

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Traversetolo



| Regione | Soggetto realizzatore | Data |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| EMILIA-ROMAGNA | Dott. geol. Stefano Castagnetti  | APRILE 2016 |

GRUPPO DI LAVORO

- **Responsabile del Procedimento**

Ing. Fabio Garlassi

- **Soggetto realizzatore**



geol. STEFANO CASTAGNETTI (Incaricato)

geol. MARCO BALDI (Collaboratore)

dott. GIAN MARCO VENEZIANI (Collaboratore)

- **Fornitura dati**

Comune di Traversetolo

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna

INDICE

| | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Introduzione..... | 1 |
| 2. | Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento..... | 4 |
| | 2.1 Inquadramento tettonico | 4 |
| | 2.2 Caratteristiche sismotettoniche | 8 |
| | 2.3 Storia sismica..... | 10 |
| | 2.4 Classificazione sismica comunale..... | 14 |
| 3. | Dati geotecnici e geofisici | 17 |
| 4. | Modello del sottosuolo..... | 18 |
| 5. | Interpretazioni e incertezze | 22 |
| 6. | Metodologie di elaborazione e risultati | 24 |
| 7. | Elaborati cartografici..... | 26 |
| | 7.1 Carta delle indagini | 26 |
| | 7.2 Carta geologico-tecnica | 28 |
| | 7.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni | 35 |
| | 7.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica | 38 |
| | 7.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S | 52 |
| | 7.6 Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2..... | 53 |
| | 7.7 Commenti finali e criticità | 63 |
| 8. | Elaborati | 64 |

1. Introduzione

Nella presente Relazione illustrativa vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello Studio di microzonazione sismica di livello 2 del Comune di Traversetolo – Provincia di Parma, effettuato su incarico del Comune di Traversetolo (Determinazione Dirigenziale n° 394 del 29.10.2015 - Contratto Rep. n° 3994, stipulato il 16.12.2015) e finanziato con contributi derivanti dall'OCDPC n° 171/2014 “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'annualità 2013” (G.U. n° 145 del 25.6.2014) e dalla DGR n° 1227 del 31.08.2015.

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS) hanno l'obiettivo di razionalizzare 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 Microzonazione Sismica 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.

Il Comune di Traversetolo è dotato di uno studio di Microzonazione Sismica realizzato nel 2009 dallo scrivente professionista, nel rispetto delle indicazioni tecniche di cui all'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico approvato con DAL 112/2007.

Tale studio non venne esteso all'intero territorio comunale, ma fu limitato ad alcuni areali di significativa estensione, per i quali l'allora Documento Preliminare prevedeva una trasformazione urbanistica. Il nuovo studio, partendo da tale base informativa, ha comportato l'acquisizione di ulteriori dati e l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini, costituita da n° 33 prove tromografiche.

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

- Allegato B “Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 171/2014 e Decreto del Capo Dipartimento della Protezione

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 1 di 64 |


Civile del 4 agosto 2014” della DGR n. 1227 del 31.08.2014 “Attribuzione contributi a favore degli Enti Locali. Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica e delle indicazioni per l’archiviazione informatica ” (di seguito “Allegato B della Delibera regionale”)

- Allegato C “Indicazioni per l’archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell’analisi della condizione limite per l’emergenza, di cui all’ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 171/2014 e della DGR n. 1227 del 31.08.2015 “Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 171/2014. Attribuzione contributi a favore degli Enti Locali. Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica e delle indicazioni per l’archiviazione informatica (di seguito “Allegato C della Delibera regionale”)
- “Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versione 4.0b, Roma, ottobre 2015 - Elaborato e approvato nell’ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (di seguito “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 (di seguito “ICMS”)
- Allegato A della Deliberazione della Giunta Regionale 21 dicembre 2015, n. 2193: “Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, di cui alla deliberazione dell’Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112”.

Nel rispetto dei riferimenti tecnici sopra elencati, lo studio è stato articolato in due differenti fasi di approfondimento:

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica (litologia, stratigrafia, tettonica e loro rapporti geometrici).
- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 2 di 64 |

- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:


- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- Suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in 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 e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Le aree oggetto di MS presentano una superficie di circa 5.469 Ha, corrispondente a circa il 19% dell'intero territorio comunale, su cui risiede la quasi totalità dei residenti del Comune di Traversetolo.

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'Allegato C della Delibera regionale e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica).

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: "MS - SoftMS", versione 4.0.1.

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

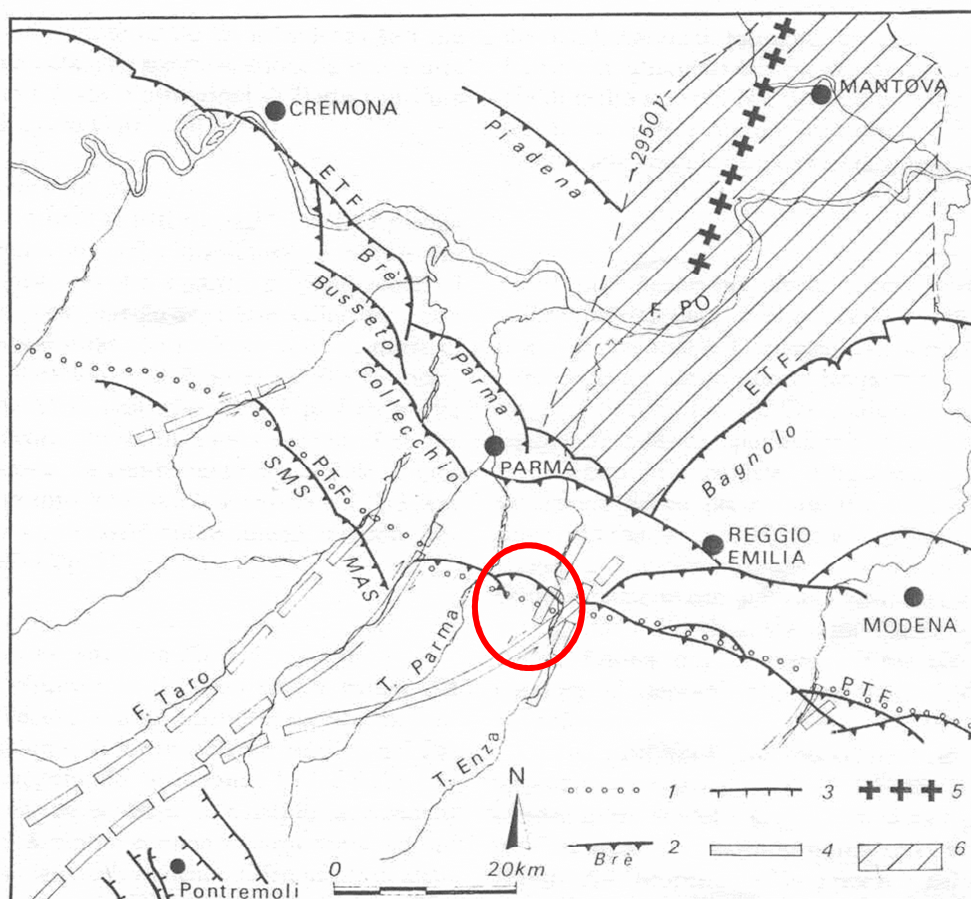
| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 3 di 64 |

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

2.1 Inquadramento tettonico


Il territorio di Traversetolo si colloca nella fascia di transizione tra l'alta pianura e i primi rilievi collinari, compresi tra il T. Enza ad est e il T. Parma ad ovest. Di conseguenza il territorio in esame può essere distinto in due ambienti di "catena montuosa" e di "fascia pedemontana", entrambi interessati da una tettonica di tipo compressivo, che ha provocato un generale raccorciamento dell'edificio padano.

Tale raccorciamento si è prodotto attraverso due importanti fasci paralleli di strutture di embricazione sepolte, aventi direzione NW-SE e vergenza verso NE (Fig. 1), le cui superfici di distacco interessano la copertura mesozoica e terziaria (Boccaletti et al., 1985).



1) Margine morfologico appenninico. 2) Strutture Agip citate nel testo. 3) Faglie normali della fossa tettonica della Lunigiana. 4) Linee trasversali di ordine maggiore. 5) Asse di alto del «basamento magnetico». 6) Massimo dell'anomalia magnetica residua (oltre 2950 γ).

Fig. 1 - Schema strutturale del margine e del fronte appenninico (M. Bernini e G. Papani). Il cerchio rosso individua approssimativamente il territorio comunale di Traversetolo.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------|
|  <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p> | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 4 di 64 |

Il fascio più settentrionale, coincidente con l'allineamento "Cremona – Parma – Reggio E.", appartiene all'arco delle "Pieghe Emiliane e Ferraresi", che dall'Appennino vogherese si estendono fino alla linea del Sillaro ed è denominato *Fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front = ETF)*. Esso risulta costituito da un sistema di thrust ciechi ed arcuati in pianta, interessati da discontinuità trasversali con probabile componente di movimento trascorrente.

Il fascio meridionale, coincidente con il margine morfologico appenninico, si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani ed è denominato *Fronte di accavallamento pedeappenninico (Pedeapenninic Thrust Front = PTF)*.


Anche questo fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi d'acqua appenninici (Stirone, Taro, Baganza ed Enza), che delimitano settori a diverso comportamento tettonico-sedimentario.

In particolare la Linea dell'Enza, caratterizzata da un fascio di faglie e fratture comprese fra le valli del Termina e dell'Enza ed interpretata nel complesso come faglia trascorrente sinistra, ha determinato un arretramento dell'unità parmense rispetto a quella reggiana, con conseguente disallineamento del margine appenninico, ed un maggiore sollevamento del settore posto ad W di tale linea trasversale (Bernini e Papani, 1987).

Le fasi di sollevamento più recenti, unitamente alle variazioni climatico-idrologiche, hanno determinato l'erosione dell'originaria pianura alluvionale pleistocenica e una morfostruttura complessa con forme terrazzate polifasiche, talora fortemente basculate e/o deformate (Cremaschi & Papani, 1975). I residui di tale erosione sono rappresentati dai ripiani terrazzati pre-wurmiani, che si rinvengono a quote sopraelevate rispetto agli alvei dei corsi d'acqua attuali.

Da "Alcune considerazioni sulla struttura del margine appenninico emiliano tra lo Stirone e l'Enza" (Bernini e Papani), si apprende che il settore del margine appenninico compreso tra T. Baganza e T. Enza, ha subito un importante sollevamento, seguito da erosione subaerea, durante il Pliocene medio-superiore, testimoniato dalla trasgressione delle sabbie del Pleistocene inferiore direttamente sulle argille del Pliocene inferiore. Tale situazione stratigrafica contrasta con quella presente ad est dell'Enza e a ovest del Baganza, dove il Pliocene è rappresentato da notevoli spessori di sedimenti. Il sollevamento di questo settore è ben evidenziato dall'esteso affioramento dell'Unità di Monte Sporno, che è la più profonda tra le Liguridi esterne. Il sollevamento di questo settore riprende poi e produce il marcato basculamento dei terrazzi pre-wurmiani al quale è connessa la subsidenza dell'antistante pianura.


La linea della "Bassa Val d'Enza" rappresenta un elemento strutturale caratterizzato da un fascio di faglie e fratture compreso tra le valli del Termina e dell'Enza, costituente il segmento nord-orientale della linea "Passo della Cisa - Bassa Val d'Enza", facente parte del "Sistema Taro"

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 5 di 64 |

ovvero il gruppo di faglie cinematicamente legate e a comportamento trasversale, corrispondenti alla linee dell'Enza, del Baganza e del Taro, che segmentano il margine appenninico in settori a diverso comportamento tettonico.

All'interno della linea Bassa Val d'Enza, sotto il profilo vista morfologico, si segnalano i seguenti elementi (Fig. 2):

- coincide con l'estremità orientale della rientranza del margine appenninico;
- in corrispondenza dell'affluente di destra del T. Termina (T. Termina di Castione) è osservabile un'associazione di morfostrutture indicante una probabile componente sinistra in epoca Quaternaria recente;
- la scarpata S. Polo-Bibbiano-Barco, che interessa terrazzi pre-wurmiani, coincide con una dislocazione segnalata nell'immediato sottosuolo;
- in allineamento SW con detta scarpata si trovano l'anomala ed isolata "Collina Torloniana", ricoperta da depositi terrazzati del tardo Wurm probabile, e la scarpata con faccette triangolari presso Ciano d'Enza. Questa scarpata corrisponde con il margine orientale della conoide olocenica dell'Enza;
- la zona di taglio del T. Termina è marcata morfologicamente dall'andamento della rete idrografica e dal limite dei terrazzi pre-wurmiani. Disloca con movimento sinistro le formazioni pre-plioceniche presso Traversetolo.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------|
|  Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i> | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 6 di 64 |

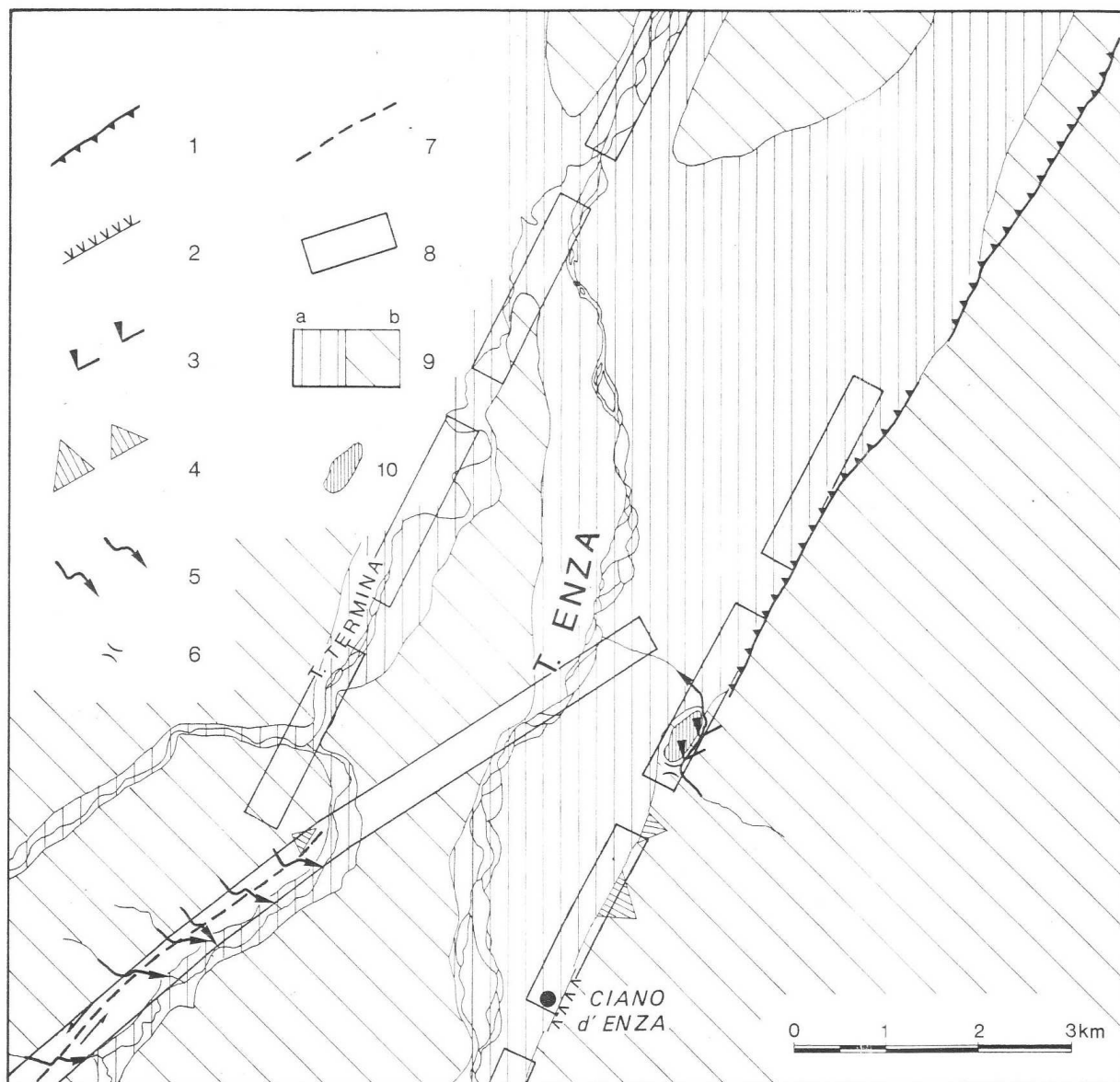


Fig. 2 – Carta geomorfologica schematica della Bassa Val d'Enza (1- Scarpata S. Polo-Bibbiano-Barco, 2 – Base della scarpata di Ciano d'Enza, 3 – Vallecola asimmetrica, 4 – Faccette triangolari, 5 – Gomiti torrentizi, 6 – Sella di vallecola abbandonata, 7 – Faglia probabile, 8 – Probabile ubicazione delle zone di taglio trasversali, 9 – Depositi fluviali olocenici e attuali, 9 – a) Depositi fluviali olocenici e attuali, b) depositi continentali e marini pre-olocenici, 10 – “Collina Torloniana” con terrazzo sommitale tardo-wurmiano.

2.2 Caratteristiche sismotettoniche

Ai fini della valutazione del rischio sismico di un'area, è fondamentale identificare le faglie attive.

Infatti, sebbene esistano strutture a scorrimento lento asismico (*fault creep o tectonic creep*), molte delle faglie attive sono considerate sorgenti sismiche, in quanto lo scorrimento istantaneo dei due lati delle stesse, 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 faglie sismogenetiche è associato il maggior rischio.


Per la definizione di faglia attiva si fa normalmente riferimento alla possibilità che una faglia possa attivarsi in un intervallo di tempo futuro che interessa la nostra società. D'altra parte le faglie che hanno la maggiore probabilità di muoversi in un futuro prossimo sono da ricercarsi tra quelle che si sono mosse nelle fasi più recenti della storia geologica. Una delle definizioni più comunemente accettata 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 negli ultimi 500.000 anni.

Un elenco delle sorgenti sismogenetiche e delle faglie potenzialmente attive e capaci è contenuto nel DISS 3.2.1, il database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area Italiana¹.

Con riferimento all'immagine di Fig. 3, le sorgenti sismogenetiche più significative al contorno dell'area in studio sono:

- **ITCS009 – Busseto-Cavriago**, con magnitudo massima attesa Mw = 5.6
- **ITCS046 – Langhirano-Sassuolo**, con una magnitudo massima attesa Mw = 5.9
- **ITCS027 – Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga** con una magnitudo massima attesa Mw = 6.2, a cui sono associate le faglie:
 - ITIS058 Loiano (Mw = 5.3)
 - ITIS047 Cagli (Mw = 6.2)
 - ITIS048 Fabriano (Mw = 6.2)
 - ITIS049 Camerino (Mw = 5.8)
 - ITIS055 Sarnano (Mw = 6.0)
 - ITIS135 Neviano degli Arduini (Mw = 5.4)

¹ 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*.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 8 di 64 |

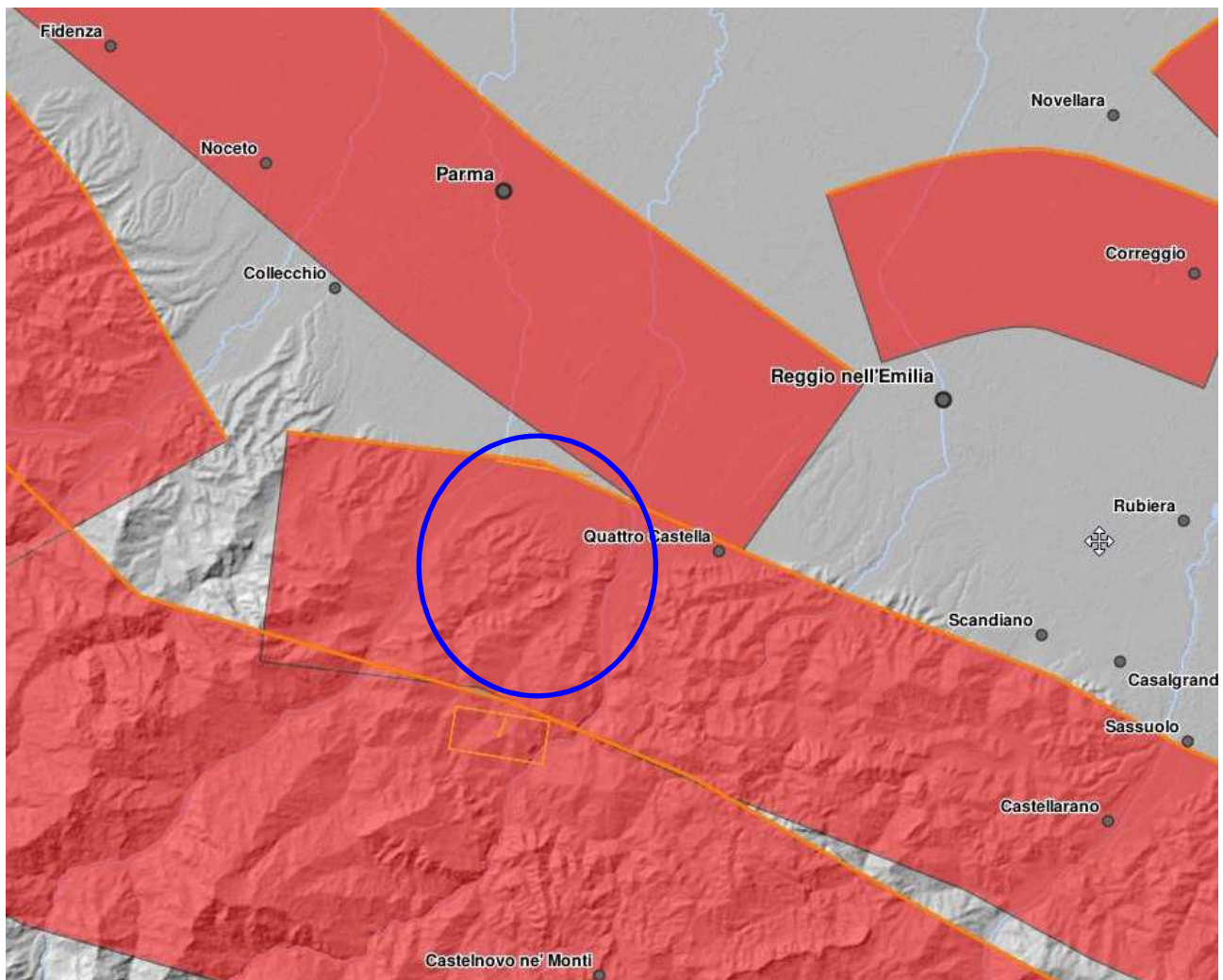


Fig. 3 – Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche da DISS 3.2.0 <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>
Il cerchio blu individua approssimativamente il territorio del Comune di Traversetolo

2.3 Storia sismica

La storia sismica del Comune di Traversetolo è stata desunta dal Database Macrosismico Italiano, versione DBMI11², che contiene informazioni relative a 58.146 osservazioni macrosismiche dal 217 A.C. al 2006 e in cui sono presenti 6806 località con almeno 3 osservazioni.

