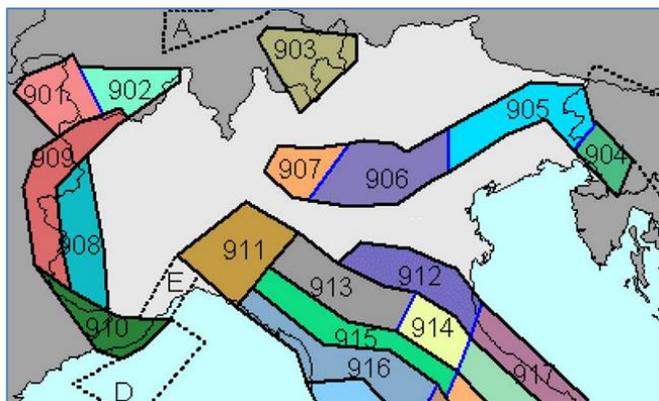


Fig. 6. Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9.

## 2.2 Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità, evidenziando sia la distribuzione spaziale

temporale degli eventi sia l'intensità degli stessi; in secondo luogo, occorre effettuare una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database DBMI15 (v. 4.0, aggiornato al gennaio 2022), utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v4.0, aggiornato al gennaio 2022), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative all'abitato di Piozzano.

Nella tabella di Fig. 7 sono elencati gli eventi che hanno interessato il comune di Piozzano; per ciascuno di essi è indicato: l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), l'ora (Ho), il minuto (Mi) ed, eventualmente, il secondo (Se) in cui l'evento si è verificato, nonché la denominazione dell'area epicentrale, il numero di dati di intensità macrosismica (NMDP), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

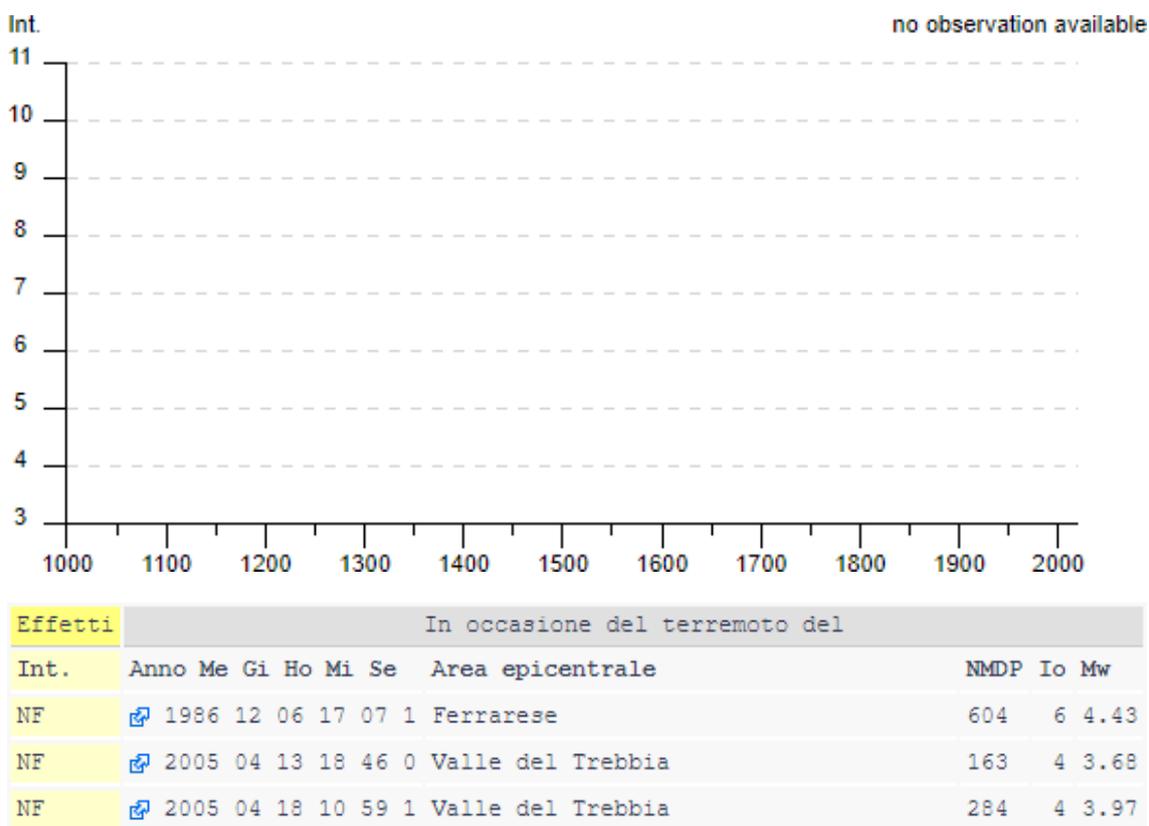


Fig. 7. Eventi sismici verificatisi con effetti in corrispondenza del territorio di Piozzano (DBMI15).

Dalla lettura delle informazioni riportate in Fig. 7 si evidenzia che per l'area di Piozzano non sono disponibili valutazioni che quantifichino l'intensità al sito (Int. = NF), secondo la scala MCS.

Tale valutazione trova riscontro anche in un altro studio elaborato per il Dipartimento dalla Protezione Civile, a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise: "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

La valutazione fatta da Regione Emilia-Romagna inserisce il territorio di Piozzano nella classe "nessun dato a disposizione" (Fig. 8).

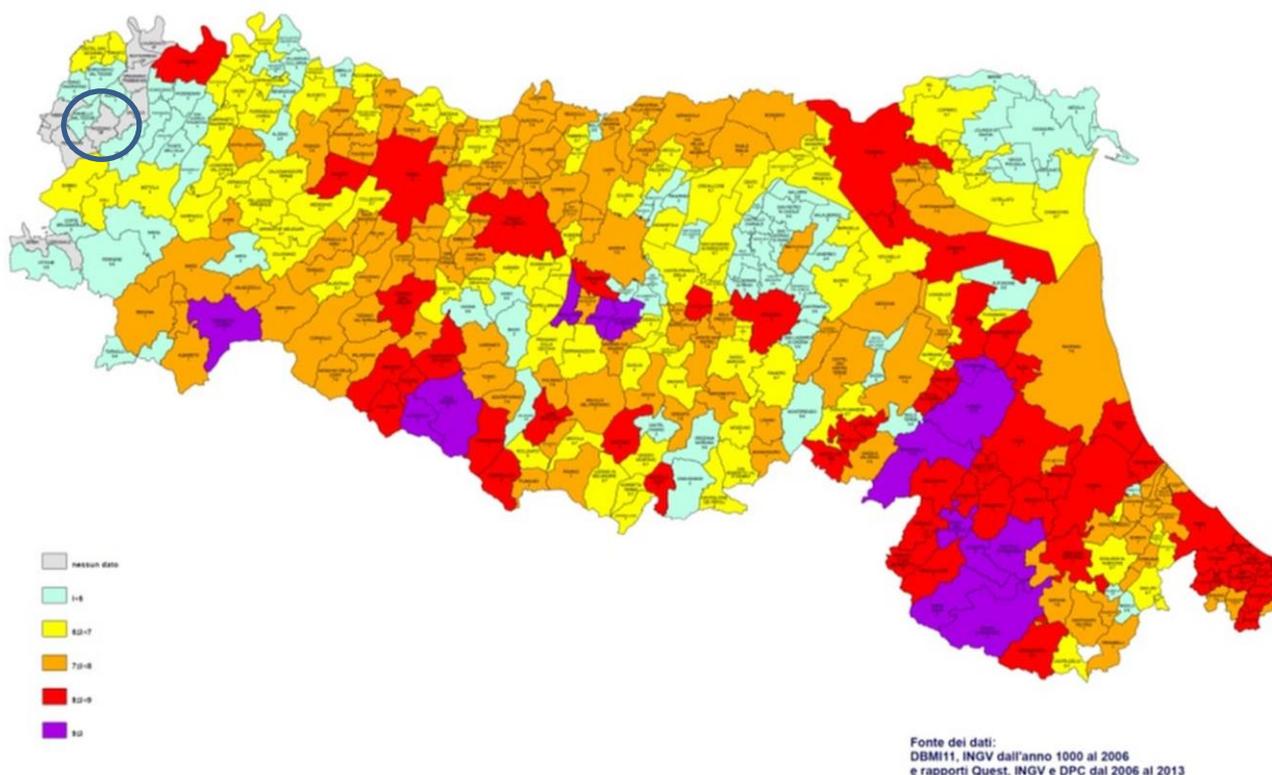


Fig. 8. Carta delle massime intensità macrosismiche risentite in Emilia-Romagna (1000-2017).

### 2.3 Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall’Allegato 1, punto 3 dell’Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, che utilizza e aggiorna la precedente, proposta nel 1998.

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplate nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione. Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell’accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Fig. 9).

Di fatto, vengono eliminate le aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

La Regione Emilia-Romagna, con [DGR 1164 del 23/07/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna"](#), ha aggiornato quanto definito nella precedente classificazione (Fig. 10). La classificazione vigente identifica il **Comune di Piobbano in Zona 3**, cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0,05\*g e 0,15\*g.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
1	0,25 < ag ≤ 0,35g	0,35g
2	0,15 < ag ≤ 0,25g	0,25g
3	0,05 < ag ≤ 0,15g	0,15g
4	≤ 0,05g	0,05g

Fig. 9. Zona sismica - Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag).

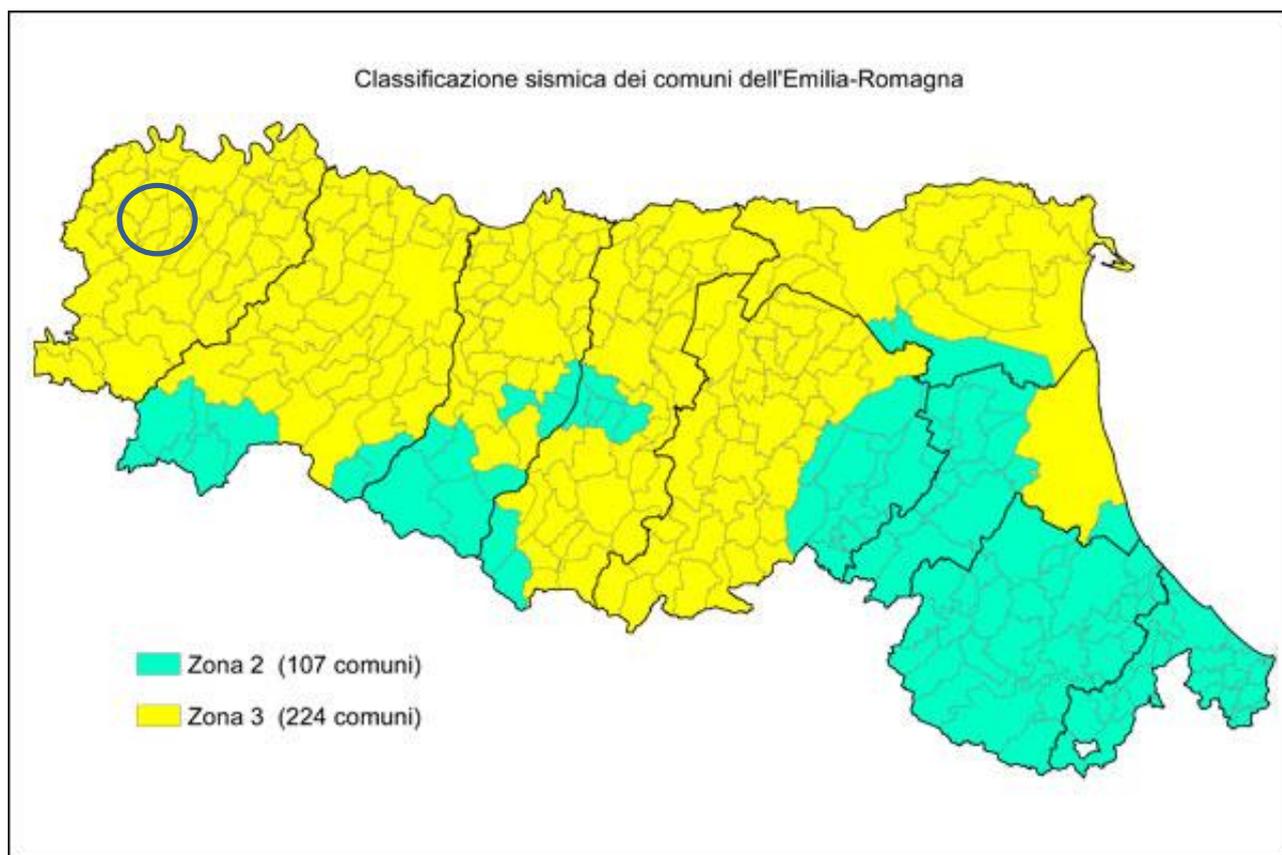


Fig. 10. Classificazione sismica della Regione Emilia-Romagna, 2018. Con l'ellisse blu, il comune di Piozzano.

Con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico, in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione dell'Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000: "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". L'atto di indirizzo è stato aggiornato con DGR n° 2193/2015 e, più recentemente, con DGR n° 630/2019, cui seguono aggiornamenti parziali del solo Allegato 4 con DGR n° 476/2021 (e integrazione DGR 564/2021).

Scopo di tali documenti è quello di fornire i criteri per la microzonazione sismica del territorio, in modo da orientare le scelte verso le aree caratterizzate da minore pericolosità sismica, e per l'individuazione delle aree per soggette a effetti locali.

In questi documenti si afferma che la pericolosità sismica dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, ossia dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica di base"), sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio. Queste ultime, infatti, possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire elementi predisponenti al verificarsi di effetti locali quali: fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica locale").

Conseguentemente, gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove, in occasione dei terremoti attesi, possono verificarsi effetti locali;

- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (Microzonazione Sismica, MS);
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine (Analisi della Risposta Sismica Locale, RSL).

Per questi studi sono previsti diversi livelli di approfondimento:

- Livello 1: volto a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè a identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Sulla base dei risultati della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

- Livello 2: un'analisi semplificata è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti generali di pianificazione urbanistica comunale.
- Livello 3: un'analisi approfondita
  - può essere svolta dal Comune nell'ambito della predisposizione e approvazione degli strumenti generali di pianificazione urbanistica comunale, al fine di accertare gli effettivi fattori limitanti o condizionanti le trasformazioni urbane presenti in detti areali;
  - è comunque richiesta obbligatoriamente per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica attuativa che prevedano la localizzazione e l'attuazione in detti areali dei seguenti interventi:
    - 1. nuove urbanizzazioni;
    - 2. l'addensamento e la sostituzione urbana
    - 3. la ristrutturazione urbanistica
    - 4. edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli interventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

### 3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1 Inquadramento geologico

L'Appennino Settentrionale è il risultato della sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-toscano e un Insieme Interno Ligure-emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale appartenente alla Placca Apula (Adriatico-Padana) su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che si sono invece originate in un oceano – e per questo motivo si riscontra la presenza di ofioliti, rocce ignee basiche e ultrabasiche tipiche della litosfera oceanica - e sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti.

Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario, che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) l'Insieme Esterno, il quale ha avuto il ruolo di avampaese, andando a costituire una coltre alloctona.

La catena deriva quindi dalla complessa deformazione di sedimenti deposti in differenti domini paleogeografici meso-cenozoici: il **Dominio ligure**, corrispondente in larga misura all'area oceanica, il **Dominio Epiligure**, che si imposta a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate, il **Dominio Subligure**, sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica, e il **Dominio tosc-umbro**, di pertinenza africana.

In Fig. 11 è riportato un estratto della Carta Geologica di Sintesi della Regione Emilia-Romagna, in cui è possibile osservare i domini che interessano l'area oggetto di studio: il Dominio prevalente è quello Ligure, l'Epiligure è subordinato.

Le **“Unità Liguri”** sono costituite da depositi torbiditici e da flysch marnoso calcarei e arenacei che si sono depositati tra il Cretaceo e l'Eocene su un substrato di tipo oceanico.

Nel territorio comunale di Piozzano, il Dominio Ligure è rappresentato dalle seguenti unità principali (Fig. 12):

- **Unità Tettonica di Bettola**, comprendente la **Formazione di Val Luretta (VLU)** (Paleocene-Eocene) e affiorante nella porzione centrale e nord-orientale del Comune.
- **Unità Tettonica Cassio**, comprendente la Sottounità Scabiazza, costituita dalle **Arenarie di Scabiazza (SCB)** (Cretacico Sup.) e dalle **Argille a Palombini (APA)**. Tali formazioni affiorano nella porzione sud-occidentale del territorio, lungo il confine con i comuni di Pianello e Pecorara.

Infine, la **Successione Epiligure** è presente in lembi localizzati in discordanza stratigrafica sulla Formazione di Val Luretta. Essa risulta costituita dalle **Marne di Monte Piano (MMP)** e dalla **Formazione di Ranzano (RAN)**. Tali formazioni affiorano nelle località Vidiano-Piozzano, S. Gabriele e Rocca d'Olgisio-Chiarone, come è possibile osservare in Fig. 11.

Di seguito vengono descritte le unità principali sopracitate, insieme ad altre unità che affiorano in lembi isolati sul territorio comunale (Fig. 13):

La **Formazione della Val Luretta (VLU)** è costituita da torbiditi di bacino relativamente profondo ed è una formazione arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa. Dei tre Membri in cui è suddivisa la Formazione a Piozzano affiorano: il **Membro di Poviago** (membro basale, **VLU1**) e il **Membro di Monteventano** (membro mediano, **VLU2**). Il primo (VLU1) è rappresentato in prevalenza da sequenze torbiditiche arenaceo-pelitiche in strati medi e spessi intercalate a quattro livelli di marne rosate in strati spessi e molto spessi; il secondo (VLU2) è simile al Membro di Poviago, ma privo dei livelli di marne rosate intercalate.

Le **Arenarie di Scabiazza (SCB)** sono dei depositi torbiditici strutturalmente ordinati, costituiti da alternanze di livelli lapidei (arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti) e di livelli pelitici, con livelli pelitici prevalenti.

Sempre alle Arenarie di Scabiazza sono associati lembi di successioni mesozoiche (rappresentate da formazioni calcaree e calcarenitiche), nonché la **“Successione di Calderola”**. Essa è rappresentata da rocce compatte, resistenti all'erosione, in grado di sostenere scarpate rocciose di elevata acclività: Calcari a liste di selce (**CSE**), Diaspri (**DSD**) e calcari dolomitici biancastri, tipo Maiolica (**MAI**).

Le **Argille a Palombini (APA)** sono costituite in prevalenza da argille che, a causa della loro storia tettonica, risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione (cosiddette "Argille Scagliose"). In particolare, si tratta di strati argillosi con rari interstrati calcarei e calcareosilicei (Palombibni) abitualmente disarticolati.

La componente prevalentemente pelitica e ricca di minerali argillosi rigonfiabili e plastici costituenti le Arenarie di Scabiazza, le Argille a Palombini e i membri basale e mediano della Formazione di Val Luretta, rende i fenomeni franosi particolarmente diffusi nelle aree in cui tali formazioni fanno da substrato (bedrock) quando esse sono a contatto con l'acqua.

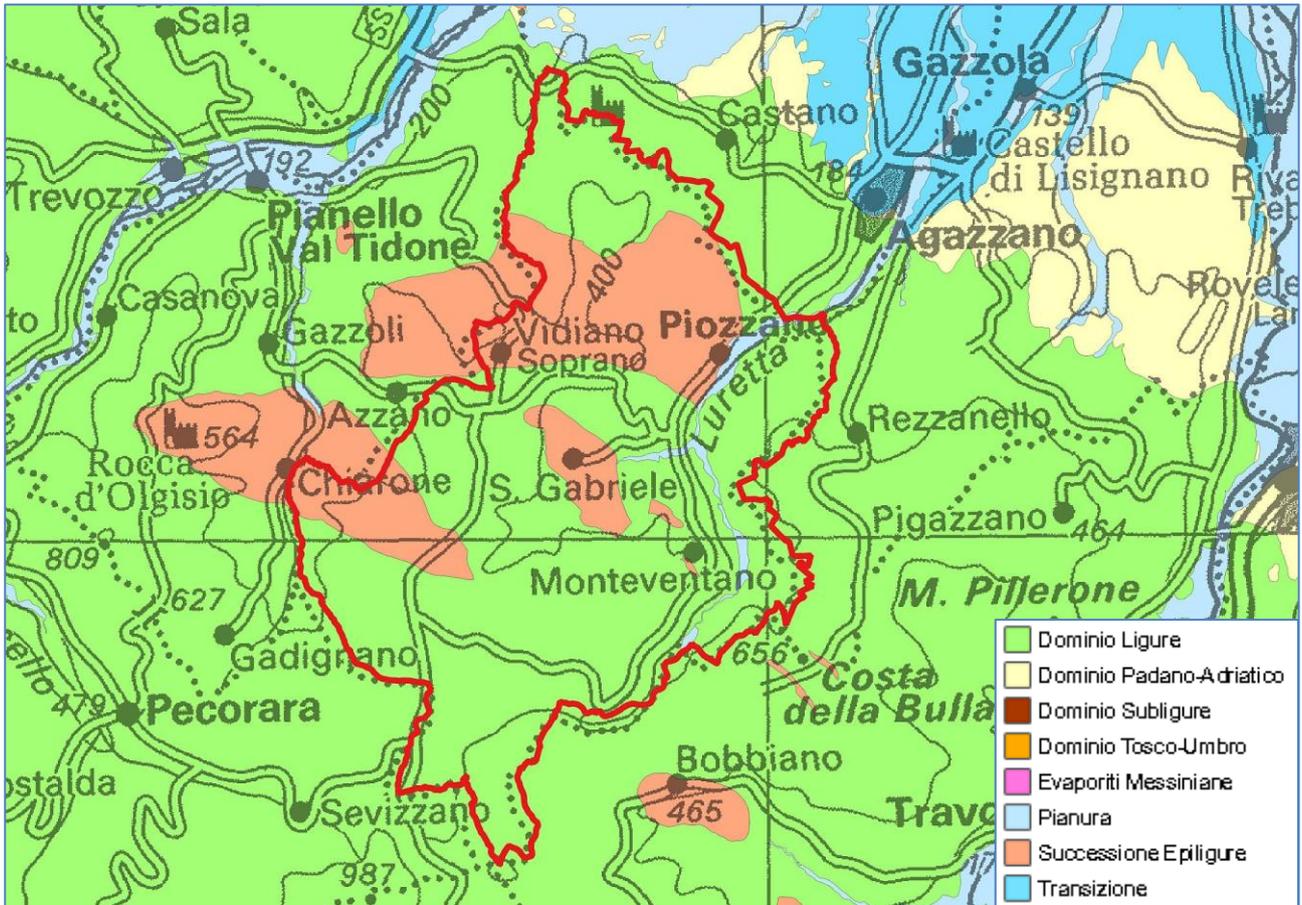


Fig. 11. Estratto della Carta Geologica di sintesi della Regione Emilia-Romagna (fuori scala) e limiti del territorio comunale di Piozzano.

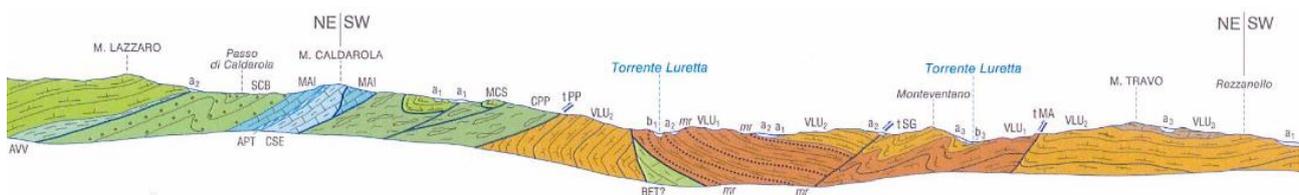


Fig. 12 Sezione geologica SW-NE, lungo il settore sud-orientale del territorio comunale di Piozzano, che mostra i rapporti stratigrafici tra le Unità Liguri.

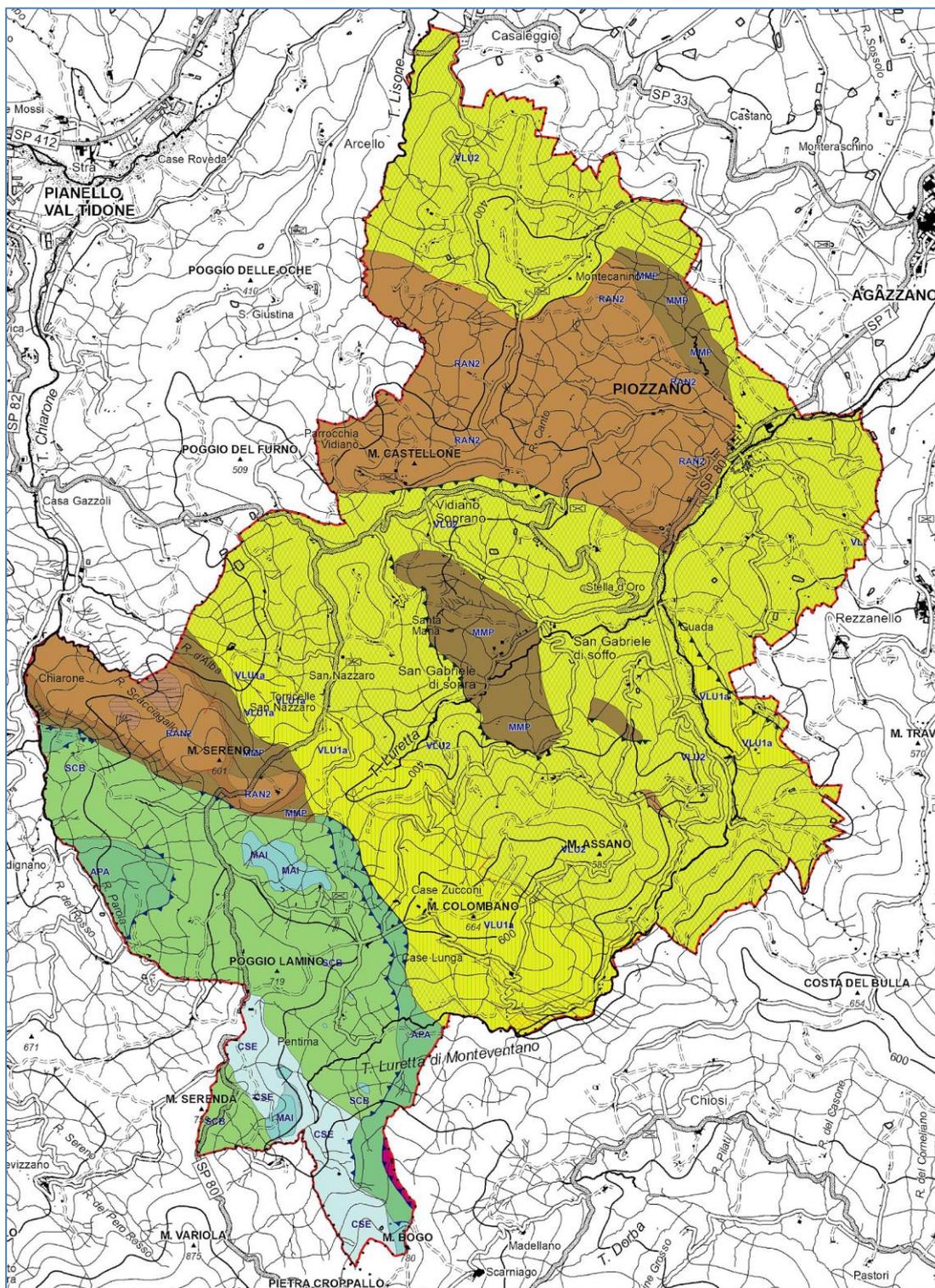


Fig. 13. Estratto della Carta Geologica 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (fuori scala): la formazione geologica maggiormente rappresentata nel Comune di Piozzano è la Formazione di Val Luretta (in giallo).