Secondo quanto riportato in DBMI11, la storia sismica di Traversetolo è riassunta graficamente nel diagramma riportato in Fig. 4, mentre in Tab. 1 sono elencati gli eventi di maggiore intensità, indicando per ciascuno di esse, 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 (Np), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

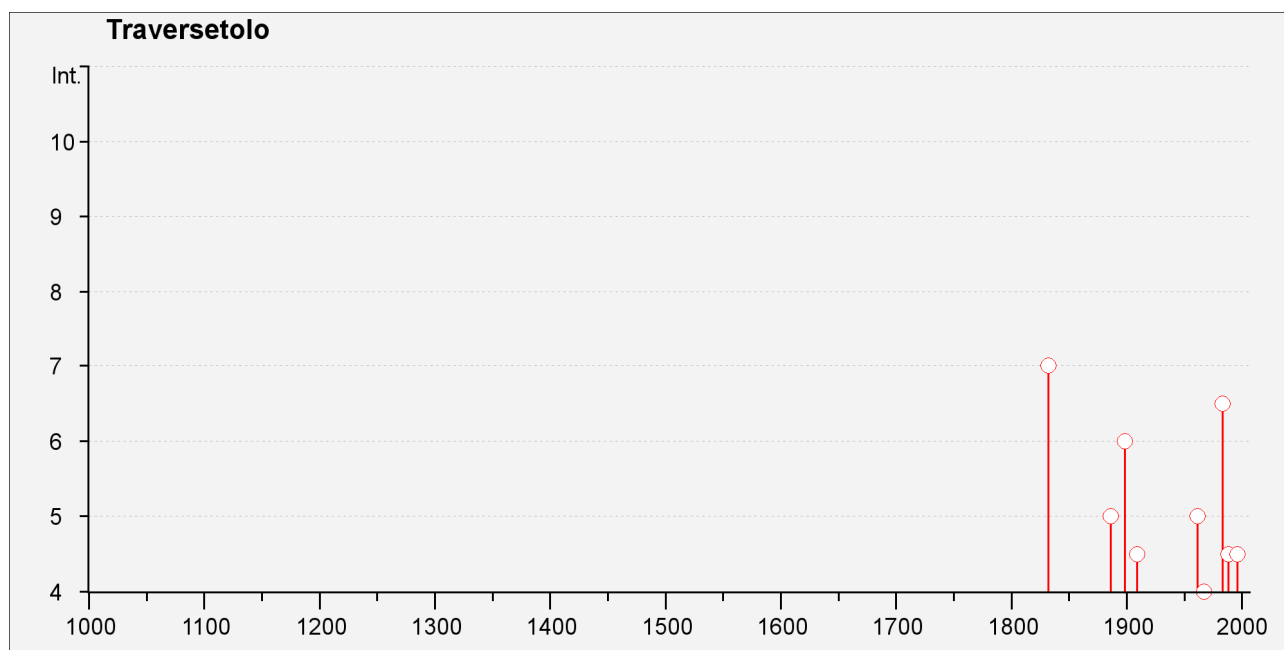



Fig. 4 – Eventi sismici di maggior intensità registrati nel Comune di Traversetolo

² M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 10 di 64 |

| Numero di eventi: 19 | | | | | | | |
|----------------------|------------------|---------------------------------|-----|----------------|--|--|--|
| Effetti | | In occasione del terremoto del: | | | | | |
| I [MCS] | Data | Ax | Np | Io Mw | | | |
| 7 | 1832 03 13 03:30 | Reggiano | 98 | 7-8 5.53 ±0.18 | | | |
| 5 | 1886 10 15 02:20 | COLLECCHIO | 44 | 6 4.70 ±0.24 | | | |
| 6 | 1898 03 04 21:05 | Valle del Parma | 313 | 7-8 5.41 ±0.09 | | | |
| NF | 1904 11 17 05:02 | Pistoiese | 204 | 7 5.15 ±0.14 | | | |
| 4-5 | 1909 01 13 00:45 | BASSA PADANA | 799 | 6-7 5.53 ±0.09 | | | |
| 2 | 1936 10 18 03:10 | BOSCO CANSIGLIO | 267 | 9 6.12 ±0.09 | | | |
| 3 | 1937 09 17 12:19 | Parmense | 34 | 7 4.65 ±0.25 | | | |
| 5 | 1961 08 13 22:34 | Parmense | 22 | 5-6 4.47 ±0.35 | | | |
| 5 | 1961 08 14 01:03 | Parmense | 14 | | | | |
| 4 | 1967 04 03 16:36 | Reggiano | 47 | 5-6 4.69 ±0.19 | | | |
| 3 | 1969 06 24 13:25 | Parmense | 15 | 4.62 ±0.23 | | | |
| 6-7 | 1983 11 09 16:29 | Parmense | 850 | 6-7 5.06 ±0.09 | | | |
| NF | 1986 12 06 17:07 | BONDENO | 604 | 6 4.61 ±0.10 | | | |
| 4-5 | 1988 03 15 12:03 | Reggiano | 160 | 6 4.66 ±0.12 | | | |
| 3-4 | 1995 10 10 06:54 | LUNIGIANA | 341 | 7 4.85 ±0.09 | | | |
| 4-5 | 1996 10 15 09:56 | Correggio | 135 | 7 5.41 ±0.09 | | | |
| NF | 1998 02 21 02:21 | Reggiano | 104 | 5 4.34 ±0.17 | | | |
| NF | 2000 06 18 07:42 | Parmense | 300 | 5-6 4.43 ±0.09 | | | |
| NF | 2002 11 13 10:48 | Franciacorta | 770 | 5-6 4.29 ±0.09 | | | |

Tab. 1 - Massimi eventi sismici i cui effetti si sono fatti risentire a Traversetolo

Dalla lettura di Fig. 4 e di Tab. 1 si deduce che, tra quelli censiti nel DBMI11, sono 19 gli eventi sismici che hanno avuto un risentimento significativo a Traversetolo e tra questi spiccano il terremoto con epicentro nel reggiano del 13.3.1832, a cui è stata attribuita una Mw = 5.53 ed effetti pari al 7° grado della scala MCS e il recente terremoto con epicentro nel parmense del 9.11.1993 a cui è stata attribuita una Mw = 5.06 ed effetti pari al 6-7° grado della scala MCS.

Gli altri eventi riportati nel database hanno avuto risentimenti assai più modesti e compresi tra VI e III MCS.

Dal momento che il DBM11 è aggiornato al 2006, non sono riportati gli eventi sismici del 23.12.2008 con epicentro in Comune di Canossa (RE), profondità ipocentrale di circa 27 km e magnitudo locale 5.1 (Fig. 5) ed il terremoto del 20 maggio 2012, con epicentro nella Bassa modenese, in occasione del quale è stata registrata una magnitudo pari a 5.9 della scala Richter.

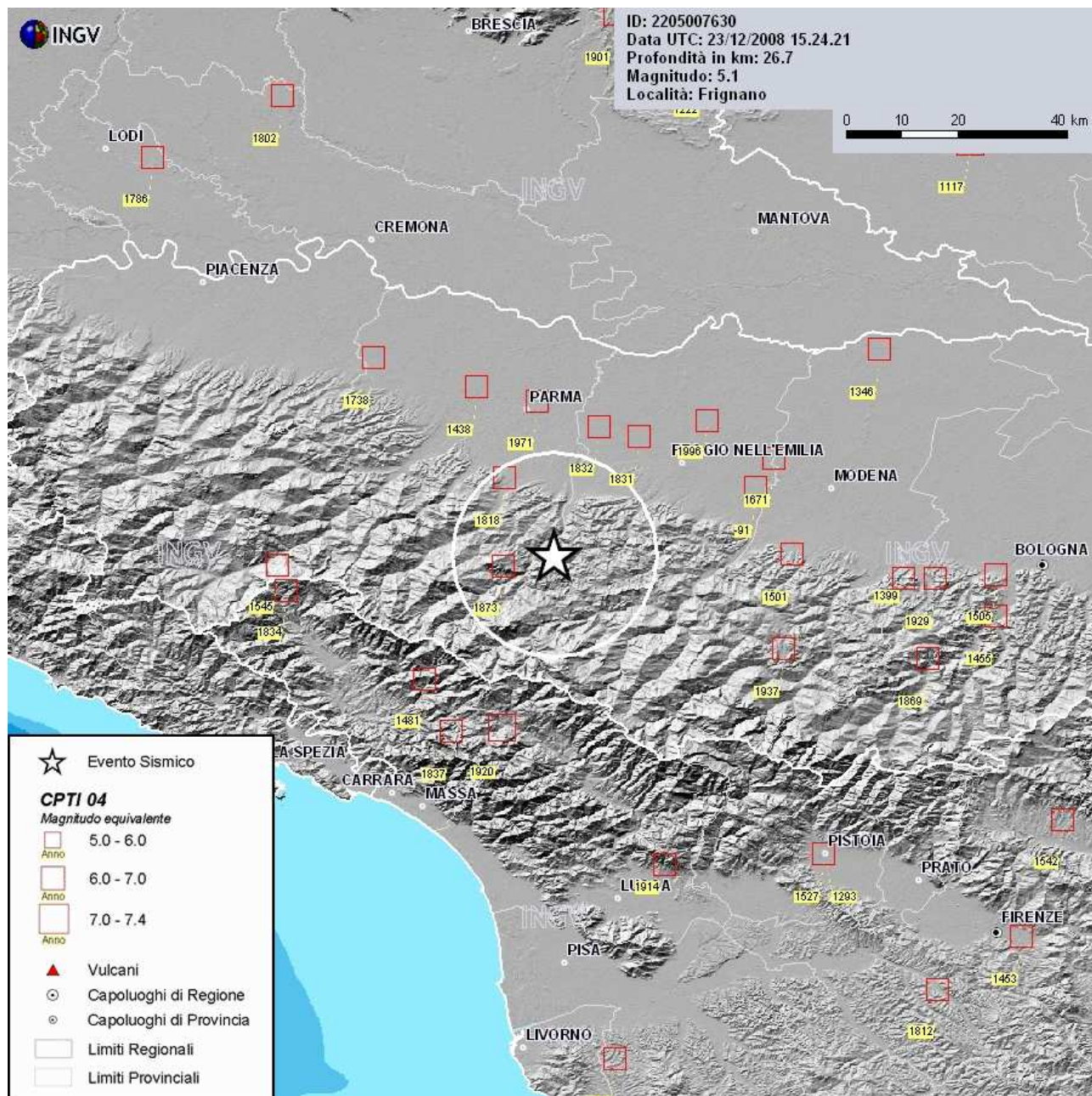


Fig. 5 – Evento sismico del 23.12.2008 e confronto con la sismicità storica

Il sisma del 20 maggio 2012 è stato seguito da numerose altre scosse, di cui 6 di magnitudo superiore a 5 e una, quella del 29 maggio, di magnitudo 5.8.

In Fig. 6 è riportata la distribuzione spaziale dei sismi con magnitudo maggiore di 4. Come si può notare dalla figura la profondità degli ipocentri è quasi sempre superficiale (5-10 Km).

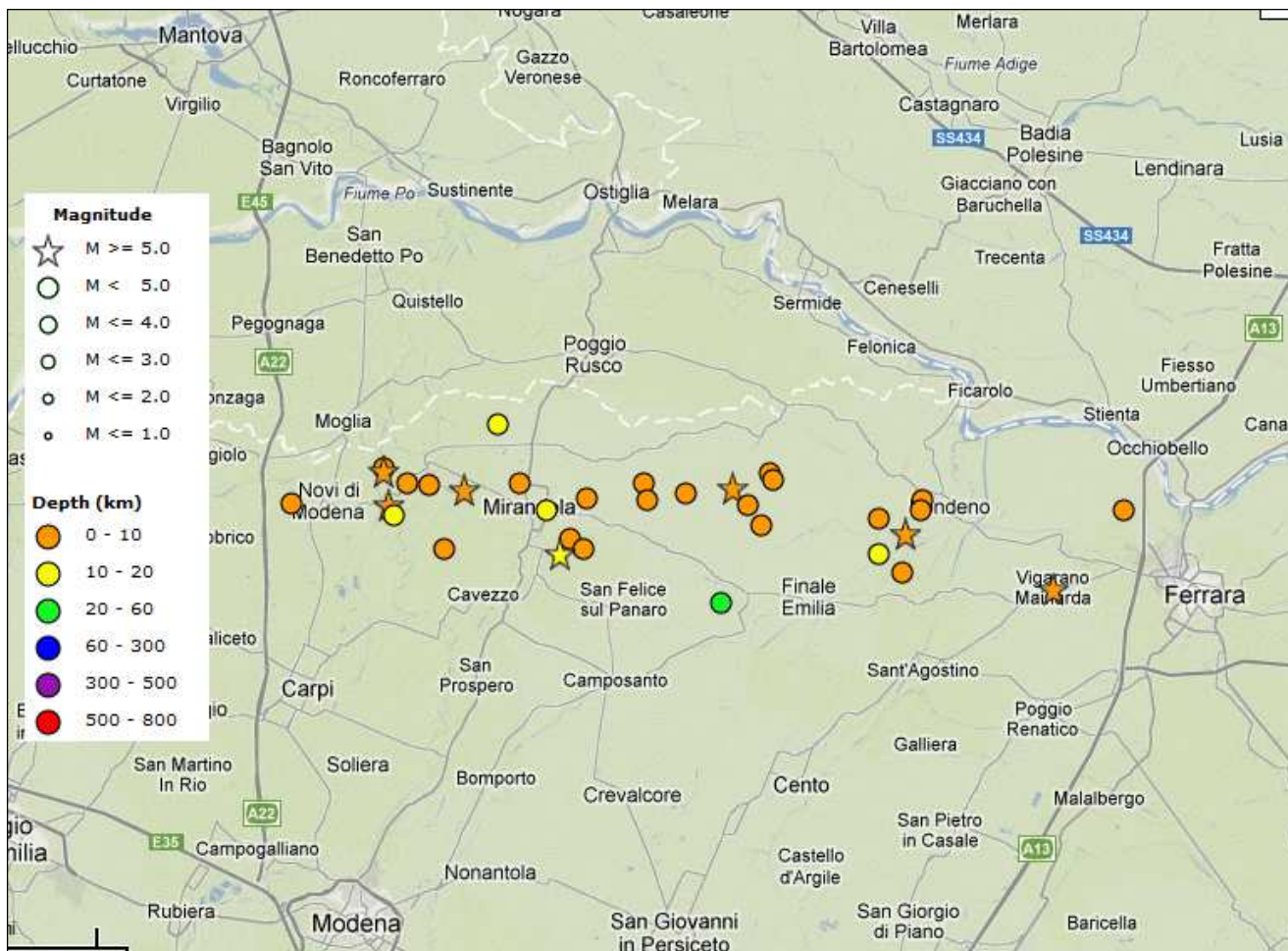


Fig. 6 – Distribuzione degli epicentri dei sismi con magnitudo > 4 (da <http://iside.rm.ingv.it>)

L'elaborazione dei dati della rete sismica nazionale ha consentito ad INGV di verificare che il sisma è legato ad un meccanismo di tipo compressivo, con direzione di massima compressione nord-sud. Tale meccanismo è compatibile con la "struttura di Mirandola", faglia già valutata come potenziale sorgente sismogenetica, con magnitudo massima attesa pari a 5.9 della scala Richter.

In effetti il sisma, secondo le interpretazioni di INGV, è imputabile proprio al movimento della faglia di Mirandola, associata al sistema delle Pieghe Ferraresi.

La sequenza sismica del maggio-giugno 2012 ha prodotto gravi danni in una vasta area delle province di Modena, Ferrara, Reggio Emilia, Bologna e Mantova. In prossimità delle aree epicentrali, sono state particolarmente danneggiate le strutture storiche in laterizio pieno ed i capannoni industriali prefabbricati in c.a..

2.4 Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'All. 1, punto 3 dell'OPCM 3274/2003, utilizzando e aggiornando 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), contemplati 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 (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tab. 2), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche. In questo modo ad ogni area del territorio nazionale è stato attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

| Zona | Valori massimi di a_g |
|------|-------------------------|
| 1 | $>0,25$ |
| 2 | $0,15 \div 0,25$ |
| 3 | $0,05 \div 0,15$ |
| 4 | $<0,05$ |

Tab. 2 – Valori di accelerazione orizzontale associati a ciascuna zona sismica

La classificazione vigente, identifica il Comune di Traversetolo in zona 3 (Fig. 7), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra $0,15 \cdot g$ e $0,25 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

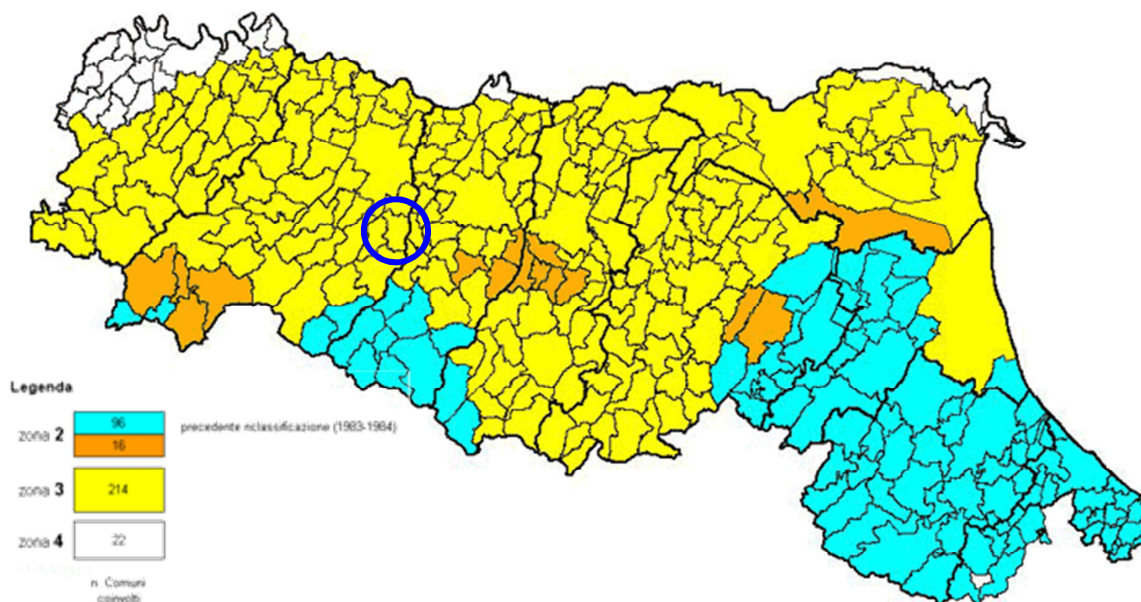


Fig. 7 – Classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna. Il cerchio blu individua il territorio del Comune di Traversetolo.

Successivamente con OPCM 3519/2006 sono stati approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, riportata nell'allegato 1b dell'Ordinanza stessa e la normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, ovvero il D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni", che ha sostituito il precedente D.M. 14.9.2005.

Alle NTC 2008 è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), in quanto l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

In base a quanto disposto nel citato Allegato A, l'accelerazione sismica massima del terreno (a_g) è definita in corrispondenza dei punti di un reticolo, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2475 anni).


Se il sito in esame non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, il valore del parametro a_g può essere ricavato come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione Assemblea Legislativa n. 112/2007, 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".

Scopo di tale documento è quello di fornire i criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

In esso si afferma che la componente pericolosità del rischio sismico dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, 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, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti 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:

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 15 di 64 |

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine o "Analisi della Risposta Sismica Locale" (RSL);
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale o Microzonazione Sismica (MS).


Detti studi vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

L'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico di cui alla DAL 112/2007 è stato recentemente aggiornato con D.G.R. 21.12.2015, n° 2193.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 16 di 64 |

3. Dati geotecnici e geofisici

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di esaminare numerose 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.

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*).

Tali indagini, unitamente alle informazioni presenti in letteratura e ai sopralluoghi in sito, hanno permesso di ricostruire il modello geologico delle aree interessate dallo studio di microzonazione sismica.

Ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine. Più in particolare sono state effettuate n° 33 indagini di sismica passiva mediante misure di ascolto delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSr a stazione singola.

Le misure HVSr sono state condotte utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale MICROMED © Tromino) di proprietà dello scrivente soggetto attuatore, in grado di registrare, attraverso dei velocimetri, i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (16 minuti).

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri delle singole componenti (componente del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni) (cfr. Fig. 8).

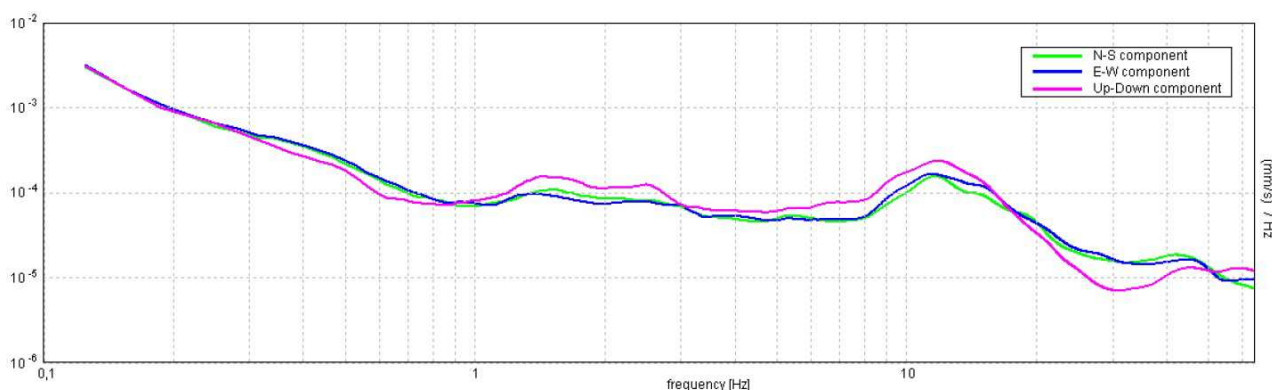
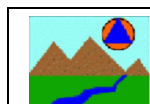


Fig. 8 – Esempio di spettro delle singole componenti



| Elaborato | Data | Pag. |
|------------------------|-------------|----------|
| RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 17 di 64 |

4. Inquadramento geologico

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, cercando di individuare come varia la successione stratigrafica all'interno delle aree in esame e a che profondità si possa trovare il substrato geologico.

A tale scopo, per il Comune di Traversetolo, sono stati esaminati e confrontati tra loro tutti i dati geognostici raccolti oltre a differenti cartografie tematiche, con scale di diverso grado di dettaglio.

Rimandando al paragrafo 7.4 la descrizione specifica delle caratteristiche delle porzioni di territorio comunale oggetto del presente studio, di seguito, ci si limita a proporre alcune considerazioni su come il complesso assetto geologico rilevato possa modificare il moto sismico in superficie e quali problematiche comporti per la determinazione degli effetti locali.

Più in particolare le unità affioranti nel territorio comunale possono essere distinte con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG" (Fig. 9) che, per i depositi di margine appenninico, utilizza una suddivisione geologica delle unità basata sulla stratigrafia sequenziale, ossia 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


Questi depositi si sono formati ad opera di vari processi sedimentari, legati principalmente a fenomeni gravitativi e alla dinamica fluviale.

Essi ricomprendono i depositi di frana (attivi e quiescenti), le coperture detritiche in s.l., i depositi di origine eluvio-colluviali e i depositi alluvionali in evoluzione localizzati in corrispondenza degli alvei attuali dei corsi d'acqua.

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.

L'affioramento di tali depositi si estende dal settore di pianura del territorio comunale, sino alla fascia delle prime colline in corrispondenza dell'allineamento Sivizzano – Guardasone.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i> | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 18 di 64 |

Questa successione è stata suddivisa in gruppi di unità geologiche separate da importanti superfici di discontinuità stratigrafica e caratterizzate da depositi litologicamente e tessituralmente differenti:

- SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO
- SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO
- ARGILLE AZZURRE

Le prime due sono unità interpretate attraverso il metodo stratigrafico-sequenziale, in cui l'organizzazione verticale delle facies dei 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 climatico-eustatiche; a loro volta i Sintemi vengono suddivisi in unità minori (Subsintemi e Unità).

Supersintema Emiliano-Romagnolo

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo, deponosi 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, costituita da depositi di conoide alluvionale terrazzati, le cui ultime superfici deposizionali, ora relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano evoluzione pedostratigrafica differente.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) (Pleistocene inf. – Pleistocene medio) è costituito da depositi di piana alluvionale e localmente di conoide alluvionale distale. Prevalgono sedimenti fini limosi e limoso-argillosi, con intercalazioni ghiaiose le quali, in corrispondenza dei paleo-apparati fluviali principali possono diventare predominanti.

Supersintema del Quaternario Marino

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

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 19 di 64 |

una superficie di discontinuità al termine di un evento di sollevamento tettonico di importanza regionale.

Argille Azzurre

Si tratta di peliti che si sono deposte nel corso del Pleistocene sup. – Pleistocene inf., in un bacino profondo a sedimentazione torbida, compreso tra l'ambiente neritico inferiore e la piana batiale, probabilmente corrispondente al settore interno dell'avanfossa pliocenica del fronte appenninico.

Le Argille Azzurre affiorano nella fascia collinare all'altezza dell'allineamento Sivizzano – Guardasone e costituiscono il substrato del Quaternario Marino.

DEPOSITI DELLA CATENA APPENNINICA


Si estendono a sud dell'allineamento Sivizzano – Guardasone, occupando tutto il settore meridionale del territorio comunale.

Successione Epiligure

La Successione Epiligure costituisce una delle successioni meglio preservate dell'Appennino Settentrionale. È in discordanza sulle unità tettoniche liguri deformate dalla fase tettonica dell'Eocene medio (fase Ligure Auctt.) e la sua storia deposizionale costituisce un'importante documentazione dell'evoluzione geologica tardo-paleogenica e neogenica del prisma appenninico. Questa successione, estesa dall'Eocene medio al Miocene superiore, è caratterizzata da un'estrema variabilità delle facies sedimentarie le quali, insieme alla composizione del detrito arenitico, indicano un ambiente deposizionale confinato e articolato, da relativamente profondo a piattaforma, sintettonico, che migrava insieme al substrato ligure.

Unità Liguri

Affiorano nell'estremità meridionale del territorio comunale e costituiscono il substrato su cui poggia, in discordanza, la Successione Epiligure.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 20 di 64 |

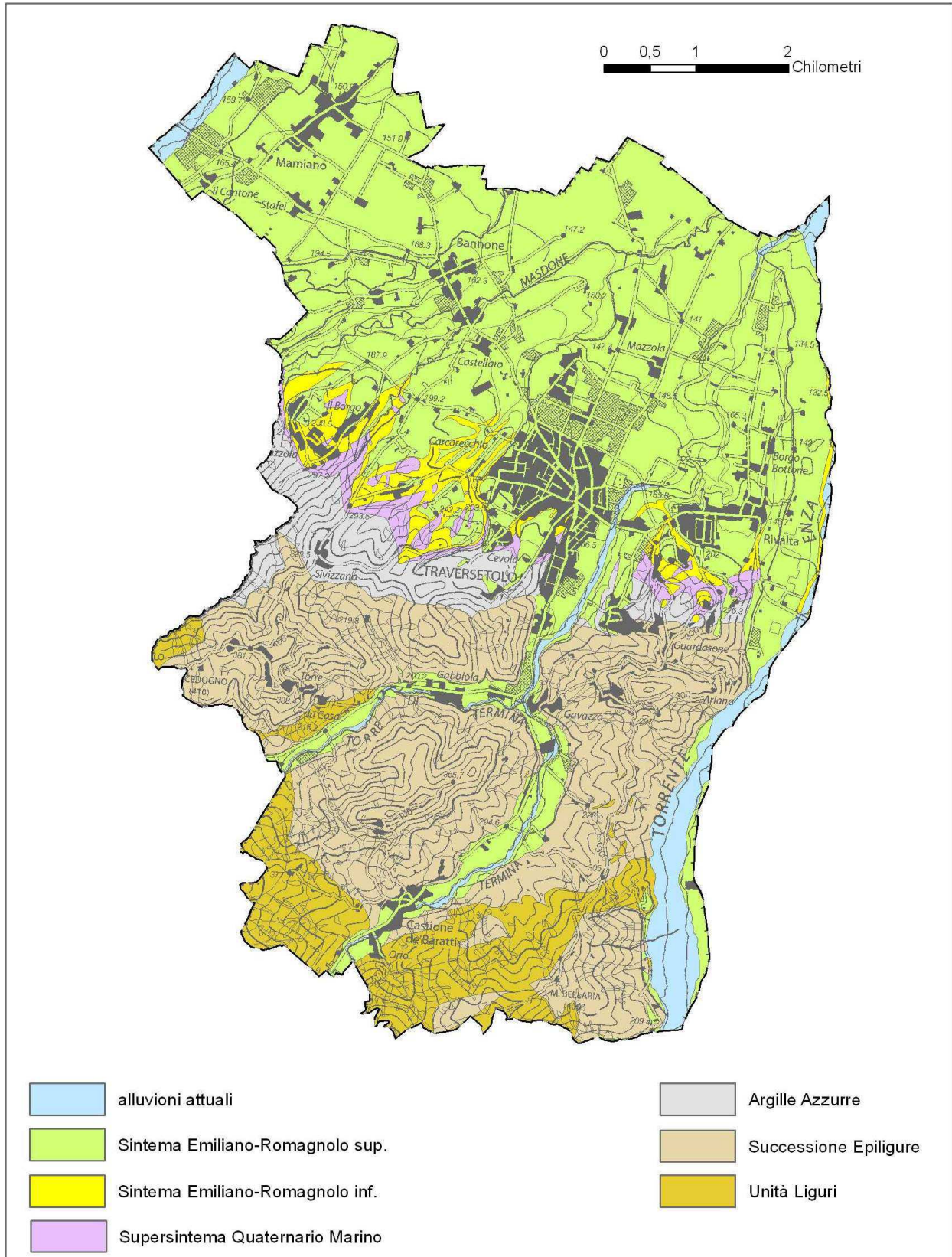


Fig. 9 – Inquadramento delle principali unità geologiche affioranti

5. Interpretazioni e incertezze

Come già indicato, il presente studio, oltre ad utilizzare una grande quantità di dati pregressi, ha previsto l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini sismiche.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

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. 10).

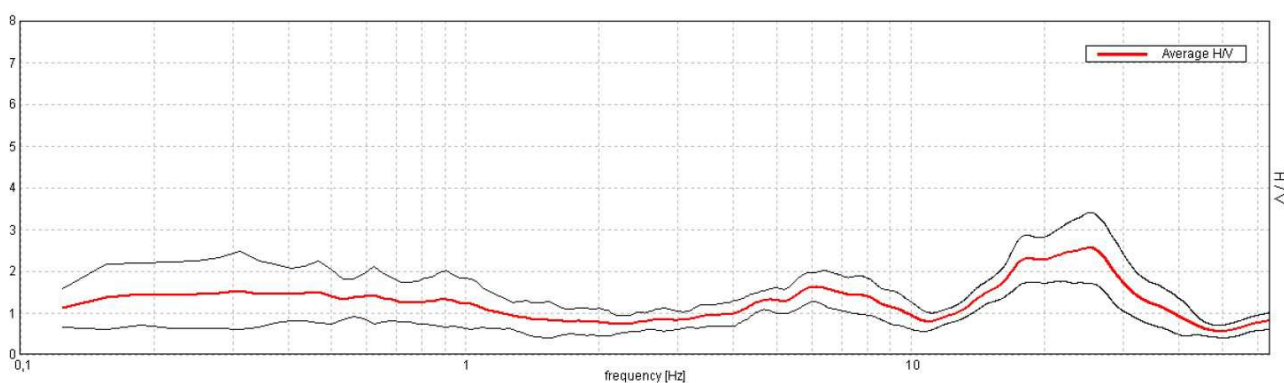



Fig. 10 – Esempio di curva H/V naturale della prova 034042P338HVSR341 eseguita nel settore settentrionale dell'abitato di Traversetolo

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.

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 22 di 64 |

In fase di elaborazione, sfruttando le possibilità di analisi direzionale e temporale del software utilizzato (GRILLA® – Micromed), è stata valutata la stazionarietà temporale dei rapporti spettrali misurati, prestando inoltre particolare attenzione alle variazioni azimutali 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 per i motivi già anticipati nel capitolo 4 (le caratteristiche geologiche del territorio esaminato fanno sì che spesso, nelle curve H/V, non siano presenti picchi significativi).

Inoltre l’analisi dei profili di velocità derivanti da indagini sismiche MASW o Re.MI di archivio, in cui sono talvolta evidenti netti contrasti di impedenza, talora non hanno trovato un riscontro nelle curva H/V delle misure di microtremore a stazione singola effettuate appositamente per lo studio di microzonazione.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i> | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 23 di 64 |

6. Metodologie di elaborazione e risultati

Nella prima fase di lavoro, relativamente agli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica, ovvero l'intero territorio urbanizzato ed urbanizzabile, sono stati acquisiti dati bibliografici e di archivio, sono stati condotti rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile.


Successivamente è stata eseguita una campagna di indagini di sismica, ai fini della definizione delle frequenze fondamentali dei terreni.

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

- **Carta delle indagini:** in tale cartografia sono riportate le indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione; tutte le prove sono state classificate in base alla tipologia;
- **Carta geologico-tecnica:** tale carta è stata derivata dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie;
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni:** tale carta riporta i punti di misura e i risultati di indagini di sismica passiva (misure HVSR); in particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1). In entrambi i casi sono stati presi in considerazione solo i picchi ricadenti nell'intervallo di frequenza $0,1 \div 20\text{Hz}$;
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica:** in questa cartografia sono indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, se presenti ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle quali vengono operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche.


Successivamente e in diretta continuità con la prima, è stata svolta la seconda fase di lavoro, che ha quale obiettivo la Microzonazione Sismica del territorio indagato.

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i> | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 24 di 64 |

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S:** carte in sono ubicati tutti i punti di misura di V_s con indicazione, per ogni punto misura, del valore di V_{s30} o V_{SH} , ossia della velocità delle onde di taglio mediata nei primi 30 metri di profondità o entro una profondità "H" che identifica l'interfaccia copertura/substrato geologico.
- **Carte di microzonazione sismica – Livello 2:** si tratta di carte in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame. L'amplificazione è stata quantificata sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0), sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0), per prefissati intervalli di periodi (0,1-0,5s e 0,5-1s). Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate e tabelle e le formule indicate nell'All. 2 degli Indirizzi regionali.

L'estensione e la forma del territorio comunale ha reso possibile la restituzione dei tematismi in un'unica rappresentazione cartografica alla scala 1:10.000.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i> | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 25 di 64 |

7. Elaborati cartografici

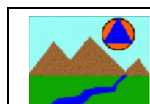
7.1 Carta delle indagini

Nella Carta delle indagini, alla scala 1:10.000, sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione e dei dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o geofisiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale, oltre a quelle contenute nel database fornito dal Servizio Geologico Regionale.

Esse sono state distinte in base alla tipologia (Fig. 11).

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | Sondaggio a carotaggio continuo |
|  | Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT) |
|  | Prova penetrometrica dinamica super pesante (DS) |
|  | Prova penetrometrica dinamica pesante (DP) |
|  | Prova penetrometrica dinamica media (DM) |
|  | Prova penetrometrica dinamica leggera (DL) |
|  | Pozzo per acqua |
|  | Trincea o pozzetto esplorativo |
|  | Pozzo per idrocarburi |
|  | Stazione microtremore a stazione singola (HVSR) |
|  | MASW |
|  | Prova REfraction Microtremors |
|  | Profilo sismico a rifrazione |
|  | Tomografia elettrica |

Fig. 11 – Legenda della Carta delle indagini



Nella carta sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri del territorio urbanizzato e urbanizzabile, ove sono state concentrate le analisi, ma ugualmente utili a definire il modello geologico del sottosuolo.

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini (Tab. 3):

| <i>tipo indagine</i> | <i>n° indagini acquisite</i> | |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| | <i>Archivio UTC</i> | <i>DataBase RER</i> |
| sondaggi a carotaggio continuo | 22 | 2 |
| prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) | 163 | 1 |
| prove penetrometriche dinamiche pesanti e superpesanti (DP - DPSH) | 15 | - |
| prove penetrometriche dinamiche leggere e medie (DL - DM) | 27 | - |
| pozzi per acqua | 1 | 58 |
| pozzi per idrocarburi | - | 4 |
| stazioni microtremore a stazione singola (HVSr) | 17 | - |
| trincee o pozzetti esplorativi | 85 | - |
| MASW | 28 | - |
| prove REfraction Microtremors | 6 | - |
| profili sismici a rifrazione | 7 | - |
| Tomografie elettriche | 1 | - |

Tab. 3 – indagini acquisite ai fini del presente studio

Come ricordato in precedenza, ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 33 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSr), eseguite internamente o al contorno del perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile.

7.2 Carta geologico-tecnica


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 7.4.

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”, Foglio 200 “Reggio Emilia” e Foglio 218 “Castelnuovo ne’ Monti” realizzati secondo le normative 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 (vedi precedente paragrafo).

Allo scopo di migliorare la comprensione del modello geologico locale, nelle Figg. 13-15 sono proposte delle sezioni geologiche orientate trasversalmente ai principali elementi strutturali (cfr. rappresentazione planimetrica delle tracce riportata in Fig. 12).

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 28 di 64 |

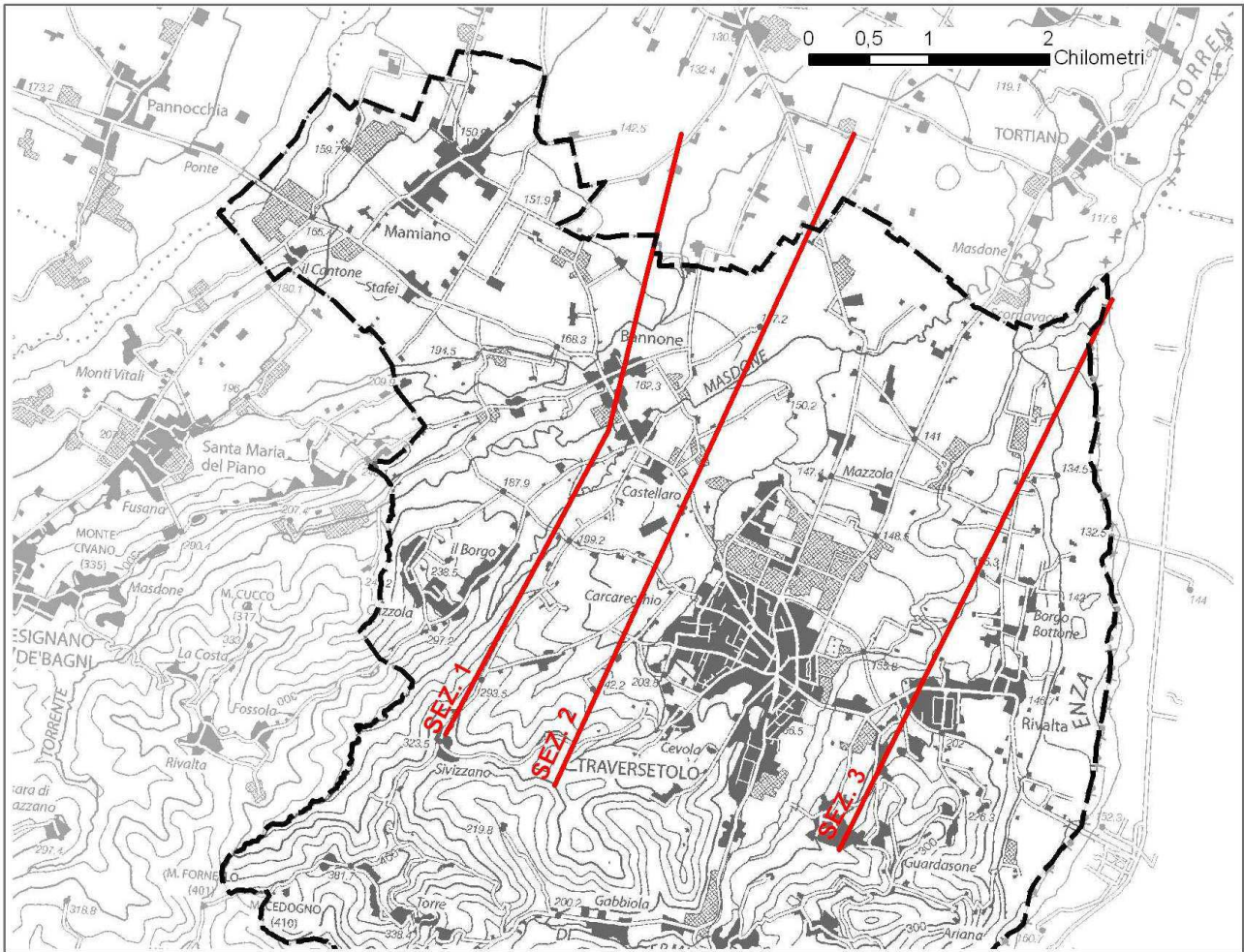


Fig. 12 – Rappresentazione planimetrica delle tracce delle sezioni delle Sezioni geologiche pubblicate sul sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