Le **Marne di Monte Piano (MMP)** sono marne, marne siltose, compatte e impermeabili, che tendono a diventare plastiche in affioramento laddove impregnate d’acqua.

La **Formazione di Ranzano (RAN)** è costituita da litoareniti fini e medie grigie e grigio-verdastre in strati sottili e medi, talora spessi, intercalate a marne siltose grigio scure in strati da medi a molto spessi. A Piozzano

affiora il **Membro della Val Pessola (RAN2)**, caratterizzato dalla presenza di strati anche molto disarticolati (“slumps” sottomarini). Sono presenti locali intercalazioni di conglomerati in strati da spessi a veri e propri banchi.

Si segnala infine che nel territorio comunale di Piozzano è stato istituito un geosito (Fig. 14):

- geosito di rilevanza regionale per interesse strutturale Sinclinale di Rocca d'Olgisio: *“Brachisinclinale nella Formazione di Ranzano (sinclinale a barca o a canoa), il cui asse è tagliato dalla valle del Chiarone; questa struttura risalta in modo esemplare nelle forme del paesaggio, influenzando l'assetto geomorfologico di tutta l'area”*.



Fig. 14. Estratto del geoportale del Servizio Geologi Regionale “I Geositi dell'Emilia-Romagna”.

### 3.2 Inquadramento geomorfologico

Le diverse unità geologiche presenti sul territorio, in funzione delle loro caratteristiche gomecniche, danno al paesaggio un aspetto morfologico differente. Di seguito si è tentato di definire i principali tratti geomorfologici delle diverse unità litologiche del substrato.

- **UNITÀ DELLE LITOARENITI, MARNE SILTOSE E CONGLOMERATI**

Comprende la Formazione di Ranzano (RAN 2) e le Marne di Monte Piano (MMP). I terreni risultano fortemente tettonizzati: l'elevato grado di fratturazione e la relativa permeabilità secondaria che ne deriva sono all'origine dei principali processi gravitativi. Questi ultimi, a causa dell'azione delle acque incanalate, sono continuamente soggetti a fenomeni di richiamo quindi di ripresa del movimento. Ciò si verifica soprattutto in prossimità del limite tra RAN2, più permeabile, con formazioni meno permeabili quali le Marne di Monte Piano. È altresì possibile, come conseguenza, l'emersione di manifestazioni sorgentizie.

Su queste litologie si impostano quindi, preferenzialmente, forme “negative” del paesaggio come gli pseudo-calanchi, che vengono associati alla presenza di potenti coltri di alterazione detritico-terrose di origine eluvio-colluviale. Questi ultimi, a differenza dei materiali litificati, risentono maggiormente

dell'azione modellatrice degli agenti esogeni e, in funzione del loro maggior grado di erodibilità, danno origine alle "morfologie dolci" ed arrotondate, caratteristiche di questo settore della catena appenninica.

- **UNITÀ AD ALTERNANZE DI SEQUENZE ARENACEO-PELITICHE E MARNE**

Comprende la Formazione di Val Luretta (VLU1, VLU2, VLU3) e le Arenarie di Scabiazza (SCB). Esse sono caratterizzate da alternanze di pacchi di strati arenaceo-pelitici e di pacchi prevalentemente calcareo-marnosi con locali intercalazioni di arenarie e marne.

La facile erodibilità superficiale di queste litologie giustifica gli accumuli detritici di origine eluvio-colluviale che si rinvergono alla base dei versanti più acclivi, dove oltre all'azione della gravità si somma quella dello scorrimento delle acque superficiali. Su queste litologie gli accumuli di frana risultano arealmente estesi, anche se prevalentemente quiescenti.

- **UNITÀ DEI CALCARI E DELLE CALCARENITI**

Comprende la successione di Caldarola (CSE, DSD, MAI), scarsamente rappresentata nel territorio comunale (affiora nella porzione meridionale). Trattasi di rocce dure, decisamente resistenti all'erosione, come testimoniano le elevate scarpate rocciose lungo il tratto meridionale del T. Luretta. La presenza di una fitta stratificazione e di numerosi sistemi di fratturazione conferisce a queste formazioni un buon grado di permeabilità e suscettibilità ad degradazione per azione dei processi di "gelo-disgelo".

- **UNITÀ DELLE ARGILLE E DELLE ARGILLITI SILTOSE**

Comprende le Argille a Palombini, costituite da strati argillosi con rari interstrati calcarei e calcareo-silicei abitualmente disarticolati. La relativamente elevata permeabilità di questi interstrati può localmente consentire l'infiltrazione di acque superficiali, favorendo l'ammollimento delle argille, con conseguente innesco di frane anche in corrispondenza di versanti a debole pendenza. Inoltre, trattandosi di una formazione rocciosa facilmente erodibile e predisposta a dissesti idrogeologici lo sviluppo del suolo vegetale è alquanto ridotto.

### 3.2.1 Processi di versante

I depositi generati dall'azione della gravità e delle acque superficiali che scorrono lungo i versanti risultano spesso di tipo misto e sono i seguenti (Fig. 15):

- Frane in evoluzione (a1): Accumuli caotici di elementi litoidi in matrice pelitica. Presentano evidenze di movimenti in atto;
- Frane quiescenti (a2): Accumuli caotici di elementi litoidi in matrice pelitica, attualmente quiescenti;
- Depositi di versante (a3): Depositi eterogenei ed eterometrici accumulati per gravità e ruscellamento lungo i versanti;
- Depositi eluvio colluviali (a4): Coperture detritiche costituite prevalentemente da frammenti litici immersi in matrice pelitica, talora sabbiosa.

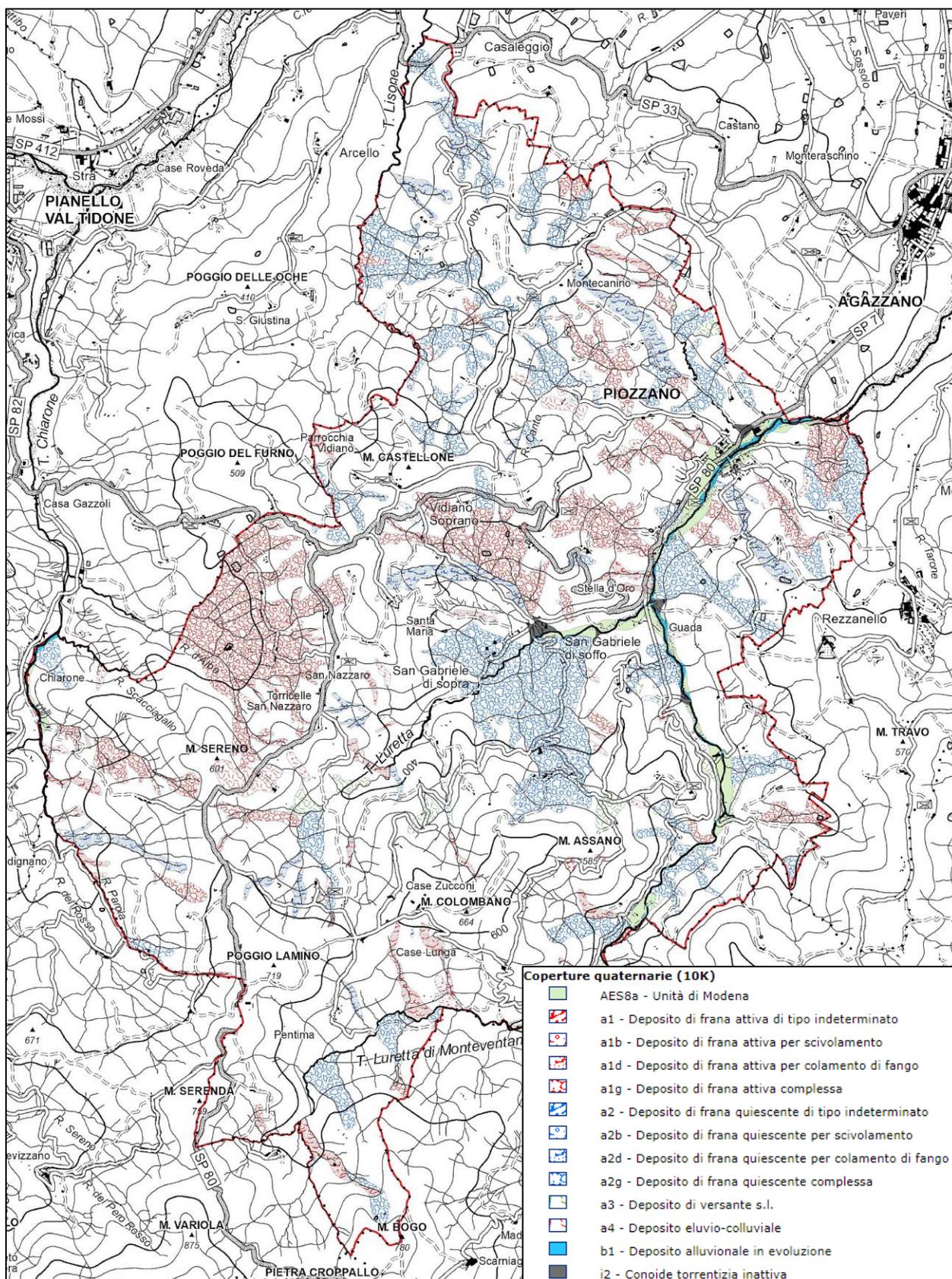


Fig. 15. Estratto delle coperture quaternarie della Carta Geologica 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna.

### 3.2.2 Forme deposizionali

Le principali forme deposizionali sono ubicate lungo l'asta del T. Luretta e sono distinte in:

- Alluvioni attuali mobilizzabili dell'alveo attivo (b1);
- Alluvioni medio recenti (AES): caratterizzate da ghiaie prevalenti in scarsa matrice sabbioso limosa con copertura di suolo poco sviluppata e sopraelevati di circa 1,0 – 2,0 m rispetto alle alluvioni attuali.

All'attività deposizionale dei corsi d'acqua sono attribuibili alcune piccole conoidi di deiezione inattive: esse sono costituite dalle ghiaie e detriti abbandonati dai corsi d'acqua tributari del T. Luretta presso la confluenza.

## 4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Ai fini della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo, della realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e della Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni, tutti prodotti nel livello 1, è stata effettuata un'approfondita ricerca bibliografica dei dati geotecnici e geofisici presenti negli areali oggetto di studio e sono state acquisite 11 prove HVSR.

In particolare, sono stati consultati:

- “Carta Geologica d'Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 179 “Ponte dell'Olio” e relative Note Illustrative;
- “Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna”, scala 1: 10.000 e portale cartografico online (database prove sottosuolo);
- Portale del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Archivi comunali ed Indagini geologico-tecniche di supporto agli strumenti urbanistici vigenti forniti dall'Ufficio Tecnico o studi di frane.

Nel secondo livello sono state integrate nuove indagini: sono state dunque acquisite 31 nuove prove HVSR e 12 prove MASW.

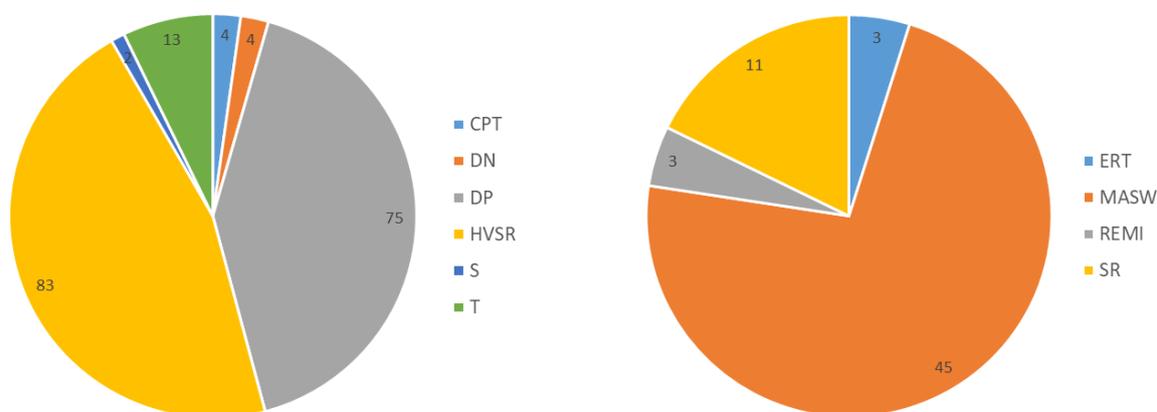


Fig. 16. Suddivisione per tipologia delle informazioni raccolte (indagini puntuali a sinistra e lineari a destra).

Sulla base di questi nuovi dati, sono stati revisionati e aggiornati i prodotti di primo livello; sono state inoltre realizzate: la Carta delle velocità delle onde di taglio Vs, le Carte di Microzonazione sismica di secondo livello e la Carta della distribuzione dei valori di H<sub>SM</sub>.

In totale sono stati inseriti (Fig. 16) i dati relativi a:

- n. 181 indagini puntuali
- n. 62 indagini lineari

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nella Tav.01 - Carta delle Indagini, realizzata in formato digitale (pdf) in scala 1: 10.000.

I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.2, dicembre 2020).

## 5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, sviluppata al fine di ricostruire la successione stratigrafica del sottosuolo delle aree in esame e la profondità del substrato.

Per l'area comunale di Piozzano il modello del sottosuolo è stato ricostruito sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche pregresse disponibili e delle differenti cartografie tematiche del Servizio Geologico regionale, a diverse scale di dettaglio.

Allo scopo di migliorare la comprensione del modello geologico locale, nella Tavola allegata alla presente Relazione, sono proposte 13 sezioni geologico-tecniche orientate sia trasversalmente che longitudinalmente ai principali elementi geologici/geomorfologici riscontrabili nelle aree di approfondimento (Fig. 17).

A titolo esemplificativo, è riportata una sezione fra quelle presenti nella tavola allegata (Fig. 18).

## 6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La definizione del modello del sottosuolo, descritto nel capitolo precedente, deriva dal combinato disposto dei seguenti dati:

- geologia di vasta area del contesto comunale e intercomunale in esame;
- indagini dirette e indirette eseguite nel territorio comunale nel corso degli anni, loro numerosità e posizione;
- studi precedenti su scala regionale realizzati da altri autori a supporto di altri lavori;
- prove acquisite ex novo: misure di microtremore ambientale (HVSR) e prove in array tipo MASW.

L'analisi combinata di tali dati ha dunque permesso di differenziare le coperture presenti sulla base delle loro caratteristiche litotecniche: l'area oggetto di studio presenta un'estrema mutevolezza morfologica, dunque importanti incertezze legate, in particolare, a:

- estensione del territorio, dunque considerevole variabilità geologica, tipica del contesto appenninico;

- talvolta esiguo numero di indagini disponibili all'interno delle aree oggetto di approfondimento;
- livello di affidabilità delle prove raccolte, talora non sufficiente all'ottenimento di informazioni precise.

Comunque, l'acquisizione di nuove prove ha consentito di ricavare informazioni aggiuntive, quindi di aggiornare il modello del terreno che era stato proposto nel primo livello.

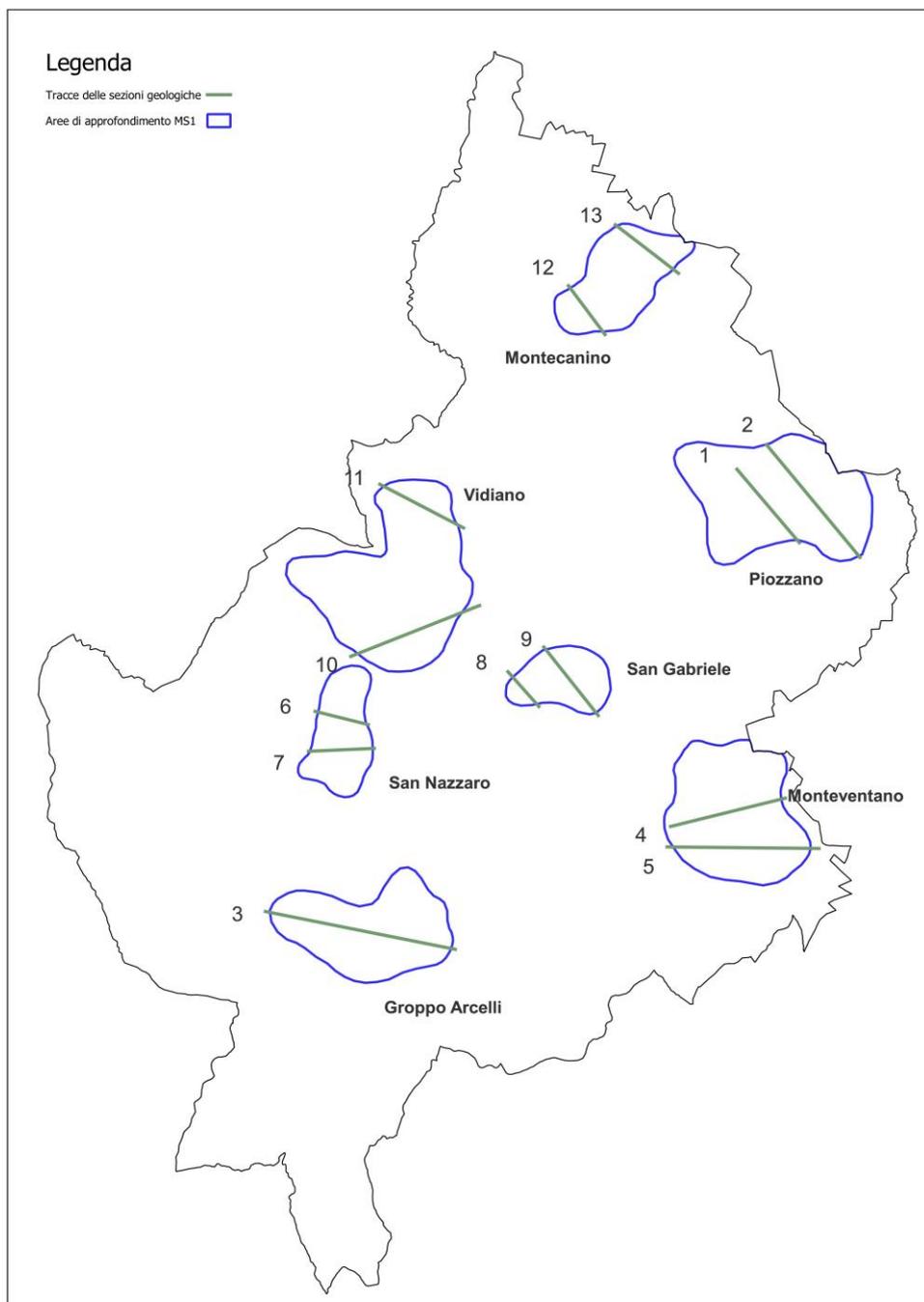


Fig. 17. Mappa d'insieme delle aree di approfondimento e relative sezioni geologico-tecniche.



Fig. 18. Stralcio della Sezione n. 3 (Gruppo Arcelli).

## 7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

La ricostruzione del modello del sottosuolo, lo studio geomorfologico dell'area e l'analisi dei dati geofisici e geotecnici esistenti e di nuova acquisizione (par. 4), hanno permesso di produrre i diversi elaborati e prodotti cartografici richiesti dal secondo livello di approfondimento. Tutti i prodotti cartografici sono stati realizzati in scala 1:10.000.

Sulla base degli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Versione 4.2), i risultati dello studio di Microzonazione Sismica (Livello 1 e 2) sono rappresentati dai seguenti prodotti:

- **Carta delle Indagini**, dove sono riportate le indagini pregresse e quelle acquisite nel corso della campagna di raccolta dati effettuata.
- **Carta Geologica Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT\_MS)**, in cui è rappresentata una sintesi degli elementi geologici e geomorfologici presenti all'interno dell'area di studio, tale da poter visualizzare la distribuzione dei terreni di copertura.
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni  $f_0$** , che riporta l'ubicazione dei punti di misura delle prove di sismica passiva a stazione singola (HVSr) e l'indicazione del valore  $f_0$  del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale del terreno.
- **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)**, che mostra la divisione del territorio in: zone stabili, zone suscettibili di amplificazioni e zone suscettibili di instabilità.
- **Carta delle velocità delle onde di taglio S**, che contiene l'ubicazione delle prove MASW e l'indicazione, per ciascuna di esse, del valore di  $V_sH$ , che corrisponde alla velocità dello spessore equivalente di copertura al di sopra del bedrock sismico o alla velocità del substrato se affiorante.
- **Carte di Microzonazione Sismica (MS)**: si tratta di carte che rappresentano le amplificazioni stimate, per ciascuna MOPS, tramite procedure semplificate.
- **Carta della distribuzione dei valori di HSM**, parametro che esprime lo scuotimento atteso in superficie, espresso in frazione di g.

## 8 ELABORATI CARTOGRAFICI

### 8.1 Carta delle indagini

La carta delle indagini è comprensiva di tutte le indagini, pregresse e di nuova esecuzione, che sono comprese all'interno del territorio comunale. Esse sono state distinte, in base alla tipologia, in:

- Indagini puntuali
  - CPT - prova penetrometrica statica con punta meccanica
  - DN - prova penetrometrica dinamica media
  - DP - prova penetrometrica dinamica pesante
  - HVSr - misura di microtremore a stazione singola
  - S - sondaggio a carotaggio continuo
  - T – trincea / pozzetto esplorativo

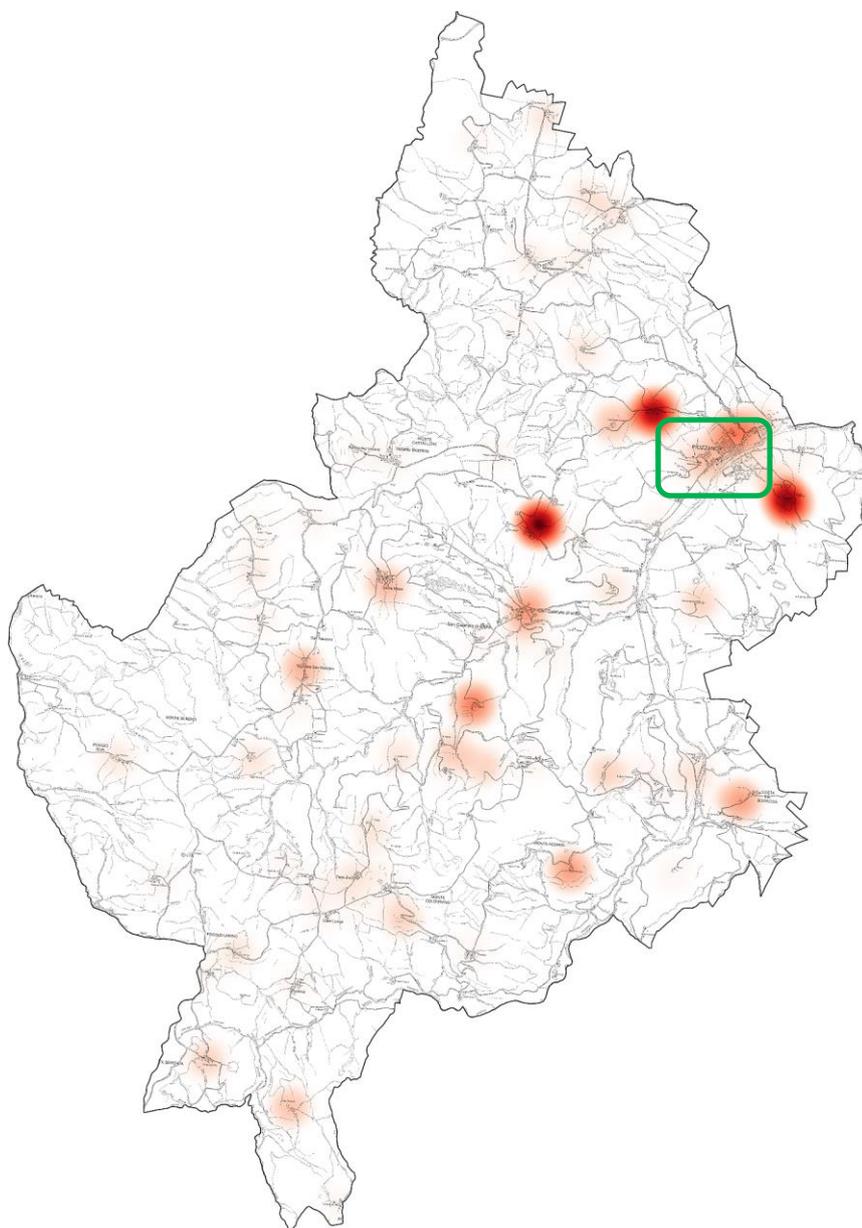


Fig. 19. Mappa di densità delle indagini puntuali raccolte (nel riquadro verde Piozzano capoluogo).

- Indagini lineari
  - ERT – Electrical Resistivity Tomography (Sezione di Tomografia elettrica)
  - MW – Multichannel Analysis of Surface Waves (Prova sismica M.A.S.W.)
  - RM – Refraction Microtremor (Prova sismica Re.Mi.)
  - SR – Seismic Refraction (Sezione sismica a Rifrazione)

Al fine di apprezzare visivamente la distribuzione delle indagini puntuali, si riporta una mappa di densità delle informazioni puntuali raccolte sul territorio comunale (Fig. 19).

## 8.2 Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica (CGT\_MS)

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/geofisiche pregresse. Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carta delle MOPS (Livello 1).

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 PSC Vigente;
- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 179 “Ponte dell’Olio” realizzato secondo le normative del Progetto CARG;
- Carta Geologica dell’Emilia-Romagna, scala 1: 10.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- Cartografia del dissesto della Regione Emilia-Romagna (webgis e geoportale);
- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo;

Nella Carta geologico tecnica sono rappresentate le caratteristiche litologiche dei terreni dei primi cinque metri di profondità dal piano campagna, classificati sulla base della tessitura prevalente (Fig. 20).