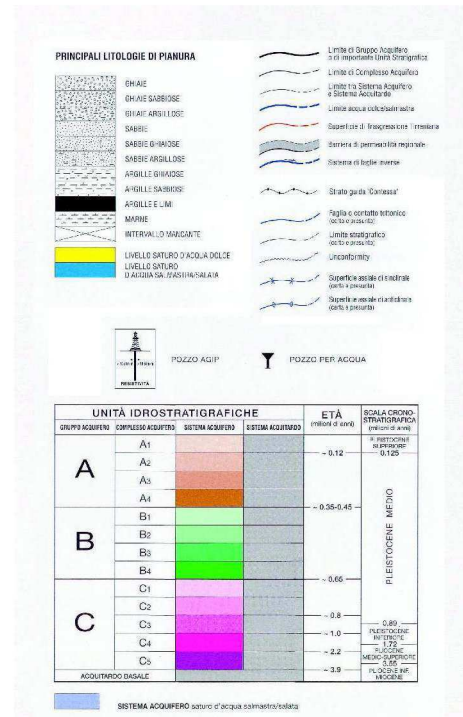
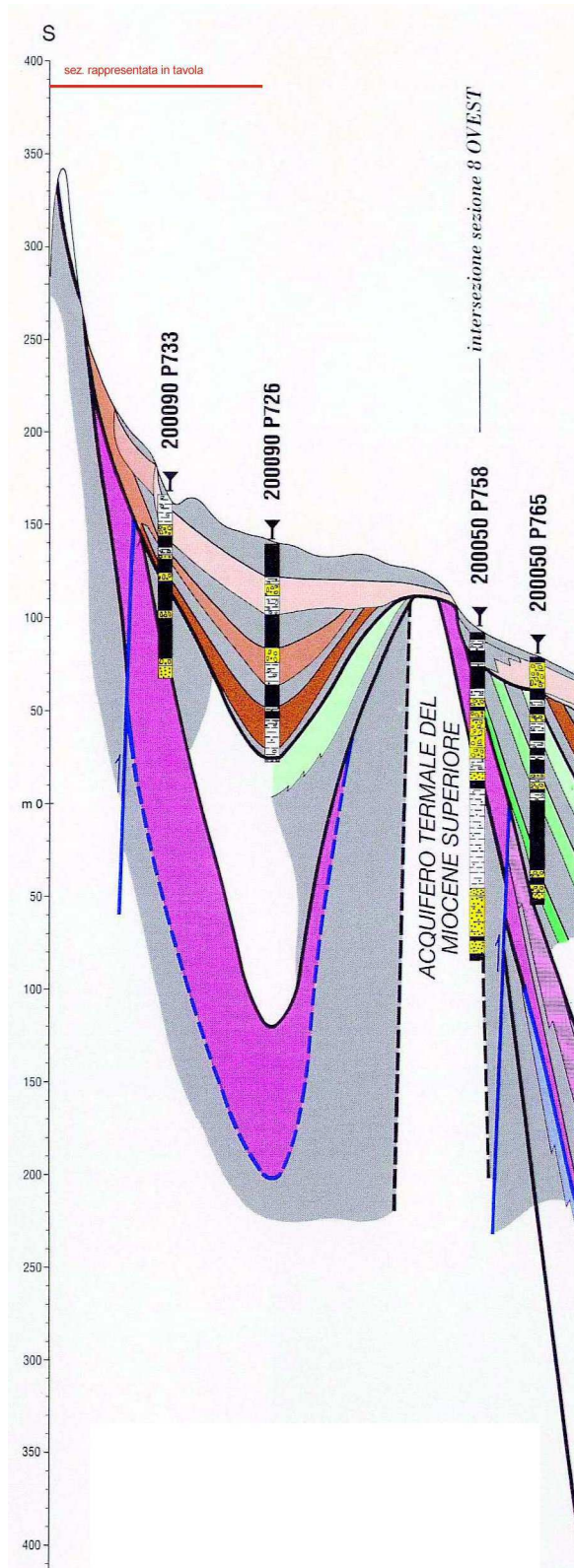


Fig. 13 – Sezione n° 1 (Fonte: stralcio Sezione Geologica n° 25 “Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna”)

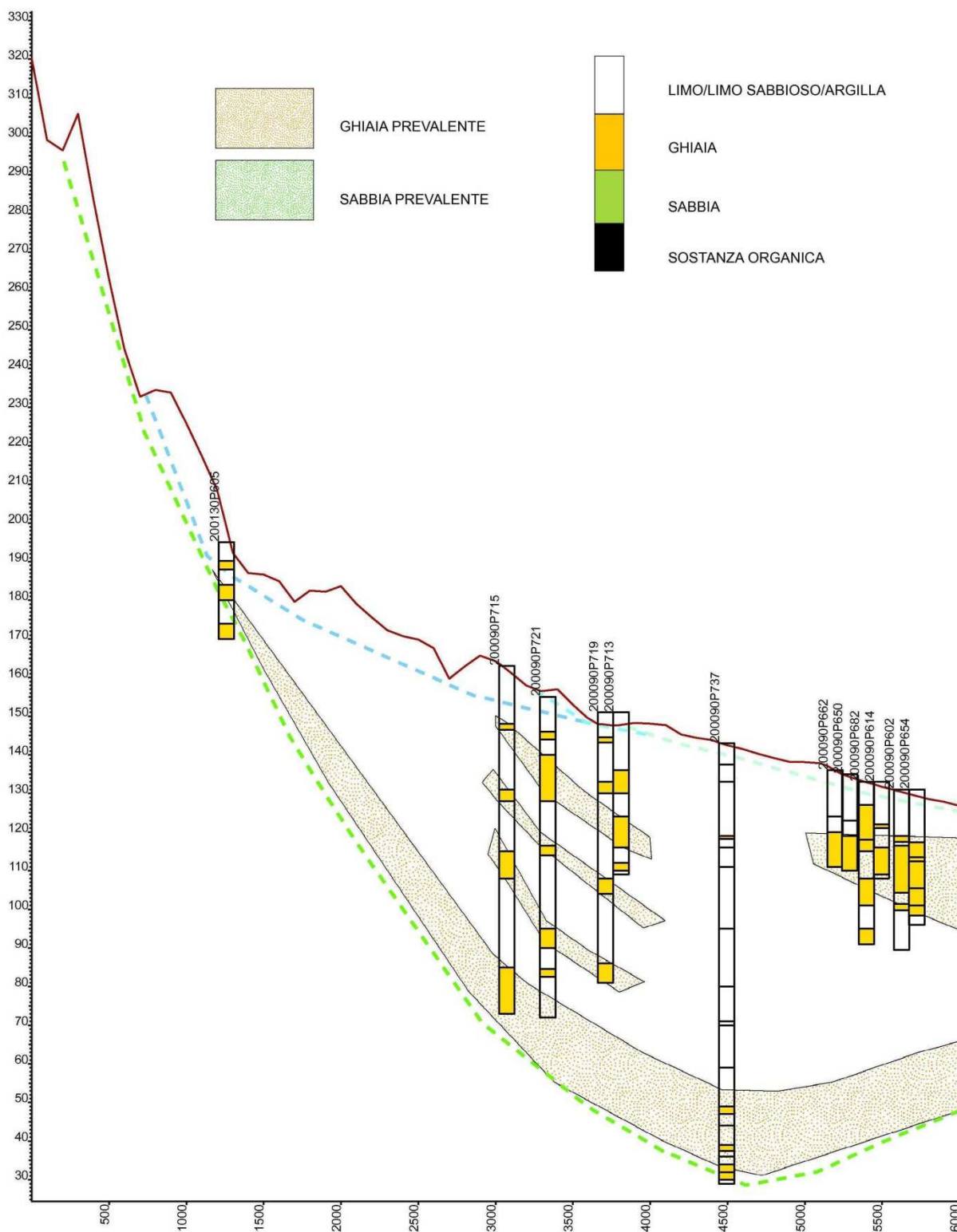


Fig. 14 – Sezione n° 2 (Fonte: stralcio Sezione Geologica n° 134 “Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna”)

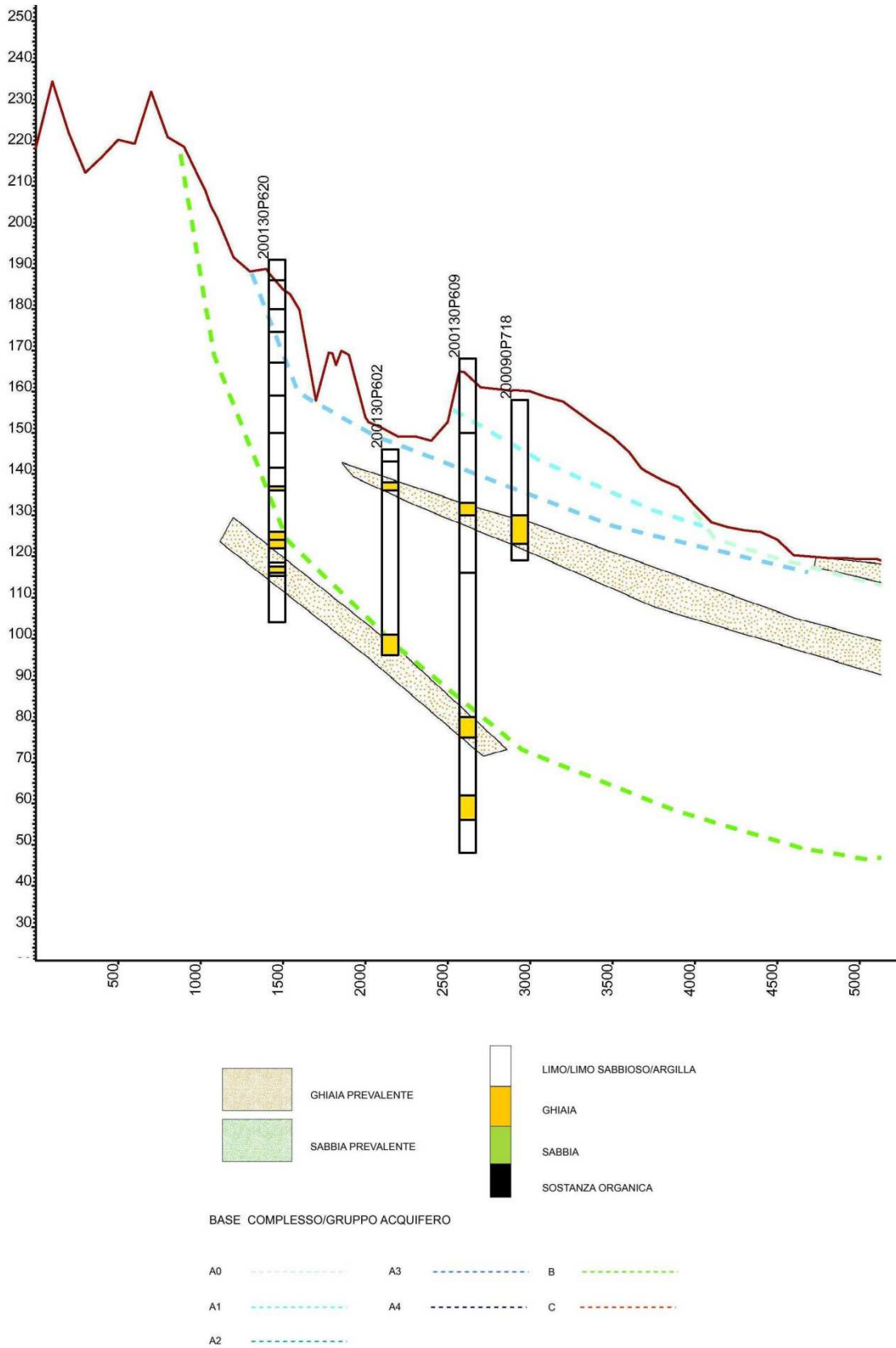


Fig. 15 – Sezione n° 3 (Fonte: stralcio Sezione Geologica n° 133 “Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna”)

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


- nella zona di margine appenninico è presente una ristretta fascia che si estende dalla località Cazzola, passando poi a sud del Capoluogo sino ad arrivare alla zona di Guardasone, caratterizzata dall'affioramento del Supersistema del Quaternario Marino, che si approfondisce rapidamente verso NNE al di sotto dei depositi alluvionali della zona di alta pianura;
- immediatamente a sud di questa fascia, affiorano i depositi pliocenici delle Argille Azzurre, che in questa zona rappresentano la parte basale della successione neogenica-quadernaria del margine appenninico padano;
- il settore settentrionale del territorio è caratterizzato da rilevanti spessori di depositi alluvionali, connessi alla presenza di una struttura sinclinalica con asse NW-SE, originata dall'antistante anticlinale di Montepelato (Fig. 13), che innalza i depositi di origine marina sino a pochi metri di profondità dal piano campagna nella zona di Basilicogiano;
- la porzione nord-occidentale del territorio comunale (areale di Mamiano) è caratterizzata da depositi alluvionali grossolani della conoide del T. Parma, che presentano spessori superiori a 100 metri.

Considerato quanto sopradescritto, per le aree in ambito di margine appenninico e di alta pianura, si è assunto che il substrato di tipo non rigido ($V_s \ll 800$ m/s) possa coincidere con le formazioni marine plio-pleistoceniche (Argille Azzurre e Supersistema del Quaternario Marino), che rappresentano il substrato delle coltri alluvionali.

Nel settore meridionale del territorio (zona di catena appenninica), la presenza di unità costituite da brecce a matrice argillosa (Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa) o marne argillose (Formazione del Termina), identifica la presenza di un substrato anch'esso di tipo non rigido.

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 dell'abitato di Mamiano lungo i terrazzi recenti e antichi del T. Parma e lungo l'alveo del T. Termina in corrispondenza del Capoluogo.
- **GM** – *Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo*: sono cartografate a Castione Baratti in corrispondenza dei depositi del T. Termina di Castione.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 33 di 64 |

- **GC** – *Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla*: sono cartografate a Bannone lungo gli alvei del T. Masdone e del T. Madolo e nel settore nord-ovest del Capoluogo lungo gli alvei dei Rii Lama e Scuro
- **ML** – *Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità*: unità nella quale sono state inserite tutte le aree in cui il primo sottosuolo è costituito da depositi prevalentemente fini sino a profondità di 4-5 metri. Sono state cartografate in corrispondenza dei depositi alluvionali pleistocenici terrazzati.
- **CL** - *Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre*: sono cartografate a Cazzola, in località la Costa di Traversetolo e in alcune fasce ristrette a Carcarecchio e Vignale

Inoltre sono state cartografate le zone laddove affiora il substrato geologico, operando la distinzione in:

- **CO** – coesivo sovraconsolidato: affiora lungo il versante a monte di Castione Baratti (Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa) e nella fascia di margine appennino dove affiorano le Argille Azzurre;
- **COS** – coesivo sovraconsolidato stratificato: affiora nella zona della Fornace, dove è presente un versante costituito da marne e marne argillose della Formazione del Termina;
- **GR** – granulare cementato: è stato cartografato in alcune aree di limitata estensione a monte del Capoluogo e di Cazzola, in corrispondenza dell'affioramento del Supersistema del Quaternario Marino.


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:

- la profondità in metri della falda misurata negli areali con sabbie e/o ghiaie

- i pozzi e i sondaggi profondi, distinguendoli a seconda che abbiano raggiunto o meno il substrato geologico, corrispondente al Sistema di Costamezzana o alle Argille Azzurre, e la profondità dello stesso oppure la profondità raggiunta dal pozzo/sondaggio.

















| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 34 di 64 |

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) (Fig. 16).

Le misure sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze ($F_0 \leq 0.6$ Hz; $0.6 < F_0 < 1$; $1 < F_0 \leq 2$ Hz; $2 < F_0 \leq 8$ Hz; $F_0 > 8$ Hz) e dell'ampiezza del picco ($1,5 \leq HVSR < 2$; $2 \leq HVSR < 8$; $HVSR \geq 8$).

| frequenza picco significativo (Hz) | ampiezza picco | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | $1,5 \leq HVSR < 2$ | $2 \leq HVSR < 3$ | $HVSR \geq 3$ |
| $F_0 \leq 0,6$ |  |  |  |
| $0,6 < F_0 \leq 1$ |  |  |  |
| $1 < F_0 \leq 2$ |  |  |  |
| $2 < F_0 \leq 8$ |  |  |  |
| $F_0 > 8$ |  |  |  |
| Assenza di picchi significativi |  | | |

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

Fig. 16 – Legenda della carta delle frequenze naturali dei terreni


Di seguito viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tomografiche (Tab. 4), specificando, per ciascuna di esse, frequenza (compresa nell'intervallo 0,1 – 20 Hz) e ampiezza dei picchi principali e secondari, oltre all'unità di appartenenza nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica che sarà descritta nel successivo paragrafo 7.4:

| PROVA | MOPS (cod.) | Picco principale F0 | | Picco secondario F1 | |
|------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | | Frequenza (Hz) | Ampiezza H/V | Frequenza (Hz) | Ampiezza H/V |
| P326HVS329 | 2002 | 16,6 | 2,7 | - | - |
| P327HVS330 | 2001 | - | - | - | - |
| P328HVS331 | 2001 | 12,8 | 2,8 | 5,5 | 2,1 |
| P329HVS332 | 2002 | 20 | 3,0 | 6,0 | 1,7 |
| P330HVS333 | 2002 | 17,4 | 2,2 | - | - |
| P331HVS334 | 2003 | 5,25 | 3,2 | 3,7 | 3,1 |
| P332HVS335 | 2003 | 5,2 | 3,4 | - | - |
| P333HVS336 | 2003 | 7,1 | 3,3 | 5,6 | 2,8 |
| P334HVS337 | 2003 | 9,7 | 2,7 | 7,3 | 2,2 |
| P335HVS338 | 2003 | 7,3 | 2,4 | 5,6 | 2,2 |
| P336HVS339 | 2003 | 6,6 | 2,2 | 5,6 | 2,1 |
| P337HVS340 | 2003 | 11,5 | 2,1 | 7,0 | 1,9 |
| P338HVS341 | 2006 | 18,0 | 2,3 | 6,2 | 1,6 |
| P339HVS342 | 2006 | 5,9 | 4,2 | 13,4 | 1,8 |
| P340HVS343 | 2003 | 7,2 | 2,1 | 4,7 | 1,8 |
| P341HVS344 | 2010 | 2,6 | 2,1 | - | - |
| P342HVS345 | 2008 | 9,8 | 2,6 | 2,7 | 2,2 |
| P343HVS346 | 2010 | 2,8 | 2,4 | 15,0 | 2,3 |
| P344HVS347 | 2010 | 2,8 | 2,6 | - | - |
| P345HVS348 | 2008 | 11,2 | 3,5 | 5,2 | 2,2 |
| P346HVS349 | 2008 | 10,0 | 1,9 | 4,0 | 1,7 |
| P347HVS350 | 2008 | 11,3 | 2,1 | 2,5 | 2,0 |
| P348HVS351 | 2008 | 12,5 | 2,5 | - | - |
| P349HVS352 | 2004 | 15,4 | 2,1 | - | - |
| P350HVS353 | 2004 | 3,6 | 2,5 | 13,8 | 1,9 |
| P351HVS354 | 2007 | 7,1 | 3,3 | 5,6 | 3,0 |
| P352HVS355 | 2003 | 5,5 | 2,0 | - | - |
| P353HVS356 | 2003 | 5,0 | 1,6 | - | - |
| P354HVS357 | 2005 | 4,5 | 4,1 | 2,7 | 2,5 |
| P357HVS360 | 2004 | 15,3 | 1,7 | - | - |
| P358HVS361 | 2004 | 4,1 | 2,2 | 16,5 | 1,6 |
| P359HVS362 | 2004 | 15,2 | 1,5 | - | - |
| P360HVS363 | 2004 | 3,3 | 2,5 | 9,7 | 2,3 |

Tab. 4 – Riepilogo dei risultati delle prove tromografiche di nuova esecuzione

Sulla base dell'esame di Tab. 4, si possono formulare le seguenti osservazioni:

- dalle prove realizzate all'interno della Zona 2001 è possibile osservare assenza di picchi H/V significativi o talvolta presenza in alta frequenza (>10 Hz), indotti da depositi alluvionali grossolani sub-affioranti di rilevante spessore, costituenti l'apparato di conoide prossimale del T. Parma;
- all'interno della Zona 2002 sono stati riscontrati picchi di frequenza a 15÷20 Hz, indotti dalla presenza di una coltre fine di modesto spessore che ricopre depositi alluvionali grossolani;
- nella Zona 2003 i picchi sono generalmente riscontrabili a frequenze di 4÷6 Hz, indotti da contrasti di impedenza situati indicativamente a profondità di 20÷25 m da p.c., correlabili con un orizzonte ghiaioso compatto del Sistema Emiliano-Romagnolo inf.;
- nella Zona 2004, che ricomprende le aree con depositi alluvionali pleistocenici posti alle quote più alte (zona di Cazzola e settore SW del capoluogo) ed in cui il substrato geologico (Supersistema del Quaternario Marino) è situato sino a profondità di 15÷20 metri, si riscontrano picchi in alta frequenza (15 Hz), dovuti a contrasti di impedenza a modesta profondità (qualche metro) e picchi a 3÷4 Hz probabilmente indotti dal substrato geologico;
- la Zona 2005 è caratterizzata da un picco a 4,5 Hz, associabili ad un contrasto di impedenza situato a profondità di 9÷10 m, correlabile al tetto del primo orizzonte ghiaioso;
- nella Zona 2006, che ricomprende l'area di fondovalle del settore nord del Capoluogo, i picchi di maggior ampiezza si riscontrano a frequenza superiori a 10 Hz, dovuti alla presenza delle alluvioni ghiaiose del T. Termina a modesta profondità dal piano campagna;
- la Zona 2007, che ricomprende l'area di fondovalle del settore centrale del Capoluogo, è caratterizzata da picchi a 7÷9 Hz probabilmente associabili all'interfaccia depositi alluvionali – substrato geologico;
- la zona 2008 è costituita dalle aree di fondovalle del T. Termina in cui i depositi alluvionali hanno spessore modesto (5÷6 metri) e poggiano direttamente sul substrato geologico. I picchi sono generalmente situati a frequenze di 10÷12 Hz

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 37 di 64 |

- le zone 2009 – 2010 e 2011 ricomprendono le aree con substrato geologico subaffiorante e generalmente possono evidenziare picchi H/V in alta frequenza dovuti alla presenza di orizzonti di alterazione superficiale. Ulteriori picchi si possono rinvenire anche a frequenze più basse, ma risultano di difficile interpretazione non essendo disponibili per queste aree dati litostratimetrici profondi.


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 questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza ad una delle seguenti tre 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 natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti. Questa categoria non è presente sul territorio del Comune di Traversetolo.
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 litostratimetriche, identificando profili stratigrafici tipo ai quali possono essere ricondotti gli areali esaminati. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.
3. **zone di attenzione per 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 e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello. Sul territorio comunale di Traversetolo non sono presenti zone suscettibili di instabilità per liquefazione e densificazione.

Tutte le aree urbanizzate e urbanizzabili oggetto del presente studio risultano appartenenti alla *categoria 2 - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*, all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 38 di 64 |

Infatti, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate 11 microzone omogenee (Fig. 17), ciascuna con un proprio profilo stratigrafico tipo riferito ai primi 50 m di sottosuolo.

Solo limitatamente alla zona di Castione Baratti e della Fornace sono presenti zone di attenzione per instabilità rientranti nei perimetri degli areali di microzonazione, indotte dalla presenza di aree interessate da fenomeni franosi quiescenti o attivi.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i> | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 39 di 64 |

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

| | |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2001 | ZONA 1: successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi alluvionali ghiaiosi con ridotta o assente copertura di materiali fini limo-sabbiosi |
| 2002 | ZONA 2: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 3-7 m che ricopre depositi alluvionali ghiaiosi. |
| 2003 | ZONA 3: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 5-7 m che ricopre alternanze di orizzonti ghiaiosi e argillosi di origine alluvionale. |
| 2004 | ZONA 4: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 3-7 m che ricopre un orizzonte ghiaioso-argilloso di origine alluvionale, a sua volta sovrastante un substrato granulare non rigido di ambiente marino-marginale. |
| 2005 | ZONA 5: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 9-10 m che ricopre alternanze di orizzonti ghiaiosi e argillosi di origine alluvionale. |
| 2006 | ZONA 6: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 2-5 m che ricopre un primo orizzonte ghiaioso, seguito da alternanze di livelli ghiaiosi e argillosi di origine alluvionale. |
| 2007 | ZONA 7: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 1-2 m che ricopre un orizzonte ghiaioso-argilloso di origine alluvionale (spessore circa 10 m), a sua volta sovrastante un substrato granulare non rigido di ambiente marino-marginale che in profondità viene a contatto con argille sovraconsolidate. |
| 2008 | ZONA 8: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 2-3 m che ricopre un orizzonte ghiaioso-argilloso di origine alluvionale, a sua volta sovrastante un substrato coesivo sovraconsolidato non rigido di ambiente marino, il cui tetto si colloca a profondità di 5-6 m. Localmente il substrato dei depositi alluvionali è costituito da depositi granulari di ambiente marino-marginale di ridotto spessore. |
| 2009 | ZONA 9: successione stratigrafica costituita da un substrato granulare non rigido di ambiente marino-marginale con ridotta coltre eluvio-colluviale, che in profondità viene a contatto con argille sovraconsolidate. |
| 2010 | ZONA 10: successione stratigrafica costituita da un substrato coesivo sovraconsolidato non rigido di ambiente marino con ridotta coltre eluvio-colluviale. |
| 2011 | ZONA 11: successione stratigrafica costituita da un substrato marnoso-argilloso non rigido di ambiente marino con ridotta coltre eluvio-colluviale. |


Zone di attenzione per instabilità

| | |
|--|-----------------------------------------------------------------|
| | ZAFR - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 10 |
| | ZAFR - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 11 |

Punti di misura di rumore ambientale

| | |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f0 (rosso) e f1 (blu) |
| | Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche |

Fig. 17 – Legenda della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p> | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 40 di 64 |

Zona 1 (cod. 2001)

Questa zona è stata individuata nell'estremo settore nord-occidentale del territorio comunale in località Mamiano ed è circa compresa tra l'alveo attuale del T. Parma e la S.P. 16 degli Argini. Il sottosuolo risulta caratterizzato da una ridotta copertura pedogenizzata (spessore max = - 2.50 m) che ricopre depositi prevalentemente ghiaiosi i sino alla profondità di oltre -50 m dal p.c. (Fig. 18), costituenti l'apparato di conoide prossimale del T. Parma. Con riferimento alla carta geologica CARG i depositi affioranti appartengono all'Unità di Modena del Subsistema di Ravenna di età olocenica.

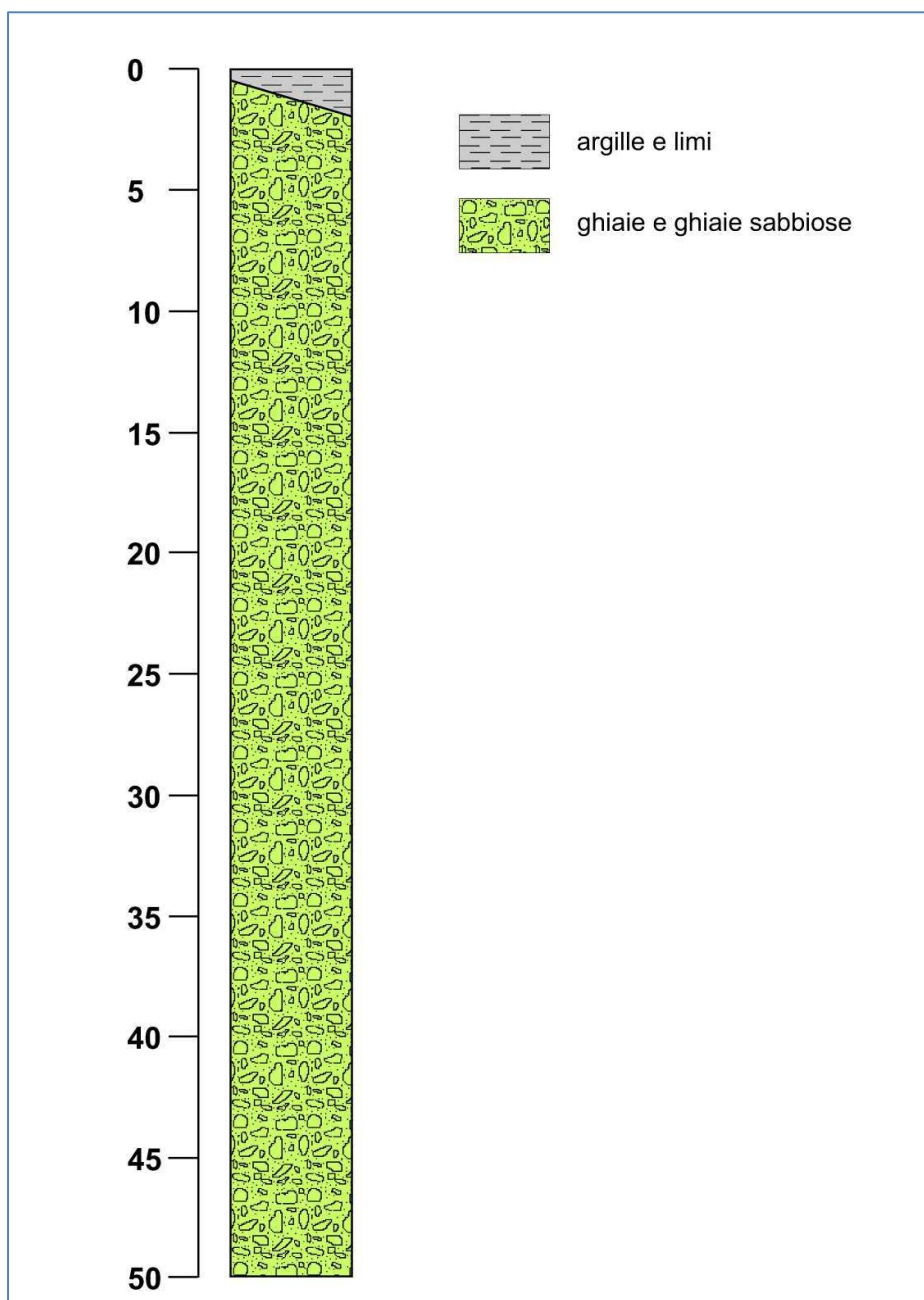



Fig. 18 – Successione stratigrafica cod. 2001

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 41 di 64 |

Zona 2 (cod. 2002)

Si tratta di una zona anch'essa individuata nel settore nord-occidentale del territorio comunale ed è compresa tra la S.P. 16 degli Argini ad ovest ed il Rio Zola ad est. Il sottosuolo è caratterizzato da una copertura pedogenizzata compresa tra 3 e 7 m di spessore, che ricopre depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, intercalati da livelli fini argilloso-limoso, localizzati a profondità variabili (Fig. 19). Con riferimento alla carta geologica CARG i depositi affioranti appartengono all'Unità di Niviano del Subsistema di Villa Verucchio di età Pleistocene sup..

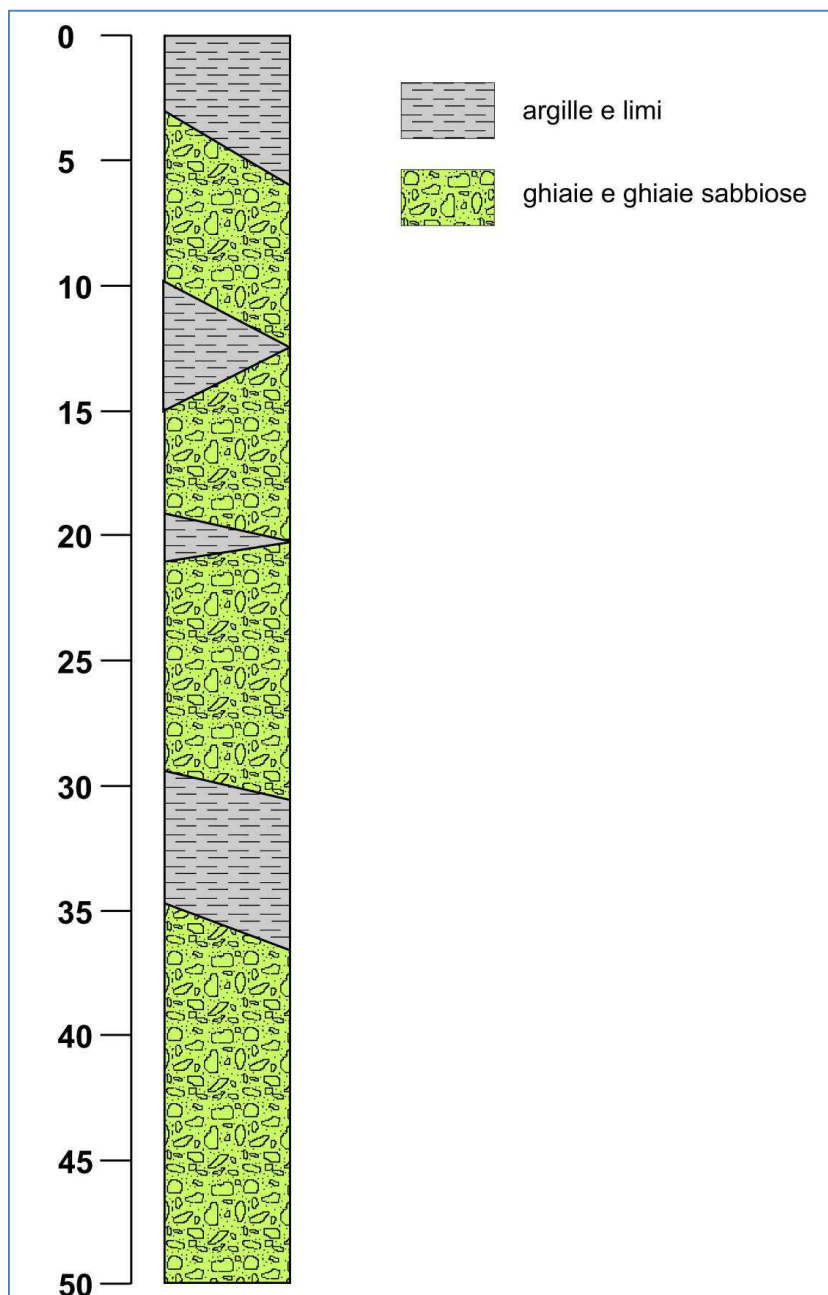


Fig. 19 – Successione stratigrafica cod. 2002

Zona 3 (cod. 2003)

Questa zona è stata individuata in due settori di alta pianura del territorio comunale e più precisamente lungo il tracciato della S.P. 32 Pedemontana nel tratto compreso tra Bannone ed il Capoluogo e in località Vignale - Rivalta. Il sottosuolo è caratterizzato da argille e limi prevalenti in alternanze con ghiaie argillose e ghiaie sabbiose (Fig. 20). Con riferimento alla carta geologica CARG i depositi affioranti appartengono in gran parte al Subsistema di Agazzano (Pleistocene medio) e subordinatamente all'Unità di Niviano del Subsistema di Villa Verucchio (Pleistocene sup.).

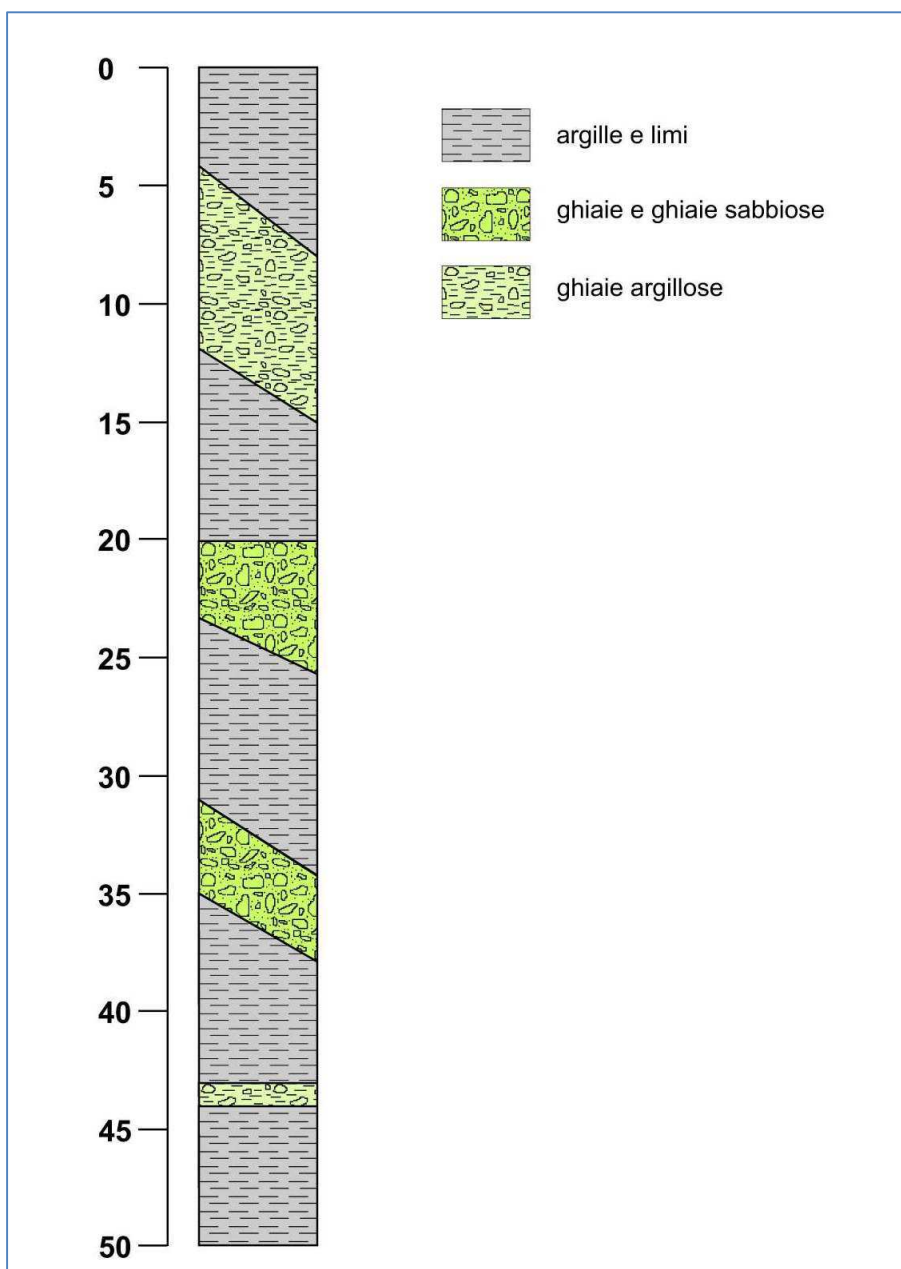


Fig. 20 – Successione stratigrafica cod. 2003

Zona 4 (cod. 2004)

Questa zona ricomprende l'abitato di Cazzola, il settore sud-occidentale del Capoluogo e un piccolo settore a nord di Case Montefiascone. Il sottosuolo è caratterizzato da un livello superficiale limo-argilloso di spessore variabile tra 3 e 7 metri, che ricopre depositi ghiaioso-argillosi, poggianti su un substrato geologico granulare (Sintema di Costamezzana), il cui tetto è situato a profondità generalmente comprese tra 15 e 25 m dal p.c. (Fig. 21). Con riferimento alla carta geologica CARG i depositi affioranti appartengono al Subsistema di Agazzano (Pleistocene medio) e in parte al Sintema Emiliano-Romagnolo inf. (Pleistocene inf.- medio)

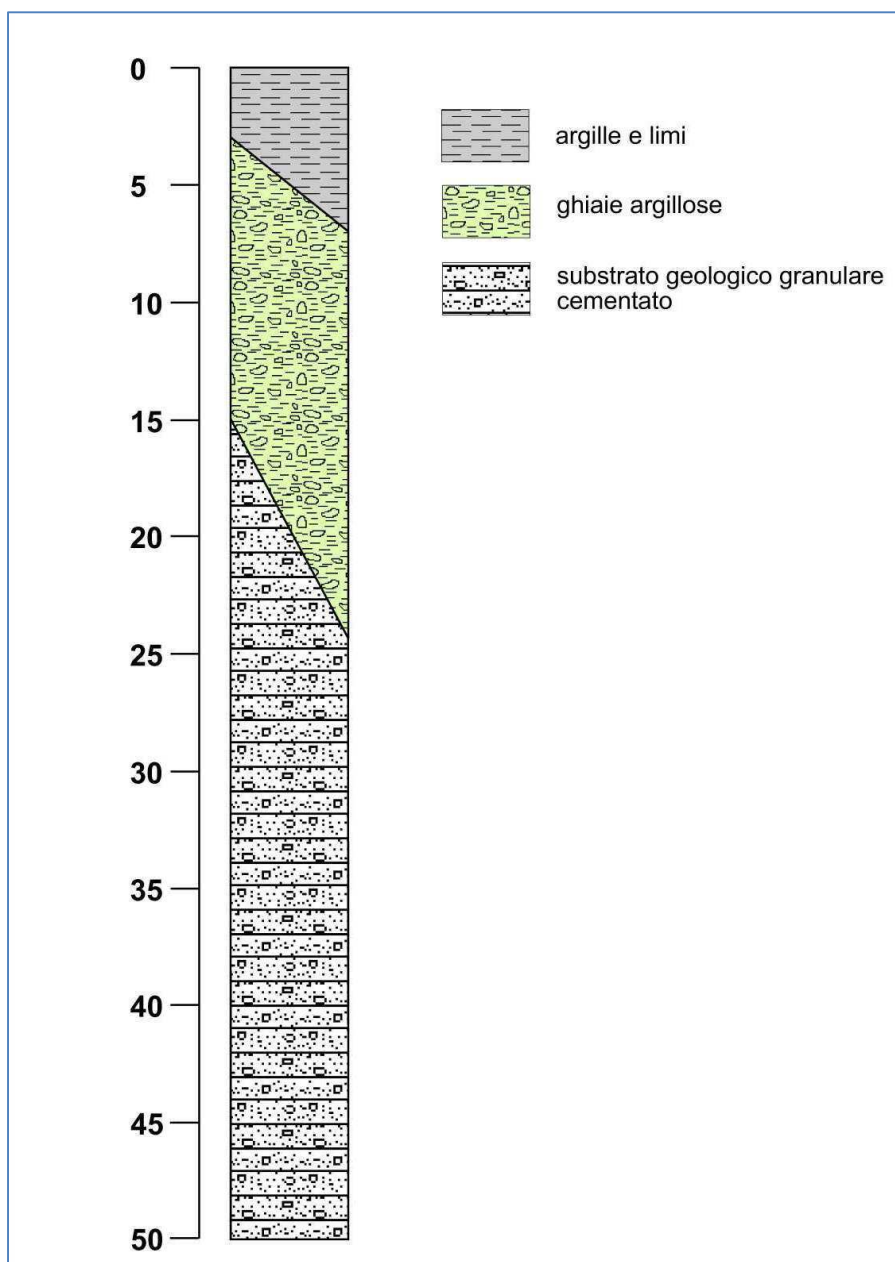


Fig. 21 – Successione stratigrafica cod. 2004

Zona 5 (cod. 2005)

Questa zona è stata individuata nel settore nord-orientale del territorio comunale, in corrispondenza dell'area produttiva in sinistra T. Masdone. Il sottosuolo è caratterizzato da una potente copertura fine argilloso-limosa, intercalata da un livello grossolano a ghiaie prevalenti di spessore compreso tra 5 e 10 m, che ricopre un substrato ghiaioso-argilloso il cui tetto si colloca a profondità di -32÷-35 m dal p.c. (Fig. 22). Con riferimento alla carta geologica CARG i depositi affioranti appartengono al Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene).