La rappresentazione di un substrato affiorante corrisponde a una copertura di spessore inferiore a tre metri; la presenza del substrato geologico, nell’area di studio, è ricondotta alle seguenti unità geotecniche:

- ALS Alternanza di litotipi stratificato
- GRS Granulare cementato stratificato
- LPS Lapideo stratificato
- SFCOS Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

Sono inoltre rappresentati i terreni di copertura, classificati sulla base della tessitura prevalente e della loro genesi. Sulla base degli Standard di rappresentazione, sono state distinte le seguenti unità di copertura:

- SW Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose, associabili all’alveo del T. Luretta (in)
- GW Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie, associate ai vecchi terrazzi fluviali (tf)
- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo, tipiche di piccole conoidi alluvionali (ca)
- CL Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre, associate a depositi eluvio-colluviali (ec)

Le instabilità di versante sono identificate da un codice del tipo 30xy; in Tabella 1 sono riportate tutte le casistiche previste dagli ICMS/08. Nella tabella sono messe in evidenza le classi presenti all'interno del territorio comunale di Piozzano.

L'area di studio non presenta le caratteristiche predisponenti fenomeni di liquefazione dei terreni.

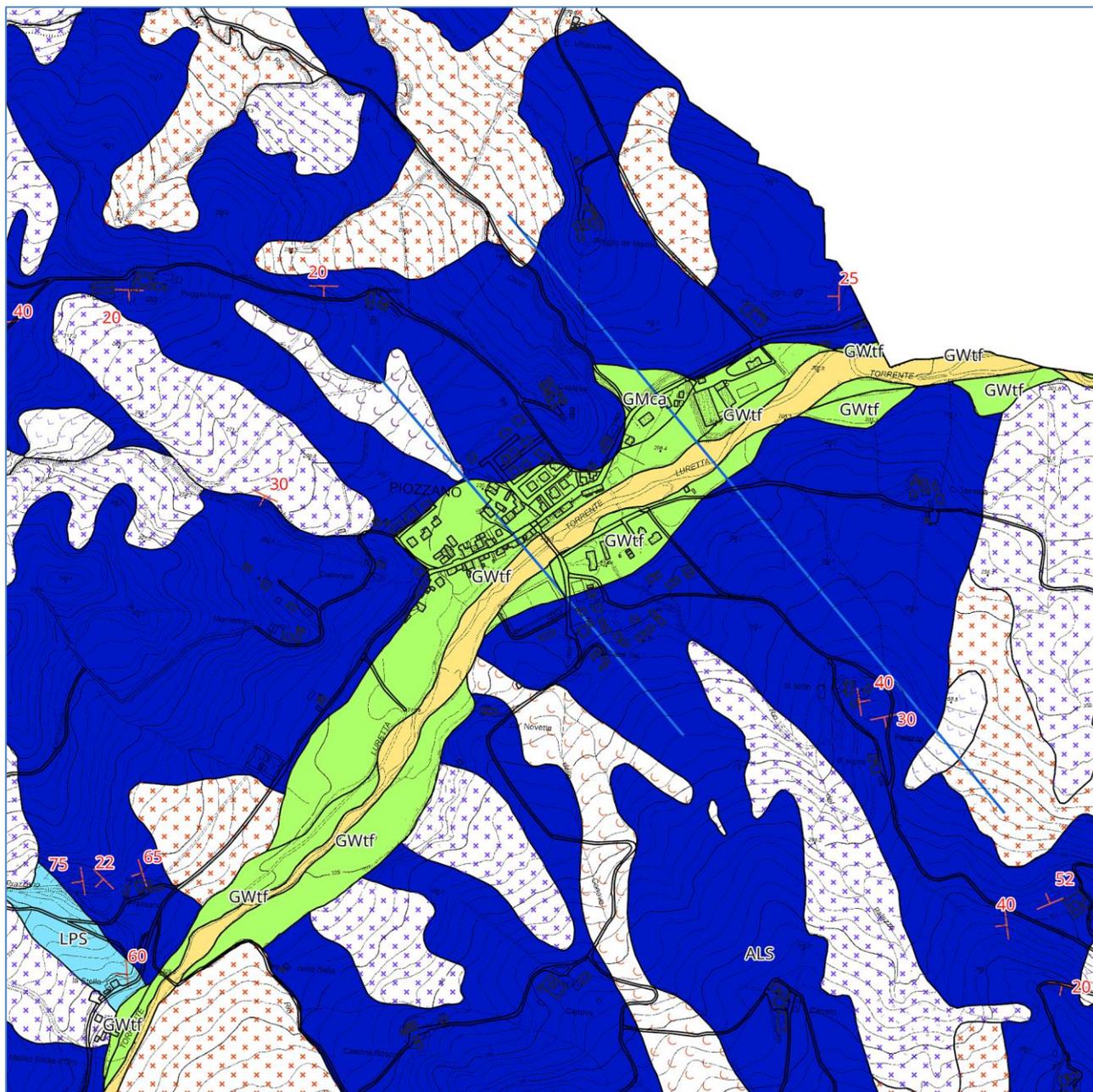


Fig. 20. Estratto della Carta Geologico-Tecnica, fuori scala (con riquadro verde Piozzano capoluogo).

Infine, nella Carta sono stati riportati:

- giaciture di strato, da banca dati Geologia 10.000 Regione Emilia-Romagna,
- faglie/fratture, da banca dati Geologia 10.000 Regione Emilia-Romagna,
- sondaggi che hanno raggiunto il substrato geologico,

- i depositi franosi, suddivisi per tipologia,
- le tracce delle sezioni geologiche realizzate.

Tabella 1. Codici relativi alle instabilità di versante rappresentate nella CGT: in evidenza le tipologie che si riscontrano all'interno del territorio comunale di Piozzano.

Instabilità di versante	1 – crollo o ribaltamento	2 – scorrimento	3 – colata	4 – composita	5 – non definito
1 – attiva	3011	3012	3013	3014	3015
2 – quiescente	3021	3022	3023	3024	3025
3 – inattiva	3031	3032	3033	3034	3035
4 – non definita	3041	3042	3043	3044	3045

### 8.3 Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni

Sulla base dei dati HVSR acquisiti è stata aggiornata la Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni, nella quale sono riportate le ubicazioni degli 83 punti di misura e i valori delle frequenze fondamentali. Per ogni sito di misura, il valore di  $f_0$  si riferisce al picco, fra quelli eventualmente presenti, avente minore frequenza. Non sono stati presi in considerazione i picchi con frequenze superiori a 20 Hz, essendo questi non significativi in prospettiva sismica.

Gli indirizzi tecnici di riferimento prescrivono di utilizzare colori differenti a seconda del valore della frequenza fondamentale e diverse dimensioni del simbolo in relazione all'ampiezza del picco. In particolare, si è fatto riferimento allo schema di legenda proposto dal plugin MzSTools (Fig. 21).

Dalla Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni si evince che, all'interno del Comune di Piozzano, sono presenti picchi presso: Castello, Casa Colombani, Casa Torresanino, Piozzano (paese e campo sportivo), San Gabriele di sopra (frana), San Gabriele di sotto, Santa Maria e Sbasindaco.

Tali picchi sono stratigrafici e rappresentano i riflettori che segnano il passaggio fra il substrato e le coperture, siano esse costituite da materiale eluviale/colluviale o ghiaioso-sabbioso alluvionale oppure da depositi di instabilità gravitativa di versante.

Per quanto riguarda questi ultimi, si evidenzia che essi non presentano necessariamente una frequenza di risonanza (o più). L'assenza del picco di risonanza è da intendersi come un'assenza di contrasto d'impedenza fra il bedrock e il deposito franoso, che si traduce spesso in un ridotto spessore del deposito stesso, circostanza che si verifica prevalentemente in corrispondenza delle testate delle frane stesse.

Al contrario, non sono presenti picchi significativi a: Bosco, Brodo (frana), Ca' d'Archia, Calcagni, Canonica, Ca' Nuova, Casa Cignatta, Casa i Bole, Casa il Poggio, Casa la Croce, Casa la Geneva, Casa Lamino, Casa Monte Bogo, Casa Morone, Casa Tassara, Casa Torresano, Casa Volpi, Case Lunga, Casera, Case Zucconi, Casoni, Castagna Croara, Costa dei Boraccia, Damessano (frana), Fadello, il Poggio, Merla, Mondusso, Montecanino, Monteventano, Mossolano, Palazzo, Parrocchia Vidiano, Pentima, Poggio Arena, Poggio Carbone, Poggiolo, Poggio Novati, Poviago, Serio, Torrazza, Torricelle San Nazzaro, Vezzanino e Vidiano Soprano.

Ciò che si osserva quindi è che, all'interno del territorio comunale, la maggior parte delle località indagate non mostra evidenti picchi di risonanza, condizione che suggerisce l'assenza di un elevato contrasto d'impedenza fra le coperture e il substrato: tale è la situazione più auspicabile in prospettiva sismica.

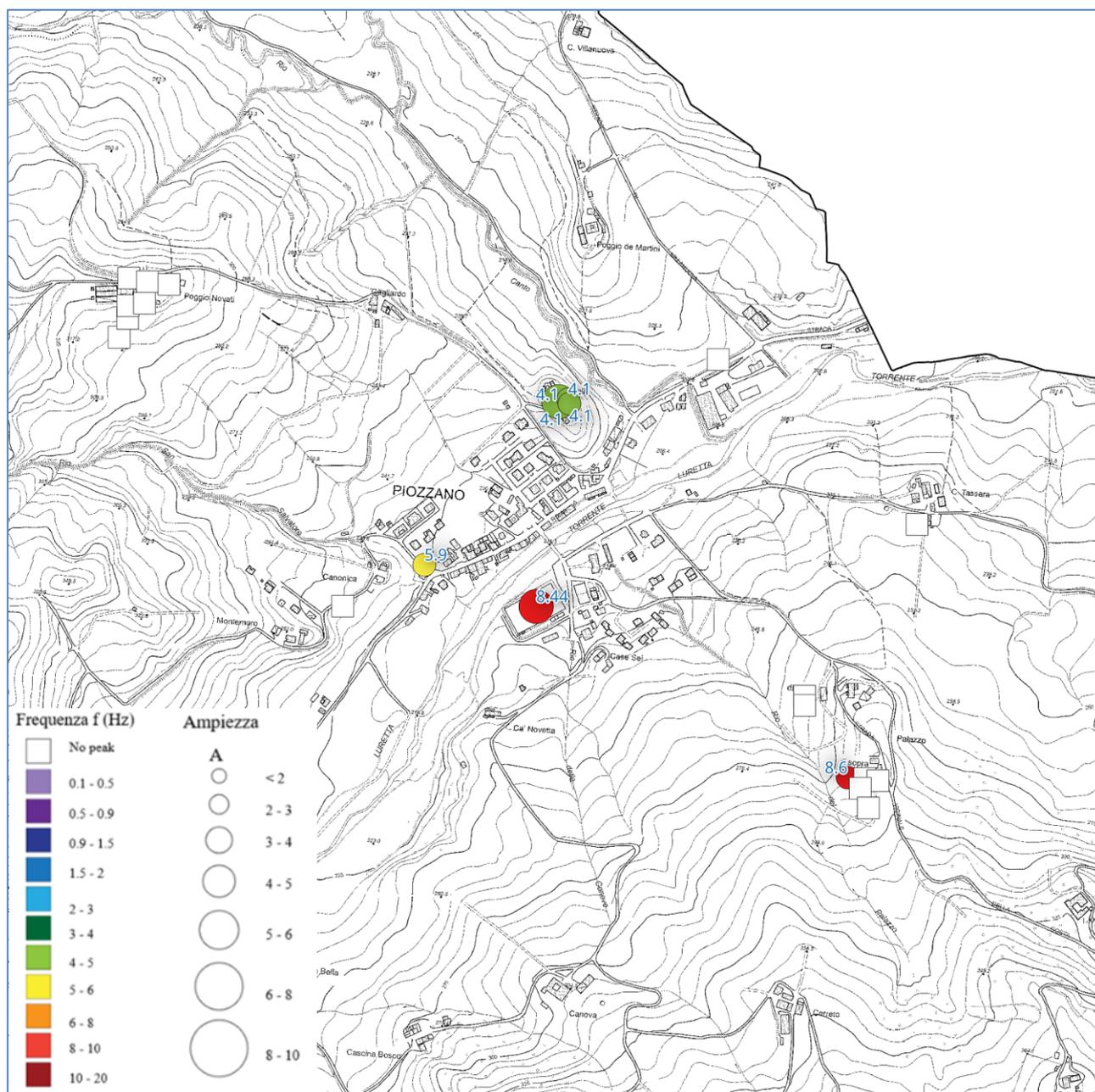


Fig. 21. Estratto della Carta delle Frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni (fuori scala) e relativa legenda.

#### 8.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento. La Carta individua, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e di dati geognostici e geofisici, le microzone in cui possono verificarsi gli effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica. Nel presente studio di secondo livello, la Carta delle MOPS prodotta nel primo livello è stata aggiornata sulla base dei nuovi dati geofisici disponibili (Fig. 22).