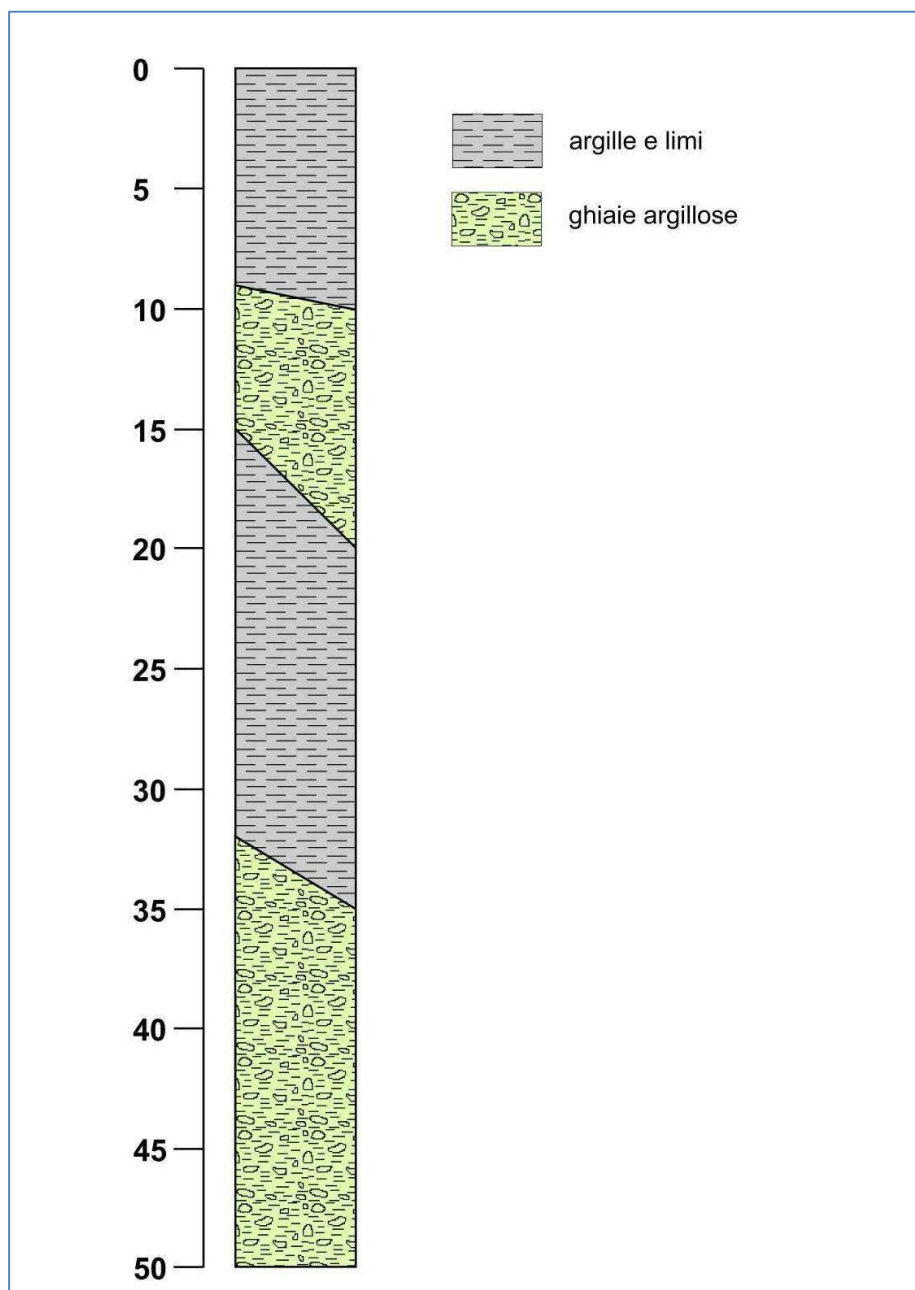
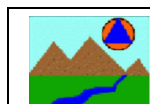


Fig. 22 – Successione stratigrafica cod. 2005



| Elaborato | Data | Pag. |
|------------------------|-------------|----------|
| RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 45 di 64 |

Zona 6 (cod. 2006)

Questa zona è stata individuata nel settore settentrionale del Capoluogo, comprendente l'area produttiva del Torrazzo e si spinge a monte sino circa all'altezza del centro storico. Il sottosuolo è caratterizzato da un orizzonte superficiale limo-argilloso dello spessore di 2÷4 m, che ricopre alternanze di depositi ghiaiosi e depositi fini argillosi limosi, che si spingono sino oltre la profondità di - 50 m dal p.c. (Fig. 23). Con riferimento alla carta geologica CARG i depositi affioranti appartengono al Sistema Emiliano-Romagnolo sup..

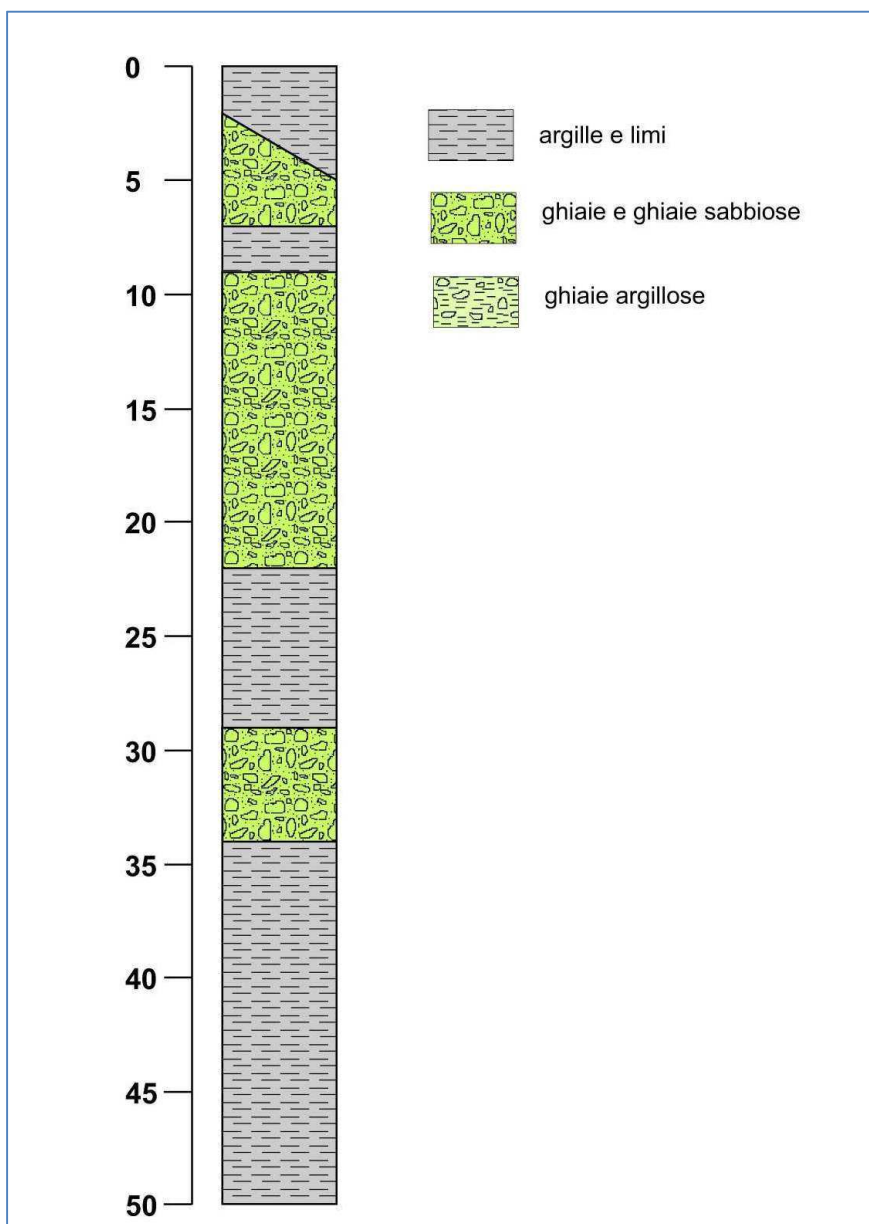


Fig. 23 – Successione stratigrafica cod. 2006

Zona 7 (cod. 2007)

Questa zona è stata individuata in corrispondenza del settore mediano del Capoluogo, dal centro storico ad ovest, sino alla rotatoria tra la tangenziale di Traversetolo ed il tracciato della S.P. 513R della Val d'Enza. Il sottosuolo è caratterizzato da un orizzonte superficiale limo-argilloso dello spessore di 1÷2 m, che ricopre depositi ghiaiosi con una potenza di 12÷13 m, poggianti su depositi granulari cementati di ambiente marino-marginale del Sintema di Costamezzana, che ricoprono a loro volta un substrato geologico coesivo sovraconsolidato costituito dalla Argille Azzurre, il cui tetto si rinviene a circa -35 m dal p.c. (Fig. 24).

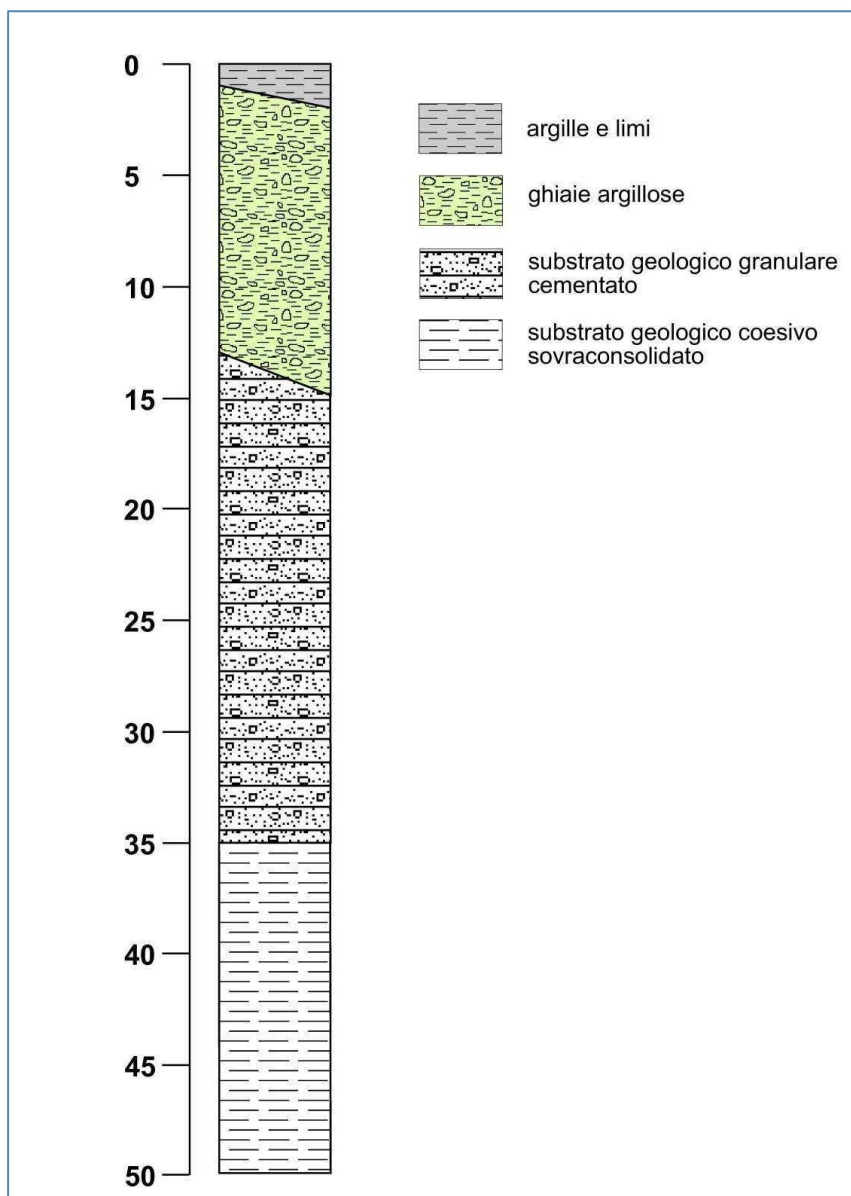


Fig. 24 – Successione stratigrafica cod. 2007

Zona 8 (cod. 2008)

Questa zona è stata individuata nel settore meridionale del Capoluogo sino alla località Fornace e nell'abitato di Castione de' Baratti. In entrambi gli areali è limitata ai depositi di fondovalle. Il sottosuolo è caratterizzato da substrato coesivo sovraconsolidato (Argille Azzurre), ricoperto da una coltre di depositi eluviali di spessore medio inferiore a 3 m poggianti su depositi ghiaiosi di modesto spessore (2-3 m). Localmente a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. affiorano depositi granulari cementati riferibili al Sintema di Costamezzana (Fig. 25).

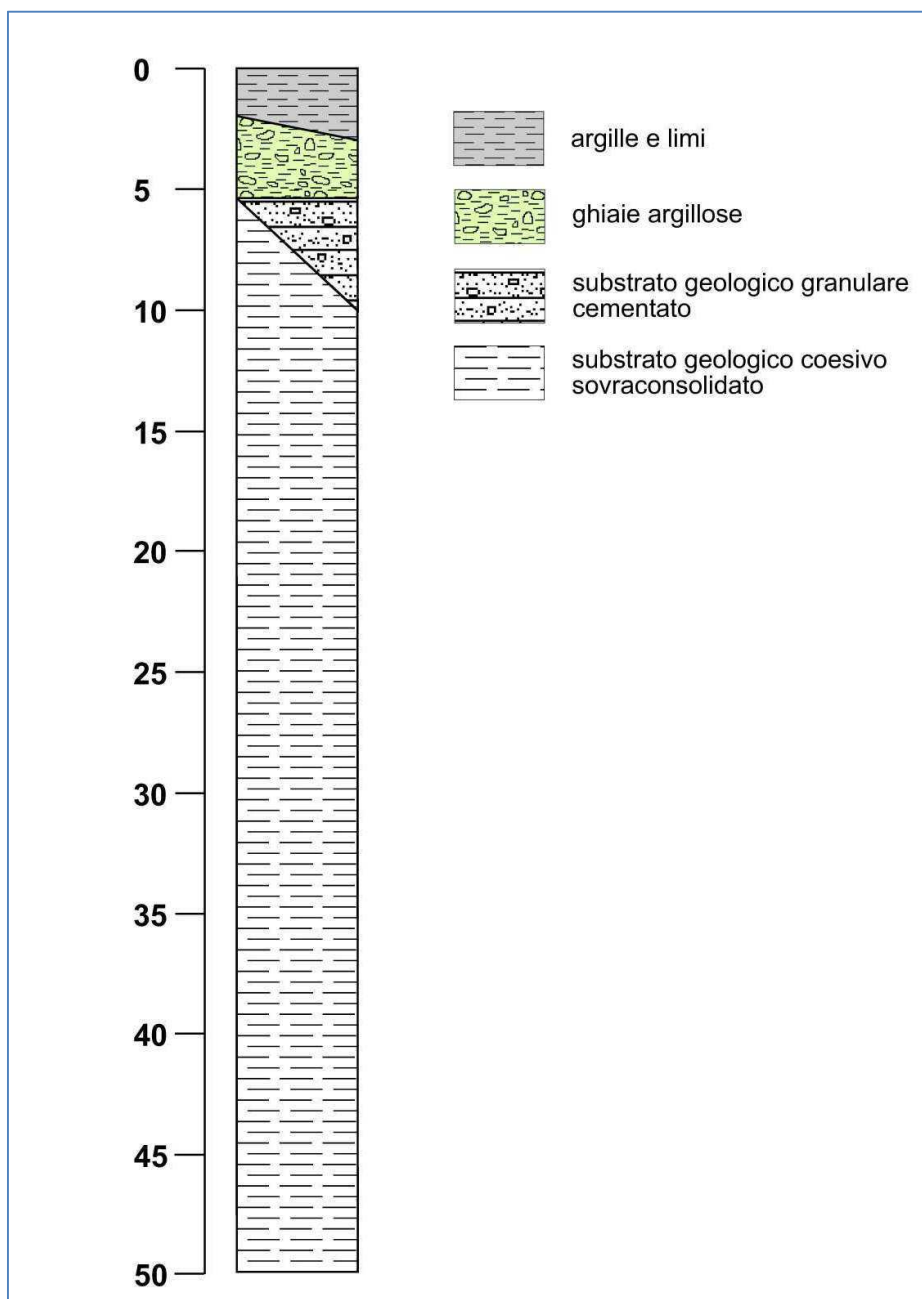


Fig. 25 – Successione stratigrafica cod. 2008

Zona 9 (cod. 2009)

Questa zona è stata individuata in alcuni settori di limitata estensione a monte del Capoluogo e nella fascia altimetricamente rilevata dell'abitato di Cazzola. Il sottosuolo è caratterizzato da una sottile copertura fine argilloso-limosa in ricoprimento del substrato geologico granulare cementato (Sintema di Costamezzana) che si spinge a profondità comprese tra 15 e 35 m dal p.c., che a sua volta ricopre depositi coesivi sovraconsolidati (Argille Azzurre) (Fig. 26).

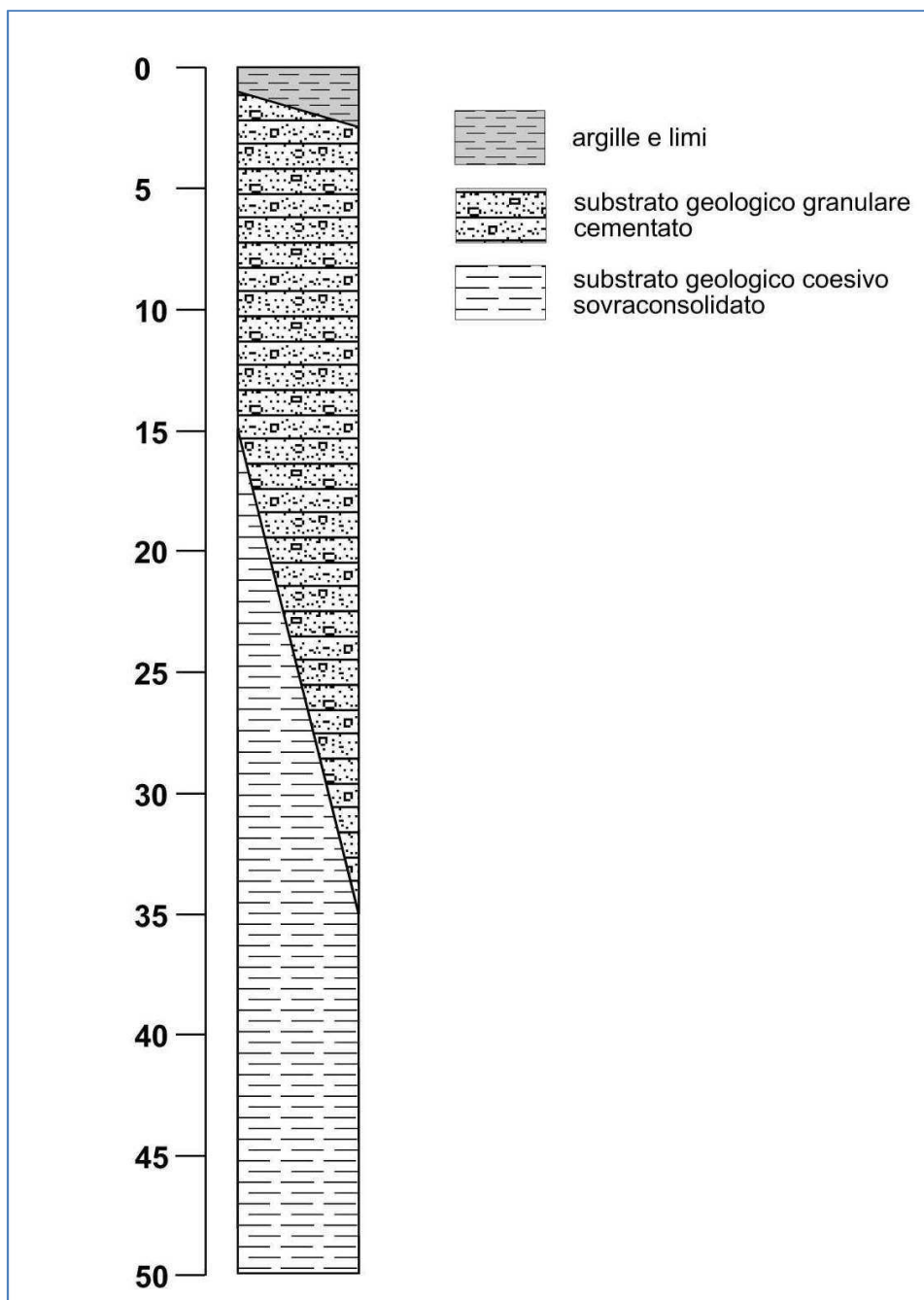


Fig. 26 – Successione stratigrafica cod. 2009

Zona 10 (cod. 2010)

Questa zona è stata individuata nel settore collinare di Castione de' Baratti, nel settore a monte dell'abitato di Cazzola e in alcuni lembi a monte del Capoluogo. Il sottosuolo è caratterizzato da una sottile copertura fine argilloso-limosa in ricoprimento delle Argille Azzurre o delle Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa, entrambe assimilate ad un substrato coesivo sovraconsolidato (Fig. 27).