Nella Carta delle MOPS il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza a una delle seguenti categorie:

1. **zone stabili:** zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti.
2. **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** zone in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.
3. **zone di attenzione (ZA) per instabilità:** zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali: liquefazioni, densificazione, faglie attive e capaci e/o fenomeni di instabilità gravitativa. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

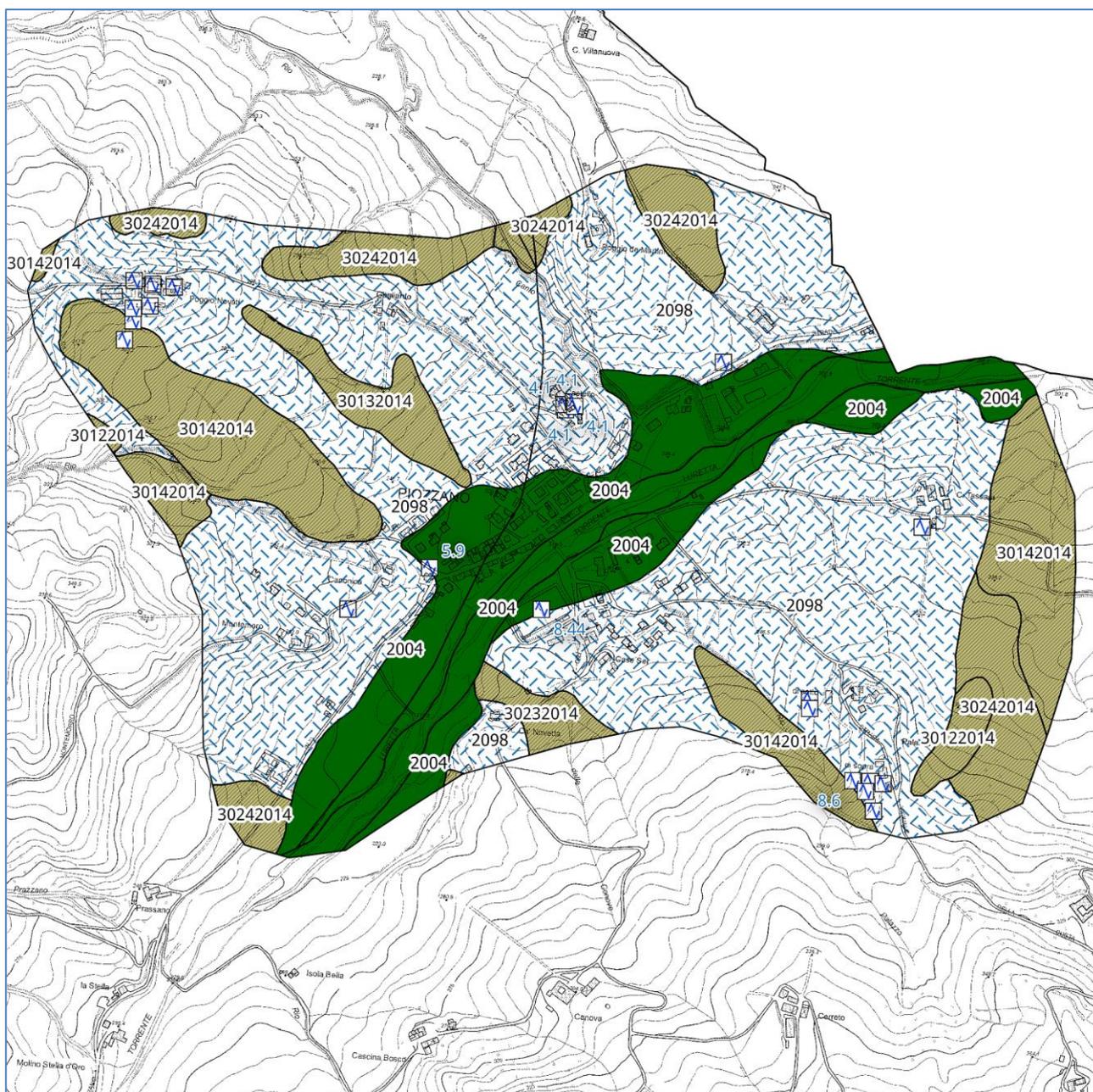


Fig. 22. Estratto della Carta delle MOPS (fuori scala).

La Carta delle MOPS è stata realizzata per le aree urbanizzate e urbanizzabili ritenute più significative in base al numero di residenti e/o villeggianti (individuate dal Comune) e per quelle designate come zone di emergenza dal Piano di Emergenza Comunale.

La cartografia e il geodatabase ad essa associato sono stati realizzati tenendo conto delle indicazioni fornite negli ICMS/08, nelle specifiche tecniche regionali e negli “Standard di rappresentazione e archiviazione Informatica” - Versione 4.2.

### Zone stabili

Alla luce delle indagini integrative svolte per la seconda fase, questa classe non risulta rappresentata nel territorio di Piozzano. Infatti, l’analisi dei profili Vs desunti dalle prove MASW ha permesso di verificare che il substrato roccioso dell’area in esame non può definirsi rigido dal punto di vista sismico, non raggiungendo velocità > 800 m/s.

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali <sup>1</sup>

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate 15 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. Esse sono distinte in coperture prevalentemente fini o grossolane, differenziate sulla base degli spessori e, a seguire, dei substrati prevalenti.

Per il substrato affiorante non rigido è stata istituita una specifica classe (2098), in analogia con la classe 2099 che identifica il substrato alterato/fratturato (anch’esso di fatto non rigido).

Per ogni zona è stata redatta una specifica colonna stratigrafica tipo, riferita ai primi 30 m di sottosuolo (Fig. 23). Di seguito viene fornita una breve descrizione di ciascuna microzona; sono evidenziate in **giallo** quelle presenti nel territorio comunale di Piozzano.

- **Zona 2001:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2002:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2003:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato rigido.
- **Zona 2004:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2005:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2006:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato rigido.
- **Zona 2007:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.

<sup>1</sup> Poiché il presente studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito contemporaneamente per tutti i comuni facenti parte dell’Unione Montana dei Comuni della Val Trebbia e Val Luretta, al fine di garantire omogeneità di lettura, si è scelto di predisporre un’unica classificazione delle zone per l’intero territorio dell’Unione. Da ciò ne deriva che alcune zone di seguito elencate non sono presenti nella Carta delle MOPS di questo Comune.

- **Zona 2008:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2009:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato rigido.
- **Zona 2010:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2011:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2012:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato rigido.
- **Zona 2013:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore superiore a 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2098:** Substrato marino non rigido ( $V_s < 800$  m/s) con livello di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.
- **Zona 2099:** Substrato fratturato/alterato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) con livello di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.

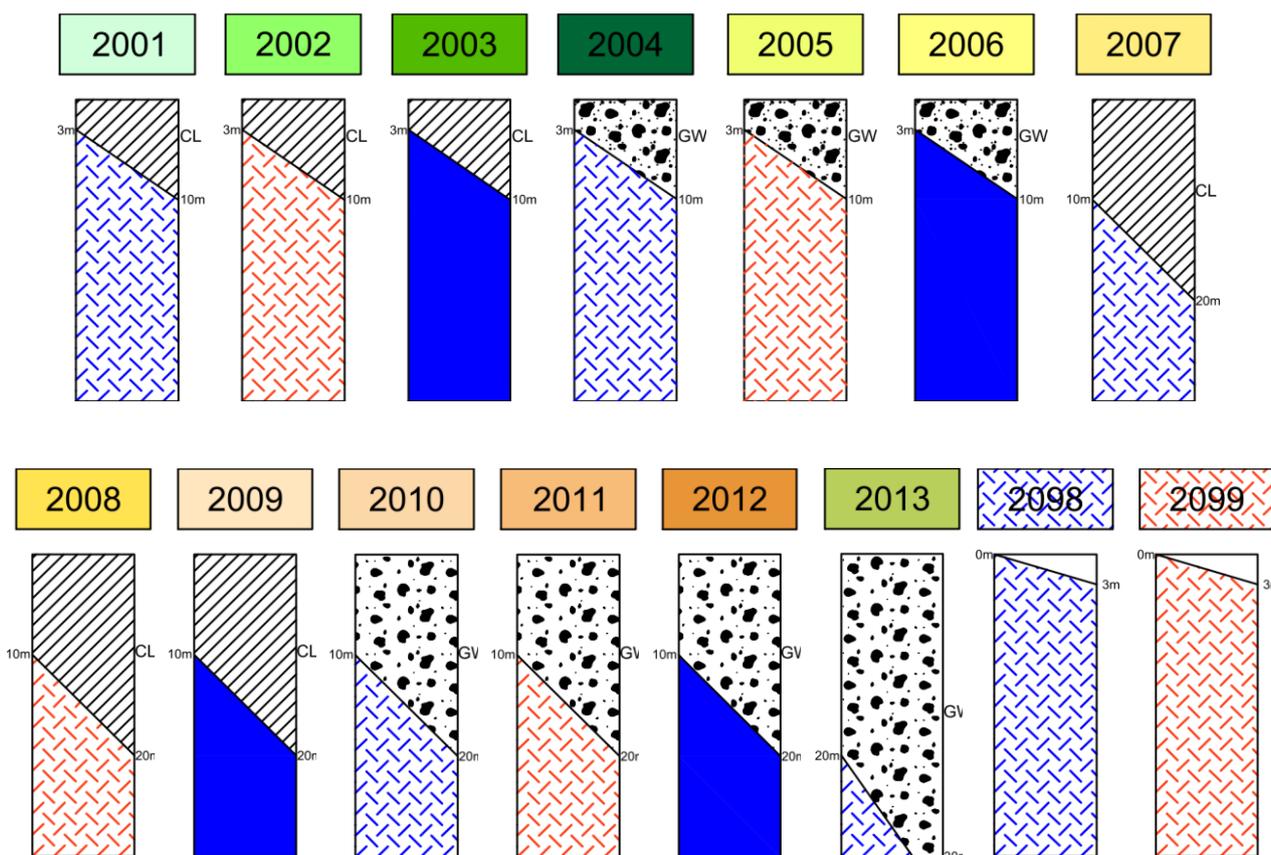


Fig. 23. Rappresentazione schematica della stratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

### Zone di Attenzione per instabilità di versante $ZA_{FR}^2$

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate 7 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. Si tratta di zone caratterizzate da instabilità gravitative di versante, quiescenti o attive, che coinvolgono materiali prevalentemente fini con presenza eventuale di materiale più grossolano.

Le zone sono state distinte in funzione dello spessore del materiale instabile e del differente basamento su cui esso insiste. Gli spessori sono stati valutati sulla base delle indagini pregresse disponibili e delle registrazioni di microtremore ambientale di nuova esecuzione (HVSr), realizzate a tale scopo.

Per ogni zona è stata redatta una specifica colonna stratigrafica tipo, riferita ai primi 30 m di sottosuolo. La simbologia prevista per i fenomeni di dissesto dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione Informatica” (Versione 4.2) consiste in un retino obliquo nero, dove il colore di fondo dipende dallo spessore del materiale coinvolto e dal tipo di substrato (Fig. 24).

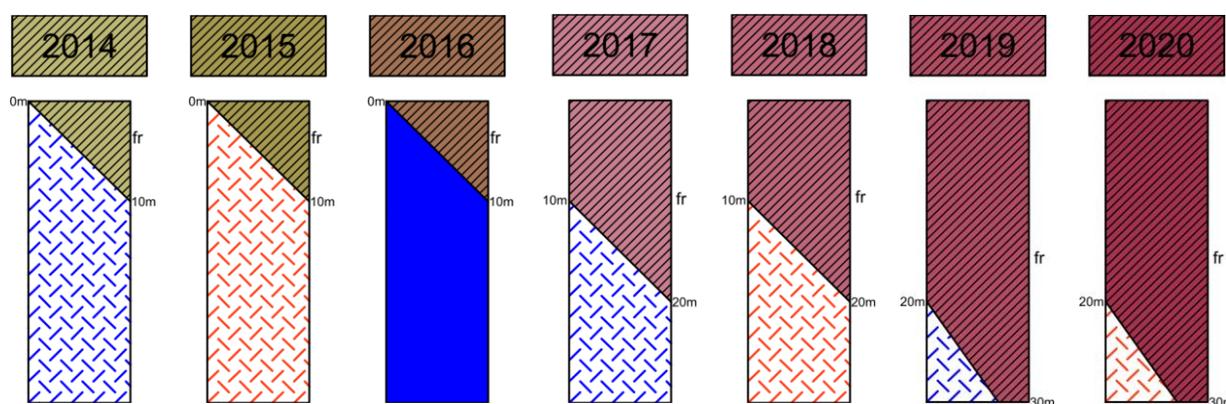


Fig. 24. Rappresentazione schematica della stratigrafia delle Zone di Attenzione per instabilità di versante  $ZA_{FR}$ .

Di seguito viene fornita una breve descrizione di ciascuna microzona; sono evidenziate in **giallo** quelle presenti nel territorio comunale di Piozzano.

- **Zona 2014:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2015:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido, spessori fino a 10 m.
- **Zona 2016:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato rigido.
- **Zona 2017:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2018:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.

<sup>2</sup> Poiché il presente studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito contemporaneamente per tutti i comuni facenti parte dell’Unione Montana dei Comuni della Val Trebbia e Val Luretta, al fine di garantire omogeneità di lettura, si è scelto di predisporre un’unica classificazione delle zone per l’intero territorio dell’Unione. Da ciò ne deriva che alcune zone di seguito elencate non sono presenti nella Carta delle MOPS di questo Comune.

- **Zona 2019:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore superiore a 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2020:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore superiore a 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.

## 8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

Nella Carta è riportata l'ubicazione delle misure effettuate (12 prove MASW) per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio nei terreni compresi all'interno delle aree di approfondimento (Fig. 25). In particolare, l'analisi dei dati geofisici ha permesso di ricostruire un contesto caratterizzato da coperture su un substrato non rigido, avente  $V_s < 800$  m/s.