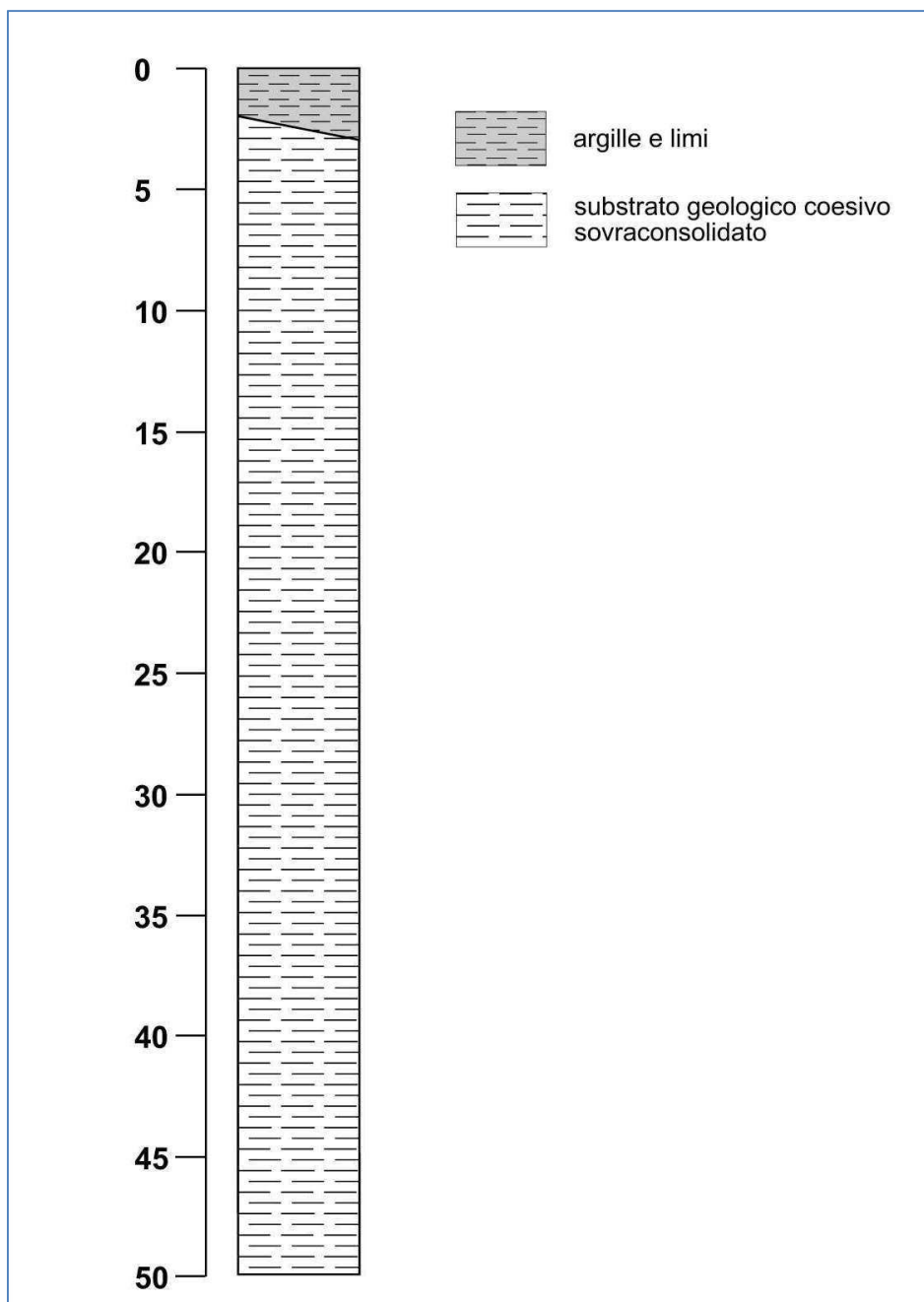
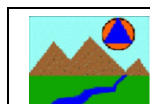


Fig. 27 – Successione stratigrafica cod. 2010



Zona 11 (cod. 2011)

Questa zona è stata individuata in alcuni piccoli lembi di versante a monte delle località Fornace e Bocca di Strada. Il sottosuolo è caratterizzato da una sottile copertura fine argilloso-limosa in ricoprimento della Formazione del Termina, assimilata ad un substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (Fig. 28). Si tratta di una formazione costituita da marne e marne argillose grigie, debolmente siltose e laminate nella porzione superiore della formazione, a stratificazione piano-parallela poco evidente in strati medi o spessi.

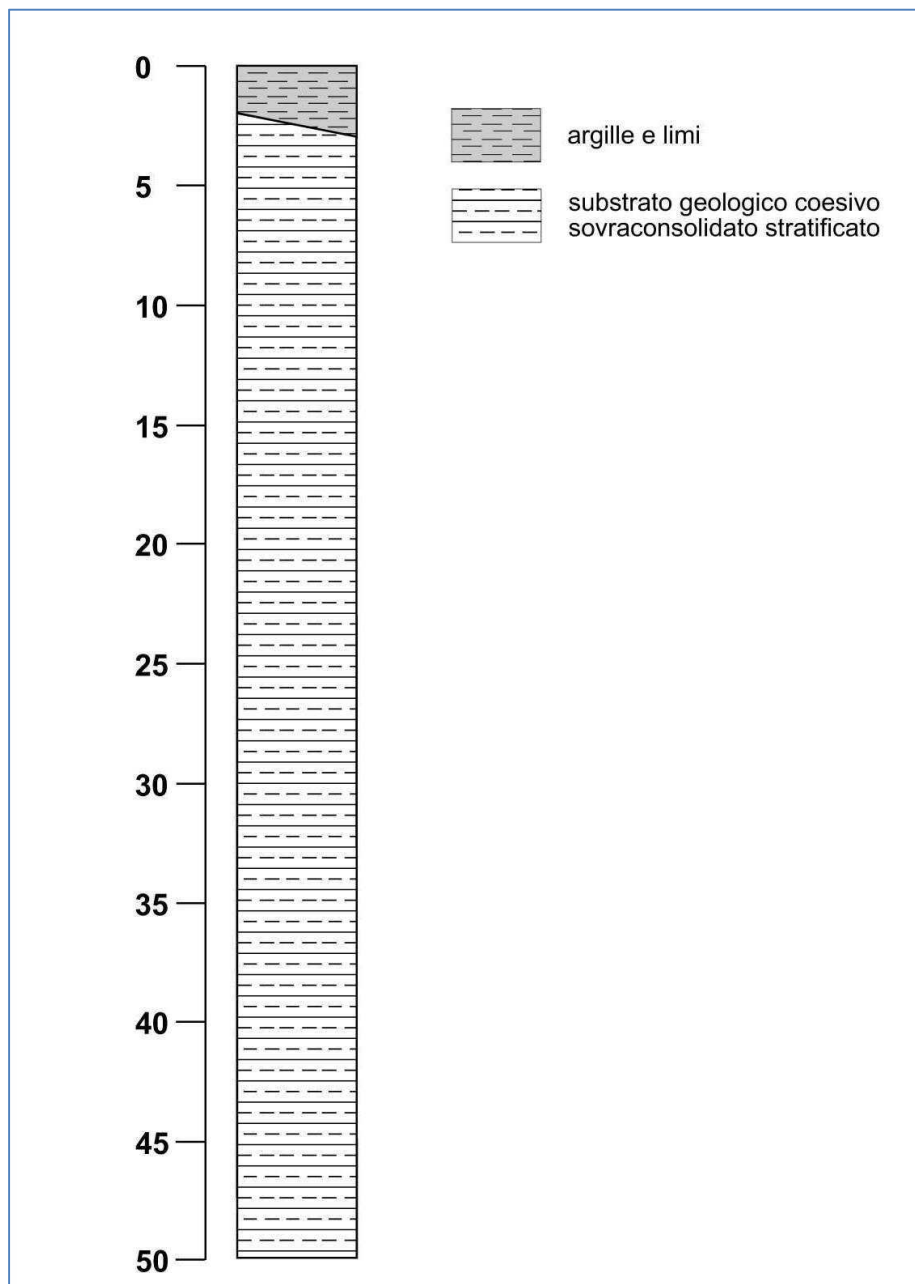
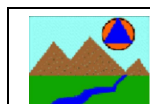


Fig. 28 – Successione stratigrafica cod. 2011



7.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S

Nella Carta delle velocità delle onde di taglio S sono stati riportati i punti di misura di V_s con indicazione del valore in m/s di V_{s30} , laddove il bedrock sismico è risultato superiore ai 50 m e di V_{sH} laddove il substrato presenta una profondità minore.

Sono state altresì distinte le misure di V_s sulla base della tecnica impiegata: MASW, Re.Mi, ecc. (Fig. 29).

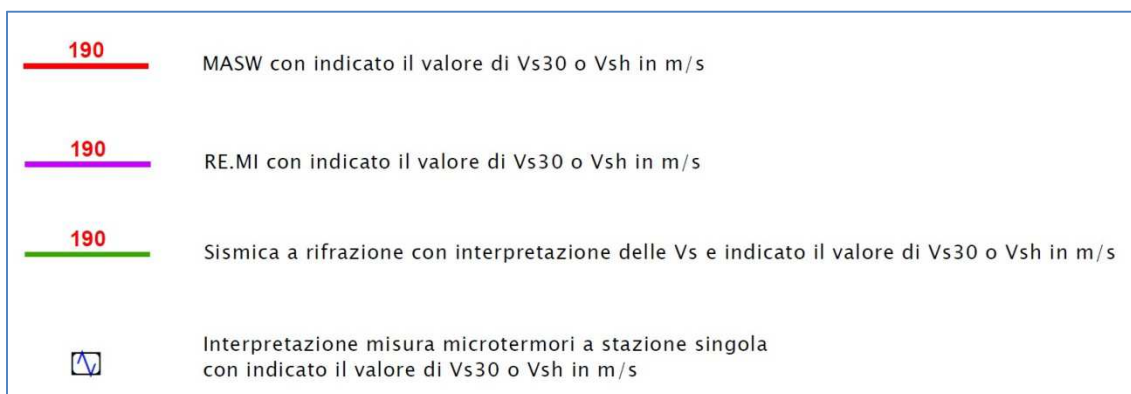


Fig. 29 – Legenda della carta delle velocità delle onde di taglio S


Per la stesura di questa carta sono stati utilizzati esclusivamente i profili di V_s riferiti ad indagini reperite nell'archivio comunale, allegate a pratiche edilizie e alle indagini geofisiche eseguite a supporto dello studio di microzonazione sismica effettuato nel 2009.

L'areale NW del territorio comunale (Zona 1), in cui sottosuolo è costituito dalla presenza di prevalenti depositi ghiaiosi subaffioranti di spessore superiore a 50 metri, è caratterizzato da valori di V_{s30} per lo più compresi tra 466 e 614 m/s.

Nella Zona 2, in cui è presente una copertura superficiale di materiali fini sovrastante i depositi ghiaiosi alluvionali, l'esame di un profilo di velocità delle onde di taglio ha permesso di determinare una V_{s11} di 250 m/s.

La Zona 3 è caratterizzata da contrasti di impedenza situati nella maggior parte dei casi a profondità di 22÷25 m, con valori di V_{SH} variabili da 300 a 400 m/s. Questi contrasti di impedenza sono correlabili ad un orizzonte ghiaioso appartenente al Sintema Emiliano-Romagnolo inf..

La Zona 4, il cui sottosuolo è caratterizzato da un substrato geologico di origine marina ricoperto da depositi alluvionali pleistocenici, è caratterizzata da valori di V_{SH} di 230÷250 m/s con H variabile da 13 a 15 metri.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 52 di 64 |

La Zona 5, in cui è presente una copertura di sedimenti fini dello spessore di circa 10 m in ricoprimento di un primo orizzonte ghiaioso, è caratterizzata da un valore di V_{S10} pari a circa 190 m/s.

Nella Zona 6 la presenza di depositi ghiaiosi situati a modesta profondità determina incrementi delle velocità delle onde di taglio a modeste profondità, con valori di V_{SH} variabili da 196 a 259 m/s per H comprese tra 4 e 6 metri.

Nelle Zone 7 e 8 ricadenti nel settore di fondovalle del T. Termina, in cui è presente un substrato non rigido a profondità rispettivamente di circa 16 e 5 metri, sono stati determinati valori di $V_{S16} = 298\div 334$ m/s e $V_{S5} = 252$ m/s.

Alle Zone 9 – 10 e 11, caratterizzate dall'affioramento di un substrato geologico non rigido mascherato da una ridotta copertura eluvio-colluviale, sono stati attribuiti valori di V_{S30} di 400 (Zona 9 e 10) e 450 m/s (Zona 11).

7.6 Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2


Gli ultimi elaborati grafici in cui sono riportati i risultati del presente studio sono le Carte dei fattori di amplificazione. In esse viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) e di rapporto di Intensità spettrale o di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi ($0.1s < T_0 < 0.5s$ e $0.5s < T_0 < 1.0s$), dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali (DGR 21.12.2015, n° 2193), in cui vengono distinti due ambienti geo-litologici omogenei principali relativi a: 1) zona collinare e montana (Appennino) e 2) pianura e zona costiera che comprende anche il settore di transizione Appennino-Pianura (Margine).

In ambiente di Appennino sono state individuate tre casi:

- depositi di copertura, con spessori sino a 50 metri, sovrastanti il sub-strato geologico rigido (depositi marini generalmente caratterizzati da $V_s > 800$ m/s);


| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 53 di 64 |

- depositi di copertura, con spessori sino a 50 metri, sovrastanti il substrato marino non rigido (depositi marini caratterizzati da $V_s \ll 800$ m/s);
- substrato marino non rigido affiorante o sub-affiorante (ovvero depositi marini caratterizzati da $V_s \ll 800$ m/s, con spessore della copertura o della coltre di alterazione inferiore a 2,5 m).

Per l'ambiente della Pianura sono stati individuati i seguenti ambiti

- **PIANURA 1:** settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c.;
- **PIANURA 2:** settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) a circa 150 m da p.c.;
- **PIANURA 3:** settore di pianura caratterizzato da elevati spessori di sedimenti prevalentemente fini e poco consolidati, alternanze di limi, argille e sabbie di ambiente alluvionale e transizionale, con substrato rigido a profondità non inferiori a 300 m da p.c.;
- **MARGINE:** settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose). Il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido). Questo ambiente è ulteriormente suddiviso in:
 - **MARGINE settore A:** caratterizzato dallo spessore dei terreni sovrastanti gli orizzonti grossolani inferiore a 30 m da p.c. Gli strati grossolani sovrastano direttamente il substrato geologico. In questo caso si utilizza V_{sH} , compresa fra 150 e 300 m/s, dove H è la profondità, in metri dal p.c., del primo contrasto di impedenza significativo, spesso coincidente con il tetto delle ghiaie pleistoceniche;
 - **MARGINE settore B:** caratterizzato dallo spessore dei terreni fini sovrastanti gli strati di ghiaia generalmente superiore a 30 m. Gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti sino al substrato. In questo caso si utilizza V_{s30} compresa fra 170 e 400 m/s.

In Fig. 30 vengono rappresentate le Zone oggetto del presente studio, distinte sulla base delle Tabelle utilizzate per l'attribuzione dei fattori di amplificazione.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 54 di 64 |

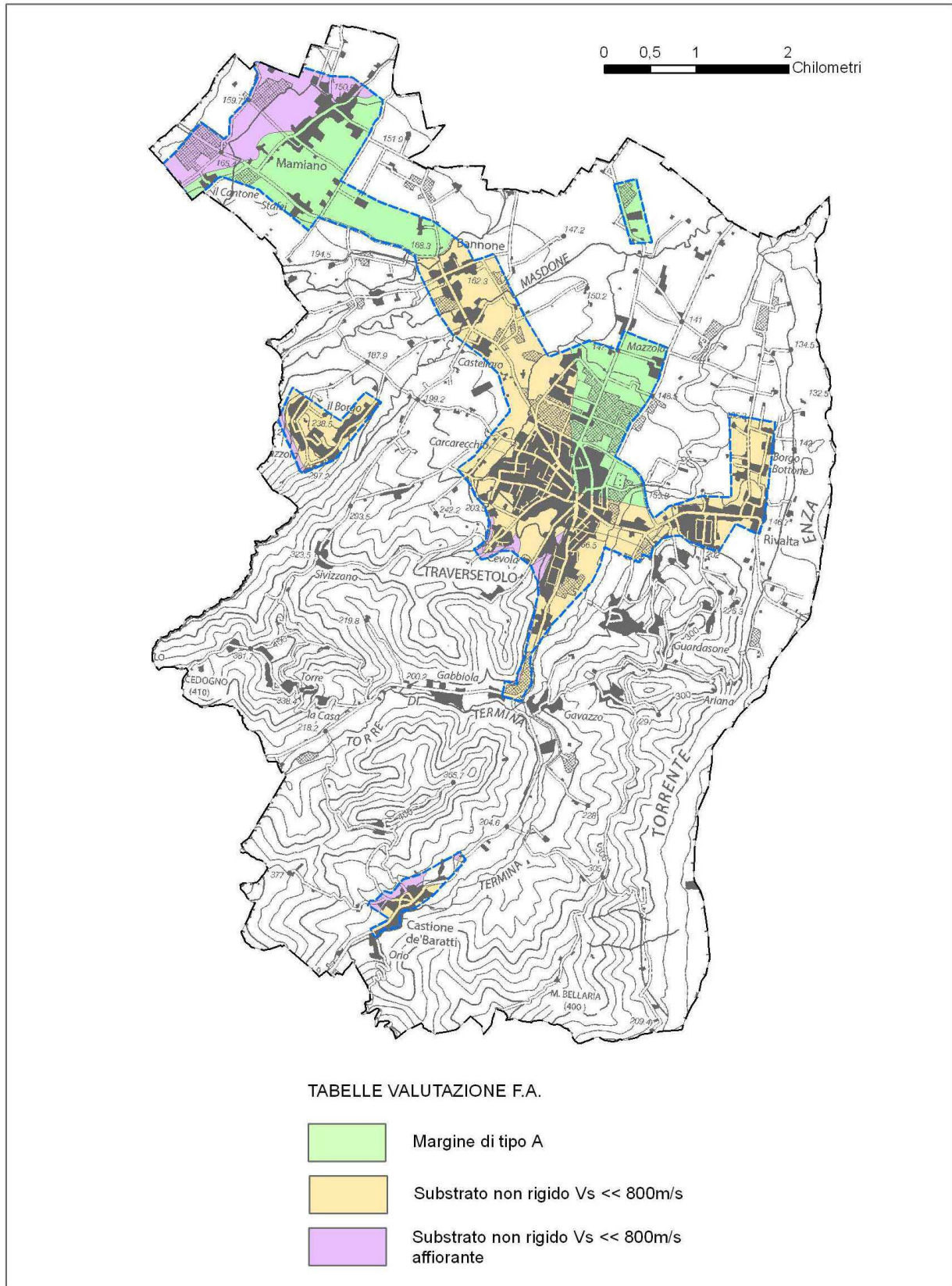


Fig. 30 – Rappresentazione delle Zone sulla base delle Tabelle utilizzate per l'attribuzione dei fattori di amplificazione

Per quanto riguarda le Zone 2 - 5 e 6 sono state impiegate le tabelle degli indirizzi regionali denominate "Margine di tipo A" (Tab. 5), in quanto le aree oggetto di studio ricadono in un ambito caratterizzato da spessore dei terreni fini inferiore a 30 m sovrastanti gli orizzonti grossolani; gli strati grossolani sovrastano direttamente il substrato geologico

| | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.5 | | |
| 10 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 1.8 | | |
| 15 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | | |
| 20 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | | |
| 25 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | | |
| 30 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | | |

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

| | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | | |
| 10 | 2.6 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | | |
| 15 | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | | |
| 20 | 2.5 | 2.5 | 2.3 | 2.0 | | |
| 25 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | | |
| 30 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | | |

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

| | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | | |
| 10 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | | |
| 15 | 3.2 | 2.6 | 2.1 | 2.0 | | |
| 20 | 3.5 | 3.1 | 2.5 | 2.1 | | |
| 25 | 3.7 | 3.4 | 2.8 | 2.4 | | |
| 30 | 3.6 | 3.5 | 3.0 | 2.6 | | |

Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

Tab. 5 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A., in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀) e Intensità di Housner (SI/SI₀), nel caso di profilo stratigrafico tipo MARGINE di Tipo A (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

Per le Zone 3 - 4 - 7 e 8 sono state impiegate le tabelle "Appennino" degli indirizzi regionali da utilizzare in caso di substrato non rigido ($V_s \ll 800$ m/s) con sovrastanti depositi di copertura, (Tab. 6). Nelle Zone 4 - 7 e 8 il substrato è effettivamente costituito da formazioni di ambiente

marino (Quaternario Marino o Argille azzurre), mentre nella Zona 3 è stato fatto coincidere con il Sintema Emiliano-Romagnolo inf., in quanto caratterizzato da velocità elevate paragonabili a quelle dello stesso substrato non rigido.

| | 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 |

Fattori di Amplificazione PGA. Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

| | 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 |

Fattori di Amplificazione SI1 ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

| | 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 |

Fattori di Amplificazione SI2 ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

Tab. 6 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A., in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀) e Intensità di Housner (SI/SI₀), nel caso di substrato marino non rigido con $V_s \ll 800$ m/s (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

Infine per le Zone 1 - 9 - 10 e 11 è stata impiegata la tabella degli indirizzi regionali da utilizzare in caso di substrato marino affiorante, caratterizzato da $V_s \ll 800 \text{ m/s}$ (Tab. 7). Si precisa che la Zona 1, pur essendo costituita da depositi alluvionali grossolani subaffioranti, è stata utilizzata tale tabella in quanto caratterizzata da velocità delle onde di taglio elevate e, generalmente, senza significativi contrasti di impedenza.

| $V_{s30}(m/s) \rightarrow$ | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F.A. PGA | | | | | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 |
| F.A. SI1 | | | | | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.2 |
| F.A. SI2 | | | | | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |

Tab. 7 – Tabella da utilizzare per la stima di F.A., in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) e Intensità di Housner (SI/SI_0), nel caso di substrato marino affiorante con $V_s \ll 800 \text{ m/s}$ (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

Utilizzando le tabelle dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per gli areali oggetto di microzonazione sono riportati nella tabella seguente:

| zona | tabella | valore V_s (m/s) | H (m) | fattori di amplificazione | | |
|------|------------------------------------------------|-----------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | P.G.A. | I_s ($0,1s < T_0 < 0,5s$) | F.A. I_s ($0,5s < T_0 < 1,0s$) |
| 1 | Appennino - Substrato non rigido affiorante | 450 | 30 | 1,6 | 1,6 | 1,4 |
| 2 | Pianura – Margine A | 250 | 10 | 2,0 | 2,0 | 1,8 |
| 3 | Appennino - Substrato non rigido con copertura | 350 | 25 | 1,9 | 2,0 | 1,5 |
| 4 | Appennino - Substrato non rigido con copertura | 250 | 15 | 2,1 | 2,3 | 1,6 |
| 5 | Pianura – Margine A | 200 | 10 | 2,2 | 2,4 | 2,0 |
| 6 | Pianura – Margine A | 200 | 5 | 2,1 | 1,9 | 1,7 |
| 7 | Appennino - Substrato non rigido con copertura | 300 | 15 | 2,0 | 1,9 | 1,4 |
| 8 | Appennino - Substrato non rigido con copertura | 200 | 5 | 2,0 | 1,7 | 1,4 |
| 9 | Substrato non rigido affiorante | 400 | 30 | 1,8 | 1,7 | 1,5 |
| 10 | Substrato non rigido affiorante | 400 | 30 | 1,8 | 1,7 | 1,5 |
| 11 | Substrato non rigido affiorante | 450 | 30 | 1,6 | 1,6 | 1,4 |

Tab. 8 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica

Dal momento che l'abitato di Gazzola ricade in un contesto collinare, lungo un pendio di altezza > 30 m e con inclinazione media > 15°, sono state eseguite le verifiche al fine di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico generata dalle condizioni topografiche (Fig. 31).

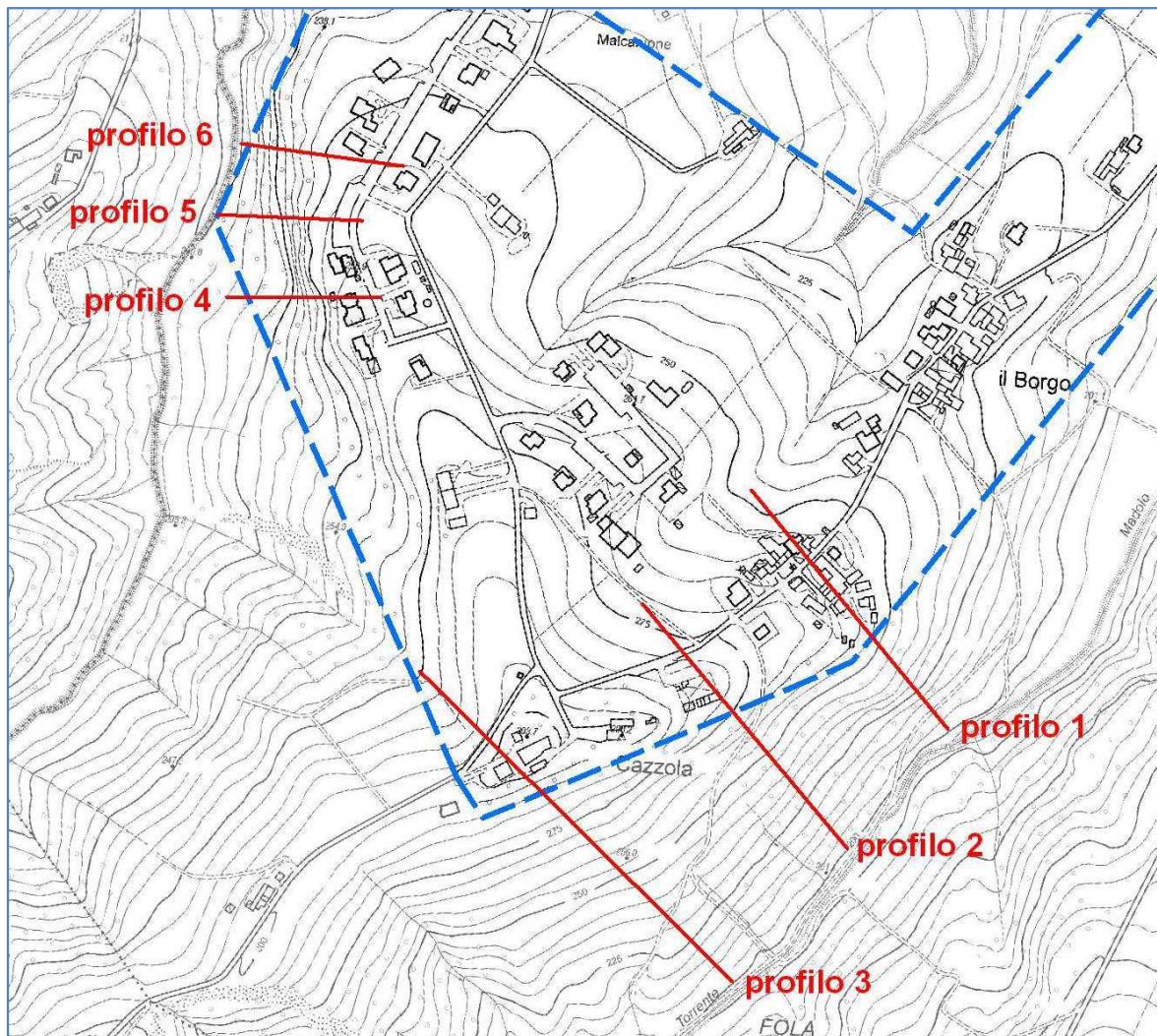


Fig. 31 – Ubicazione tracce sezioni topografiche

Per il calcolo del Fattore di Amplificazione topografica S_T , sono state seguite le disposizioni e i suggerimenti contenuti nell'Allegato 2 degli indirizzi regionali (fig. 32)

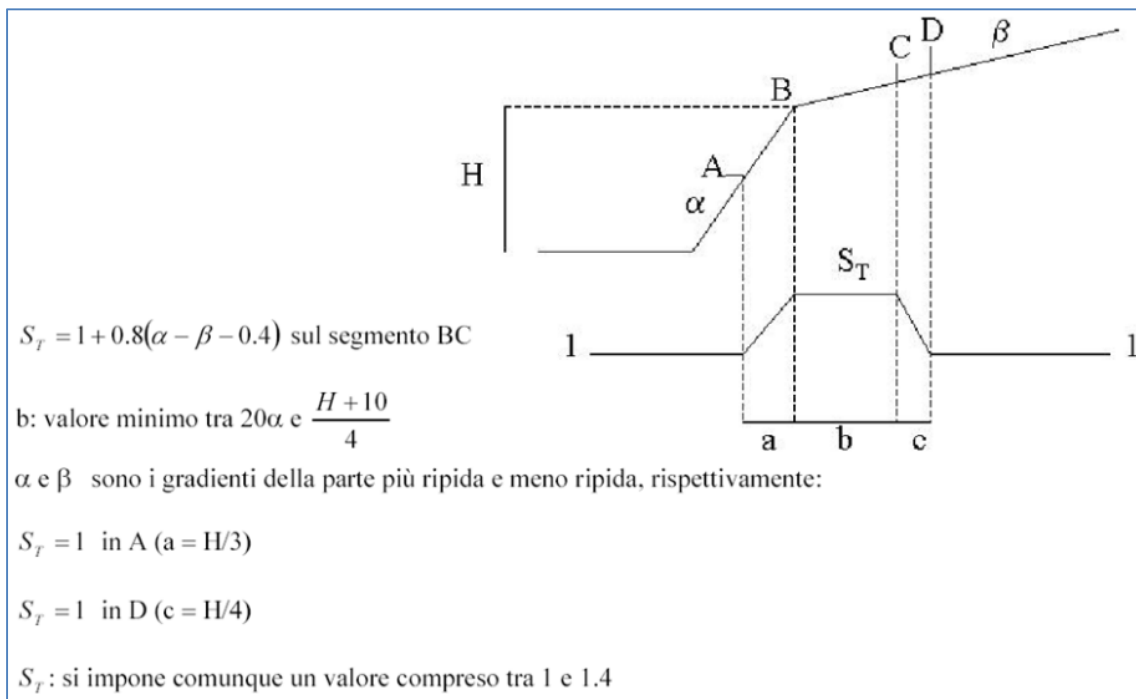


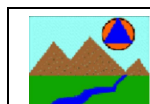
Fig. 32 – Calcolo del fattore di amplificazione topografica secondo gli indirizzi regionali.

Nella Fig. 33 e 34 sono raffigurate le sezioni topografiche con indicazione delle dimensioni dei differenti tratti a, b, c (cfr. Fig. 32) e dei relativi Fattori di Amplificazione topografica S_T , che determinano ulteriori amplificazioni del moto sismico sino ad un massimo di circa 1,2 (Tab. 9).

Ne consegue che l'amplificazione sismica complessiva, limitatamente a ristrette fasce alla sommità del pendio della Zona 4, è determinata dal prodotto tra il fattore di amplificazione stratigrafica, relativo a P.G.A. o I.S., per i vari fattori di amplificazione topografica S_T calcolati.

| Profilo | Altezza pendio H con gradiente alfa (m) | Lunghezza pendio con gradiente alfa (m) | Altezza pendio H con gradiente beta (m) | Lunghezza pendio con gradiente beta (m) | pendenza pendio alfa (°) | pendenza pendio beta (°) | a(m) | b (m) | c (m) | St |
|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| 1 | 60,00 | 142,00 | 0,00 | 100,00 | 22,91 | 0,00 | 20,00 | 8,45 | 15,00 | 1,02 |
| 2 | 82,00 | 201,00 | -10,00 | 105,00 | 22,19 | -5,44 | 27,33 | 8,16 | 20,50 | 1,08 |
| 3 | 102,00 | 305,00 | -27,00 | 127,00 | 18,49 | -12,00 | 34,00 | 6,69 | 25,50 | 1,12 |
| 4 | 40,00 | 56,00 | 3,00 | 41,00 | 35,54 | 4,18 | 13,33 | 12,50 | 10,00 | 1,19 |
| 5 | 35,00 | 48,00 | 7,50 | 46,00 | 36,10 | 9,26 | 11,67 | 11,25 | 8,75 | 1,13 |
| 6 | 50,00 | 83,00 | 5,00 | 77,00 | 31,07 | 3,72 | 16,67 | 12,05 | 12,50 | 1,11 |

Tab. 9 - Valori dei fattori di amplificazione topografica



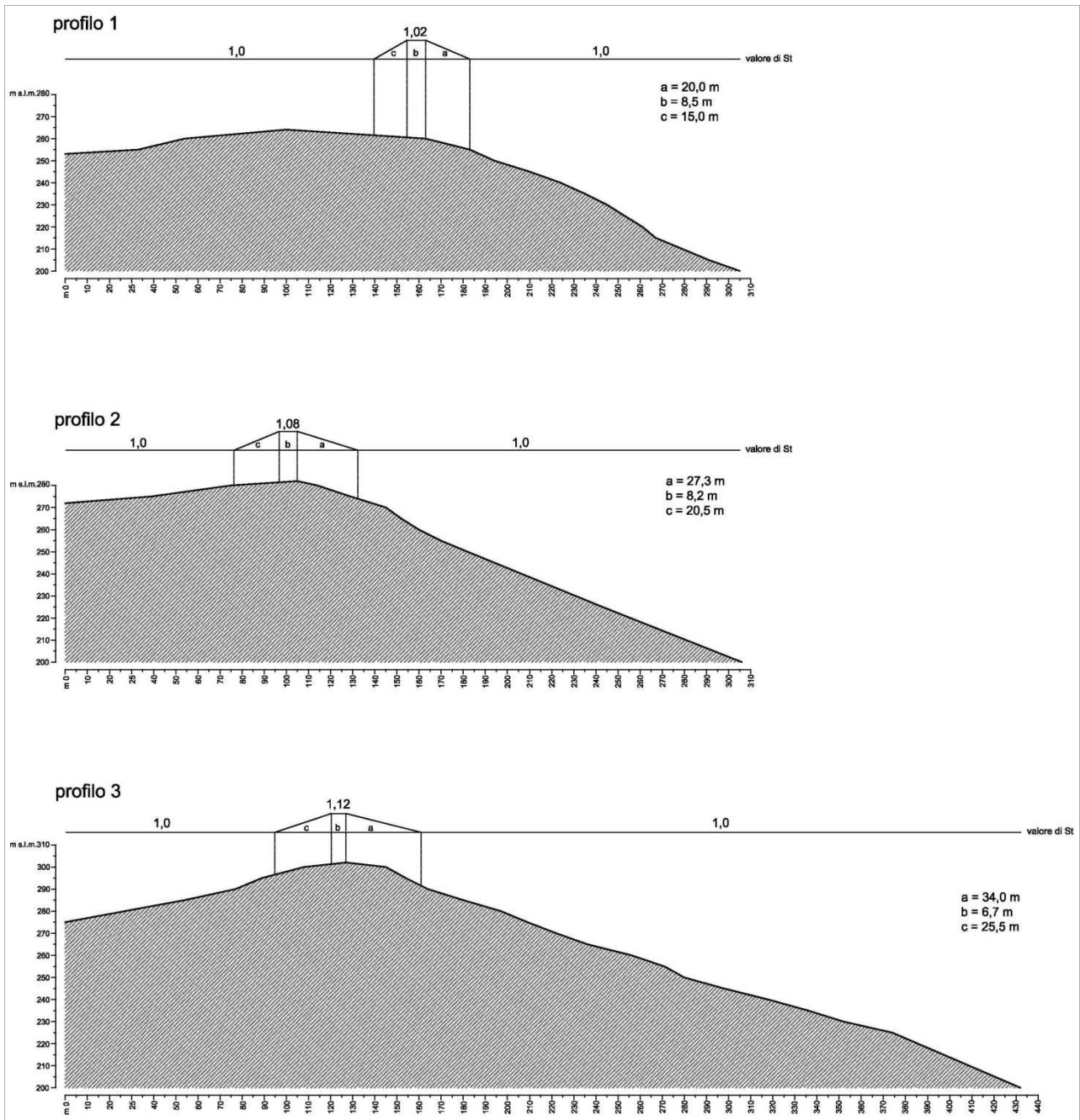


Fig. 33 – Sezioni topografiche del versante SE di Cazzola, con indicati i valori del fattore di amplificazione topografico S_T

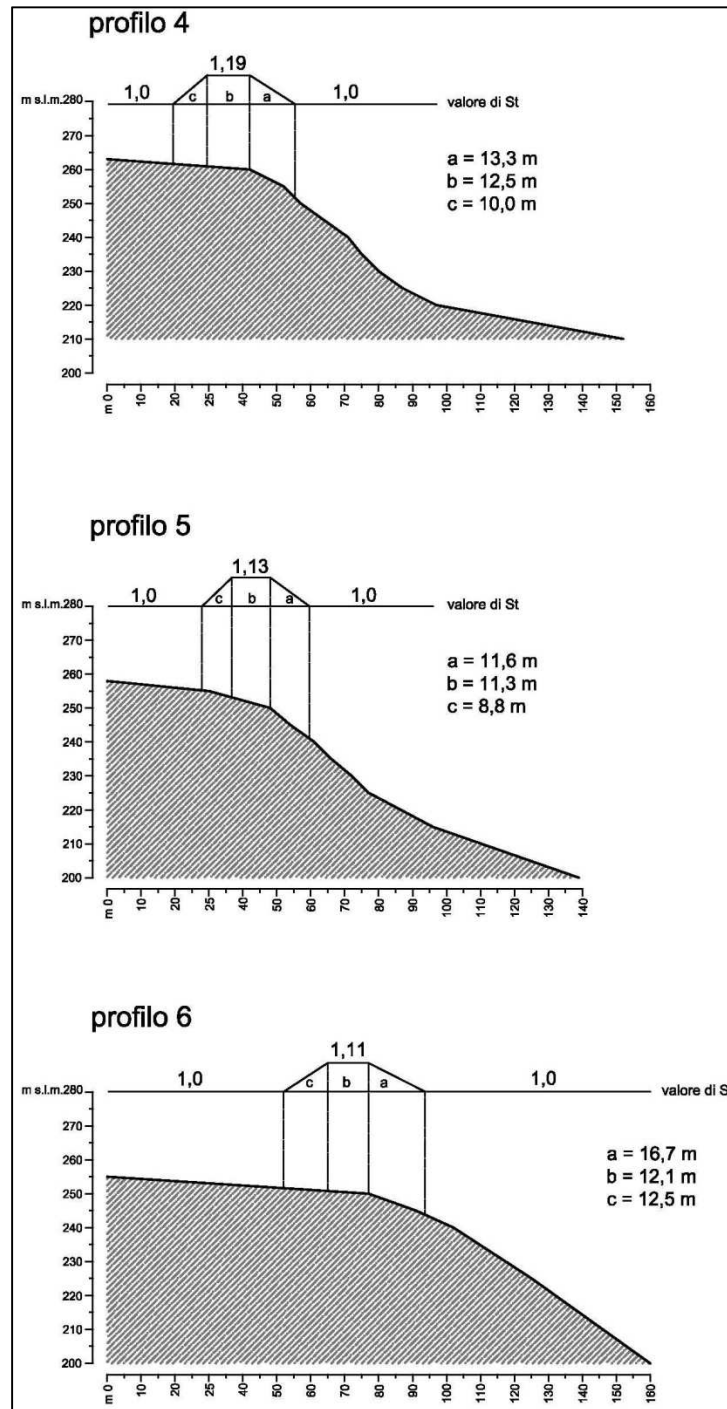


Fig. 34 – Sezioni topografiche del versante W di Cazzola, con indicati i valori del fattore di amplificazione topografico S_T

7.7 Commenti finali e criticità

Innanzitutto va precisato che il presente studio presenta carattere sperimentale, trattandosi ancora di una delle prime applicazioni, in un contesto territoriale quale quello indagato, di microzonazione sismica mediante l'applicazione dei criteri contenuti negli ICMS e negli indirizzi regionali.

Del resto, 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 Vs maggiore o uguale a 800 m/s).


Per l'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile, è stato possibile effettuare, tramite procedure semplificate, una microzonazione del territorio con attribuzione dei fattori di amplificazione.

Sostanzialmente dallo studio effettuato è emersa una minor amplificazione della PGA nelle zone dove è sub-affiorante il substrato geologico e nel settore NW del territorio adiacente il T. Parma, dove sono presenti depositi alluvionali grossolani sub-affioranti dell'apparato di conoide prossimale.

Viceversa nelle aree caratterizzate da terrazzi alluvionali pleistocenici e nelle aree di fondovalle del T. Termina si registra un incremento dell'amplificazione della PGA.

L'amplificazione in termini di Intensità di Housner per periodi di 0,1÷0,5 secondi, rispecchia in parte una distribuzione simile a quella della PGA, con la differenza che la maggior amplificazione sembra manifestarsi principalmente in corrispondenza dei terrazzi alluvionali della fascia pedecollinare posti a quote più elevate, poggiati direttamente sul substrato marino non rigido.

Totalmente differente è invece la distribuzione dell'amplificazione relativa a I.S. per periodi 0,5÷1,0 secondi, in cui la maggior amplificazione interessa il settore con depositi alluvionali del T. Termina che presentano maggior spessore (zona a nord del Capoluogo) e la zona ricompresa tra Mamiano e Bannone.


| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 63 di 64 |

8. Elaborati

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici (tutti alla scala 1:10.000):

- Carta delle indagini
- Carta geologico tecnica
- Carta delle frequenze naturali dei terreni
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)
- Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA_{PGA}
- Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $FA_{IS\ 0,1 - 0,5\ s}$
- Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $FA_{IS\ 0,5 - 1,0\ s}$

Al termine dello studio, come richiesto dalla Regione Emilia-Romagna, è stata prodotta una cartografia di sovrapposizione tra gli elementi schedati nell'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) e le risultanze della MS.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|----------|
|  Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti | Elaborato | Data | Pag. |
| | RELAZIONE ILLUSTRATIVA | Aprile 2016 | 64 di 64 |