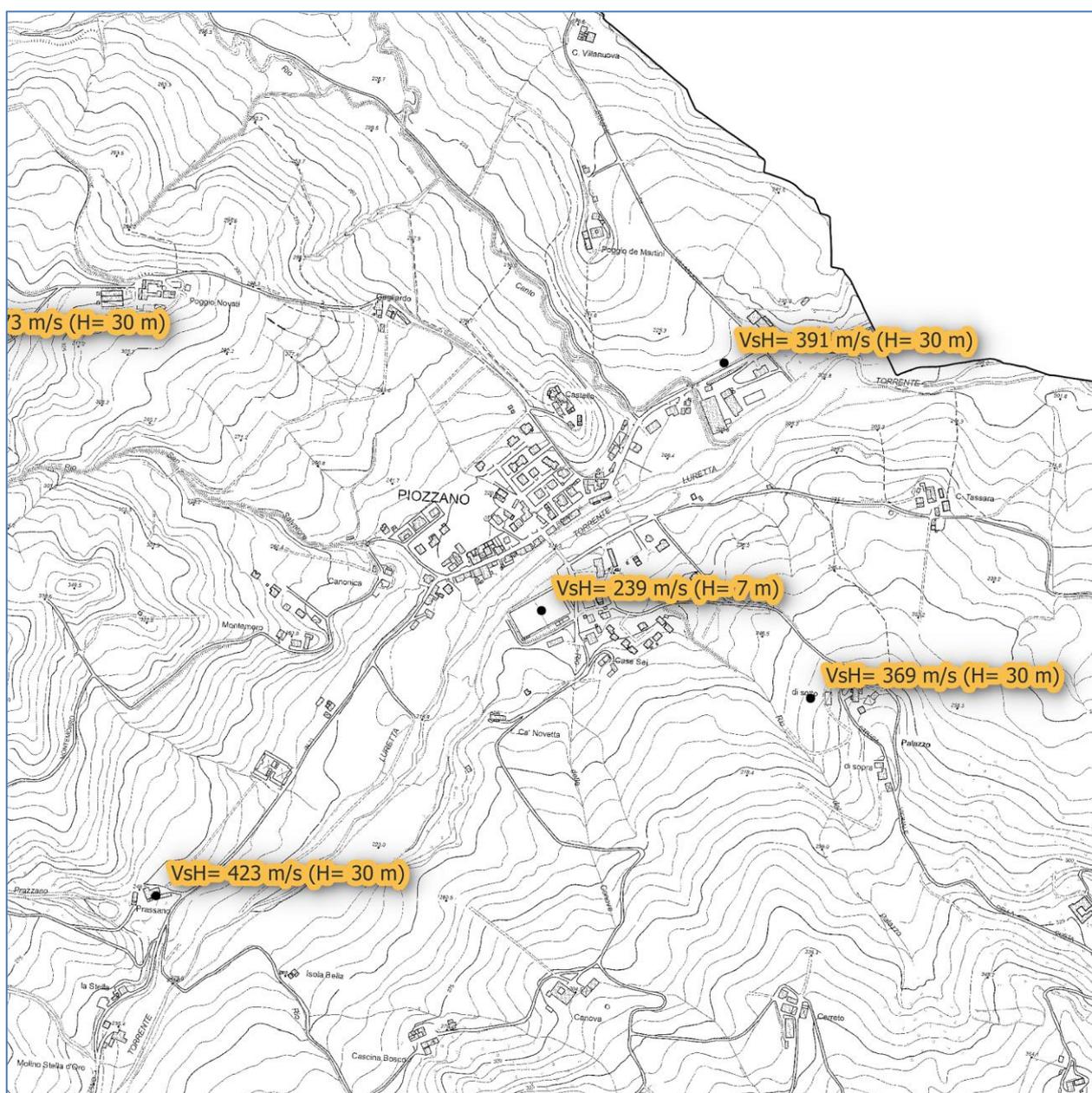


Fig. 25. Estratto della Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) (fuori scala).

L'analisi congiunta dei diversi dati geofisici a disposizione ha quindi permesso di definire lo spessore totale (H in m) dei terreni di copertura e la velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato ( $V_{SH}$  in m/s) del deposito di copertura, con  $V_{SH}$  definita dalla seguente equazione:

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

Dove: N è il numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura (fino al bedrock sismico),  $h_i$  è lo spessore (in m) dello strato i-esimo,  $V_{S_i}$  è la velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al bedrock sismico).

Per l'area di studio, lo spessore H è da intendersi come: spessore del terreno di copertura poggiante su un substrato non rigido, avente  $V_s < 800$  m/s.

Ciò che si può osservare è che il territorio comunale di Piozzano insiste per lo più su unità geologiche assai poco rigide, caratterizzate da velocità del bedrock ( $V_{S30}$ ) mediamente comprese tra 350-450 m/s. L'unità geologica più rigida all'interno dell'area di studio appartiene alla Successione di Caldarola, in particolare ai Calcari a liste di selce (CSE).

Anche le coperture soprastanti, ove presenti, mostrano  $V_s$  molto basse; infatti, l'analisi dei dati mette in luce valori di  $V_{SH}$  variabili e compresi tra 180 m/s e 281 m/s, rispettivamente misurati presso le località Santa Maria e San Gabriele di sotto (in corrispondenza di un grande corpo di frana).

## 8.6 Carte di Microzonazione Sismica di secondo livello (Carta di MS)

Le Carte di Microzonazione Sismica hanno lo scopo di quantificare, per ciascuna MOPS, l'amplificazione locale del moto sismico di base mediante differenti fattori di amplificazione (FA). La stima dell'amplificazione stratigrafica è stata effettuata tramite procedure semplificate, attraverso la consultazione di appositi Abachi regionali (DGR 476/2021), dopo aver definito H e  $V_{SH}$  (cfr. Paragrafo 8.5).

Le tabelle relative al settore appenninico, con coperture poggianti su substrato non rigido, sono il riferimento per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna, come nel caso delle aree di approfondimento comprese all'interno del Comune di Piozzano (Fig. 26).

I FA riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno  $TR=475$  anni, con smorzamento  $\zeta=5\%$ , e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- **accelerazione di picco orizzontale, PGA** (Fig. 27);

- **intensità spettrale SA**  $= \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$  (Fig. 28);

dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T, ottenendo tre valori di intensità spettrale:

- **SA1 o FA<sub>0105</sub>**:  $T_1 = 0,1$  s e  $T_2 = 0,5$  s
- **SA2 o FA<sub>0408</sub>**:  $T_1 = 0,4$  s e  $T_2 = 0,8$  s
- **SA3 o FA<sub>0711</sub>**:  $T_1 = 0,7$  s e  $T_2 = 1,1$  s

- intensità spettrale  $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$  (Fig. 29)

dove V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento; sono stati considerati due intervalli di periodo proprio T, ottenendo due valori di intensità spettrale:

- **SI1 o FH<sub>0105</sub>**: T<sub>1</sub> = 0,1 s e T<sub>2</sub> = 0,5 s
- **SI2 o FH<sub>0510</sub>**: T<sub>1</sub> = 0,5 s e T<sub>2</sub> = 1,0 s

V <sub>SH</sub> (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	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **PGA**

V <sub>SH</sub> (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	1,3	1,2
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	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 <sub>SH</sub> (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 <sub>SH</sub> (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	1,3
10	1,6	1,5	1,4	1,3	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	1,3
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	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	1,3
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	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)**

V <sub>SH</sub> (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 **SI1 (0,1s ≤ T ≤ 0,5s)**

V <sub>SH</sub> (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	1,3
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	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	1,3
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	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 **SI2 (0,5s ≤ T ≤ 1,0s)**

Fig. 26. Abachi utilizzati per la stima dei FA, relativi al settore Appennino con coperture su substrato non rigido, avente Vs < 800 m/s.

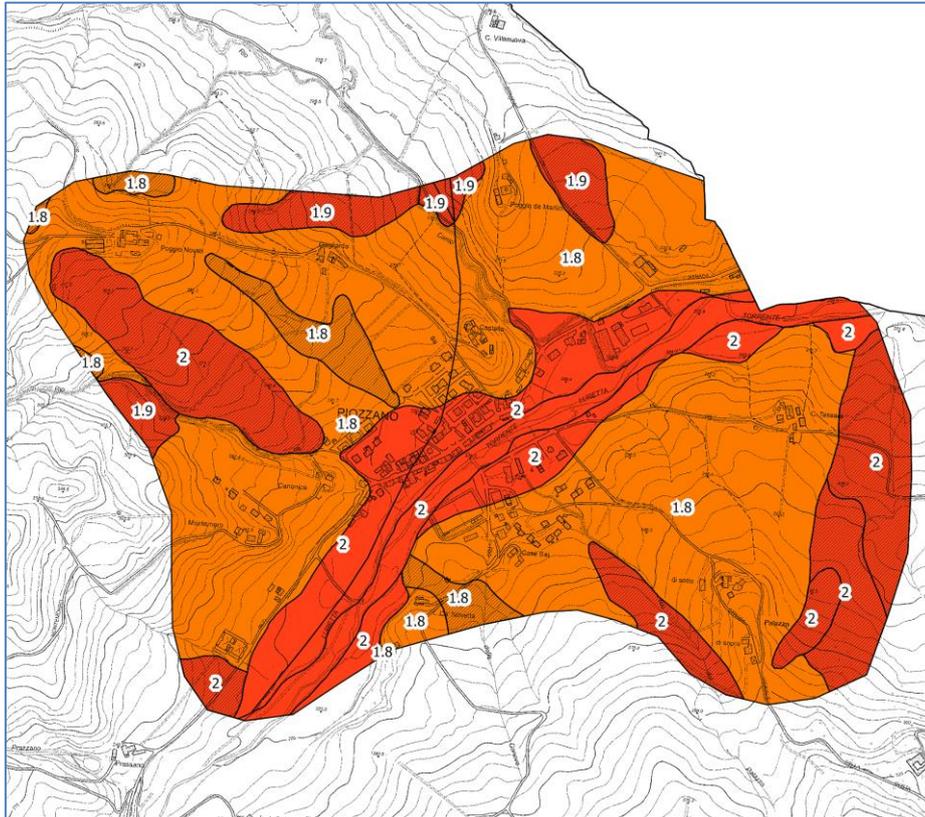


Fig. 27. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica F(PGA) (fuori scala).

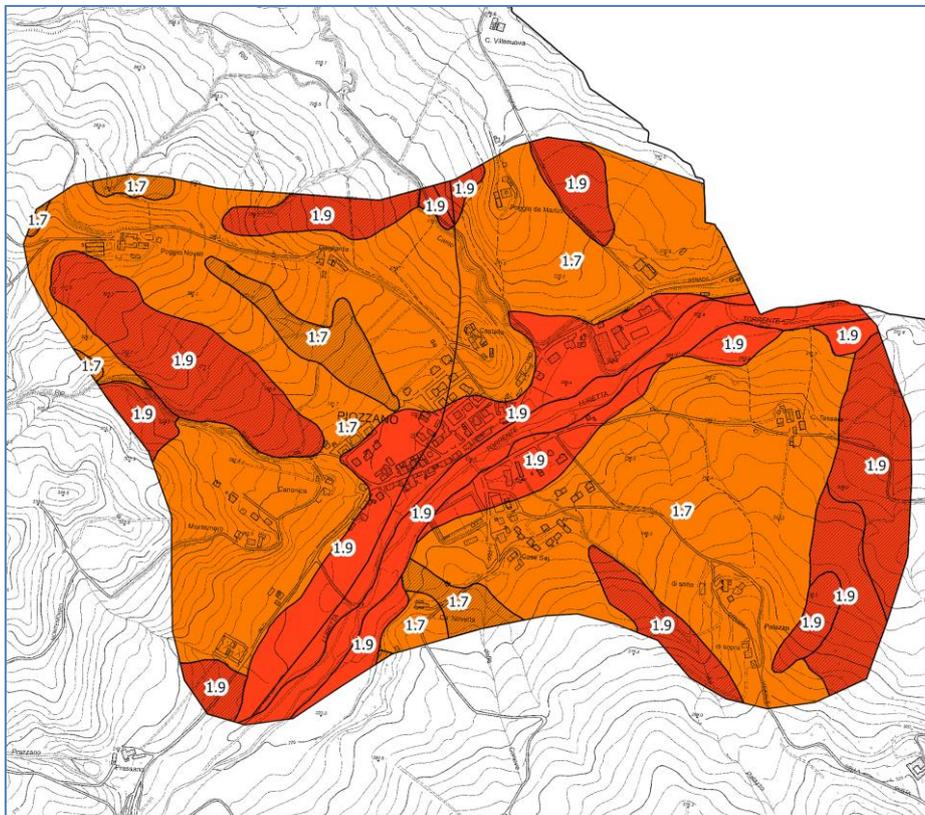


Fig. 28. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica FA0105 (fuori scala).

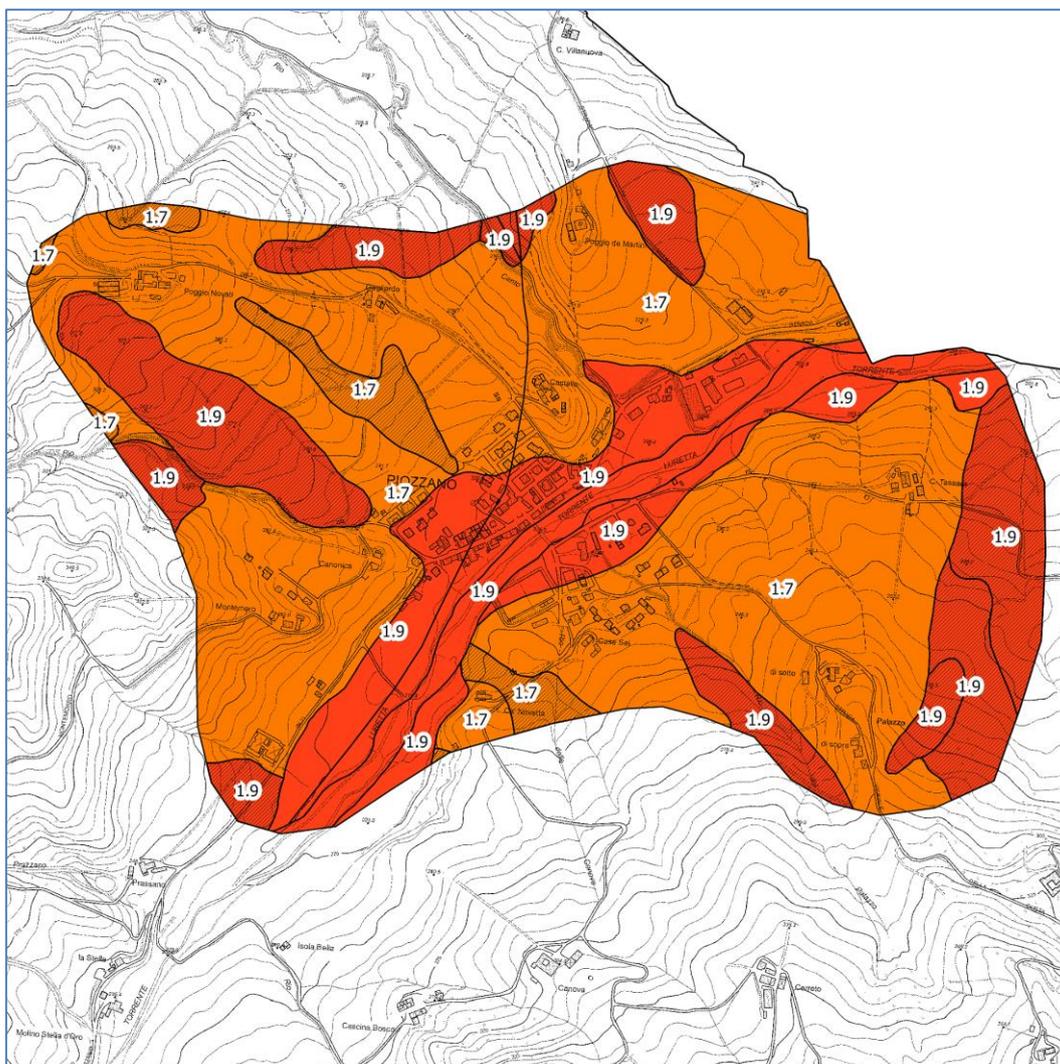


Fig. 29. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica FH0105 (fuori scala).

### 8.7 Carte della distribuzione dei valori di $H_{SM}$

E' stata infine prodotta una carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$  (Fig. 30), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in %g), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity ( $ASI_{UHS}$ ), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ , diviso per  $\Delta T$  (in questo caso pari a 0,4 s), per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodo.

I valori di  $ASI_{UHS}/\Delta T$  derivano dal file *all\_4\_coord.kmz* messo a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. I valori puntuali della griglia di riferimento RER sono stati interpolati linearmente al fine di creare un grid continuo e quindi interrogati in funzione del centroide calcolato per ogni area omogenea.

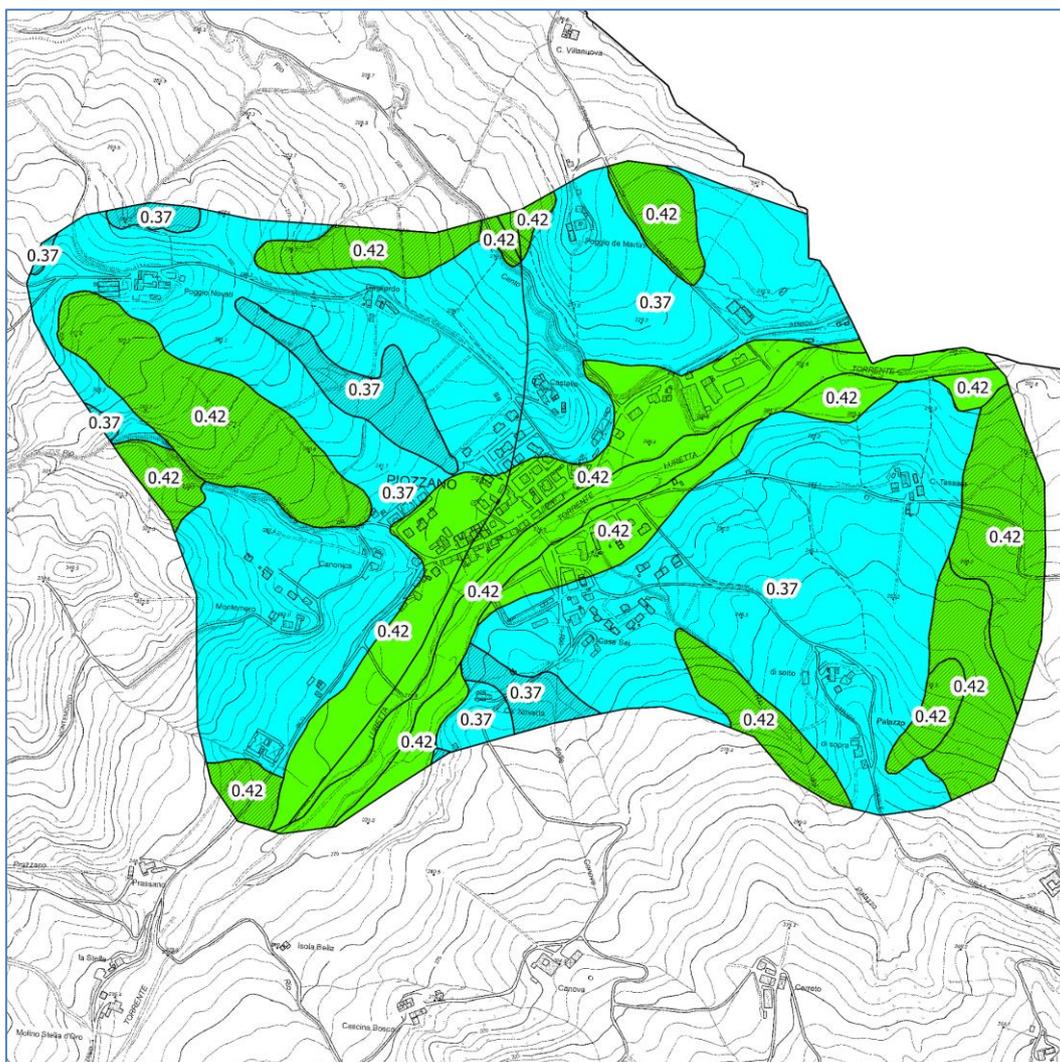


Fig. 30. Estratto della Carta della distribuzione dei valori di HSM (fuori scala).

## 9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Per tentare un confronto tra quanto emerso dal presente studio e la distribuzione dei danni degli eventi passati si è provveduto a verificare le informazioni riportate nel Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (CFTI), di cui si riporta un estratto in Fig. 31. Nel catalogo non è censito il Comune di Piozzano, quindi si fa riferimento al limitrofo Comune di Rezzanello (PC).

Per questo comune è stato censito un solo terremoto, ossia quello del 09/11/1983 con area epicentrale nel Parmense. Per quanto riguarda gli effetti di questo terremoto sul contesto antropico: *“non sono note descrizioni degli effetti. Spadea et al. (1984) hanno valutato l’intensità della scossa di IV-V grado MCS”*.

Allo stato attuale delle conoscenze bibliografiche, non essendo stati rilevati danni agli edifici nel Comune di Piozzano, non è di conseguenza possibile effettuare un confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati.

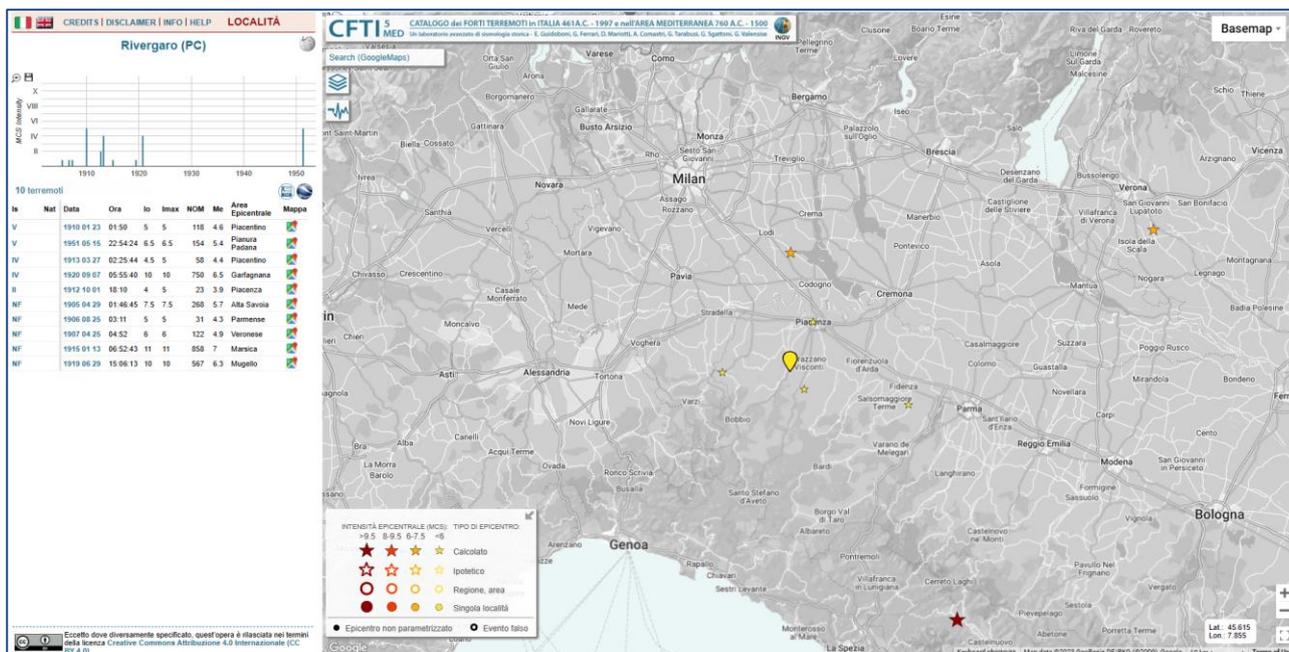


Fig. 31. Estratto del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (CFTI) per il limitrofo Comune di Rivergaro.

## 10 BIBLIOGRAFIA

- Albarello D. & Castellaro S. (2011). *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII - n. 2, Appendice I e II, pp 50-62.
- DISS Working Group (2021). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>
- Gruppo di lavoro MS (2008). *Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. [http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833)
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G. & Valensise G. (2018). *CFT15Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cft15>
- Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G. & Valensise G. (2019). *CFT15Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area*. Nature, Scientific Data 6, No. 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>
- ITHACA Working Group (2019). *ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019*. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S. & Antonucci A. (2022). *Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>
- Madiati C., Facciorusso J. Vannucchi G. & Martelli L. (2012) – *Microzonazione sismica, uno strumento consolidato per la riduzione del rischio. L'esperienza della Regione Emilia Romagna*. RER 2012.
- Martelli L., Calabrese L., Ercolessi G., Severi P., Tarabusi G., Pileggi D., Rosselli S., Minarelli L., Pergalani F., Compagnoni M., Vannucchi G., Madiati C., Facciorusso J., Fioravante V., Giretti D., Mucciarelli M., Priolo E. & Laurenzano G. (2014). *Cartografia speditiva dell'amplificazione e del rischio di liquefazione nelle aree epicentrali del terremoto dell'Emilia 2012 (ML=5.9)*. Atti del 32 convegno GNGTS 2013.
- Martelli L., Severi P., Biavati G., Rosselli S., Camassi R., Ercolani E., Marcellini A., Tento A., Gerosa D., Albarello D., Guerrini F., Lunedei E., Pileggi D., Pergalani F., Compagnoni M., Fioravante V. & Giretti D. (2014). *Analysis of the local seismic hazard for the stability tests of the main bank of the Po River (northern Italy)*. Boll. Geof. Teor. Appl., 55, 119-134.
- Meletti C. & Valensise G. (2004). *Zonazione Sismogenetica ZS9-APP. 2 Al rapporto conclusivo*. In: Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Molin D., Stucchi M. & Valensise G. (1996). *Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*. Elaborato per il Dipartimento dalla Protezione Civile.
- Naso G., Martelli L., Baglione M., Brammerini F., Castenetto S., D'Intinosante V. & Ercolessi G. (2019). *Maps for land management: from geology to seismic hazard*. Boll. Geof. Teor- Appl., Vol. 60.
- Regione Emilia-Romagna – ENI, Agip (1998). *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. Di Dio.

- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. *Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna, Foglio 179 "Ponte dell'Olio", alla scala 1: 50.000.*
- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze (2004). *Carta Sismotettonica della regione Emilia-Romagna – Scala 1:250.000.*
- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (2012). *Microzonazione sismica, uno strumento consolidato per la riduzione del rischio. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna.*
- Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C. G. & Penna A. (2012). *Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms.* Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375.
- SESAME European research project (2004). *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration measurements, processing and interpretation.*
- Spadea M.C., Vecchi M. & Del Mese S. (a cura di), *Bollettino macrosismico 1983*, Istituto Nazionale di Geofisica. Roma.

## 11 ALLEGATI

Nel corso dello studio sono stati redatti anche i seguenti elaborati:

- All. 1 – Tavola Sezioni geologico-tecniche rappresentative, scala 1: 2.500
- All. 2 – Monografie prove MASW eseguite
- All. 3 – Monografie prove HVSR eseguite

Piacenza, gennaio 2023

Dr. Geol. Davide Roverselli

