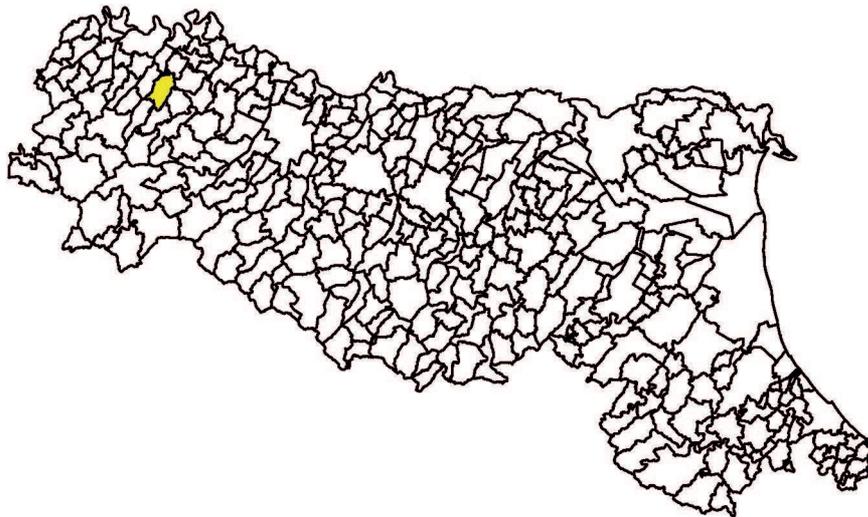


# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

### Regione Emilia-Romagna Comune di Carpaneto P.no



<p>Regione</p> <p>REGIONE EMILIA-ROMAGNA</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>Studio Geologico Ambientale</p> <p>Dr.Geol. Gabriele Corbelli</p>	<p>Data</p> <p>Gennaio 2020</p>
--	---	---------------------------------

---

1	PREMESSA .....	2
2	ELABORATI A CORREDO DELLO STUDIO.....	3
3	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	4
	3.1 - Inquadramento tettonico .....	4
	3.2 - Inquadramento sismotettonico.....	6
	3.3 - Zonazione sismogenetica .....	10
	3.4 - Sismicit� storica .....	11
	3.5 - Classificazione sismica .....	16
	3.6 - Pericolosit� sismica .....	16
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	18
	4.1 - Assetto idrogeologico .....	28
5	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI .....	31
6	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	32
7	INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE .....	36
8	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI .....	37
9	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	39
	9.1 - Carta delle indagini .....	39
	9.2 - Carta geologico-tecnica .....	39
	9.3 - Carta delle frequenze naturali dei terreni .....	41
	9.4 - Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica .....	43
	9.5 - Carta delle velocit� delle onde di taglio S.....	47
	9.6 - Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2 .....	53

## 1 PREMESSA

Il Comune di Carpaneto P.no ha provveduto alla redazione dello Studio di Microzonazione sismica del territorio comunale adeguato agli standard nazionali di rappresentazione e archiviazione dei dati predisposti dalla Commissione Tecnica per il supporto e monitoraggio degli studi di microzonazione sismica

Lo studio è stato redatto sulla base delle indicazioni contenute nella Delibera 630/2019 della Giunta della Regione dell'Emilia-Romagna : 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.

L'analisi di microzonazione sismica, realizzata con il contributo di cui alla DGR 2245/2018, è stata sviluppata in coordinamento con il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, Dr. Luca Martelli, della Regione Emilia Romagna.

Per quanto non specificato nella delibera citata, si è fatto riferimento ai seguenti documenti :

- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.1", redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, ottobre 2019);
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (Gruppo di lavoro MS, 2008; AA.VV., 2011);
- LR 30/10/2008 n.19 "Norme per la riduzione del Rischio Sismico";
- DM del 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

## 2 ELABORATI A CORREDO DELLO STUDIO

Gli elaborati dello studio di microzonazione sismica per il Comune di Carpaneto sono i seguenti:

- Relazione Descrittiva in cui viene illustrato il contesto geologico, geomorfologico e sismotettonico regionale in cui si inseriscono le aree oggetto di indagine, descritte le metodologie seguite e illustrati i risultati dello studio di microzonazione rappresentati nelle diverse cartografie; in allegato alla relazione vengono presentate elaborazioni di verifiche alla liquefazione per valutarne l'esclusione.
- Elaborati cartografici costituiti da
  1. Carta delle Indagini 1:10.000 (Tav. 1.1-1.2)
  2. Carta Geologico-Tecnica 1:10.000 (Tav. 2.1-2.2)
  3. Carta delle Frequenze naturali dei Terreni 1:10.000 (Tav. 3.1-3.2)
  4. Carta delle MOPS 1:5.000 (Tavv. 4.1-4.2)
  5. Carta delle Velocità delle Onde di Taglio – Vs 1:10.000 (Tavv. 5.1-5.2)
  6. Carta dei Fattori di Amplificazione: PGA 1:5.000 (Tavv. 6.1-6.2)
  7. Carta dei Fattori di Amplificazione: SA1 0,1-0,5s 1:5.000 (Tavv. 7.1-7.2)
  8. Carta dei Fattori di Amplificazione: SA2 0,4-0,8s 1:5.000 (Tavv. 8.1-8.2)
  9. Carta dei Fattori di Amplificazione: SA3 0,7-1,1s 1:5.000 (Tavv. 9.1-9.2)
  10. Carta dei Fattori di Amplificazione: SA4 0,5-1,5s 1:5.000 (Tavv. 10.1-10.2)
  11. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI1 0,1-0,5s 1:5.000 (Tav. 11.1-11.2)
  12. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI2 0,5-1,0s 1:5.000 (Tav. 12.1-12.2)
  13. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI3 0,5-1,5s 1:5.000 (Tav. 13.1-13.2)
  14. Carta dei valori di HSM 1:10.000 (Tav. 14.1-14..2)
- Indagini sismiche eseguite per studio MS

Gli elaborati cartografici sono stati realizzati secondo le specifiche indicate nella DGR 630/2019 della Regione Emilia-Romagna, ed attenendosi agli standard di rappresentazione cartografica dettati dalle linee guida emanate dal Dipartimento della Protezione Civile con gli Standard MS (CTMS, 2015), per quanto riguarda i tematismi rappresentati, le legende, le denominazioni, i layout, i colori e font dei caratteri.

Le cartografie elaborate hanno utilizzato come base topografica di riferimento lo strato raster aggiornato al 2014 elaborato dalla Regione Emilia dalla Regione Emilia Romagna (DBT scala 1.5.000).

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).

### 3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La sismicità è strettamente connessa al contesto tettonico-strutturale del territorio, e quindi alla presenza di strutture geologicamente “attive”; per la stima della pericolosità sismica di un territorio è indispensabile la conoscenza della sua storia sismica e della geologia strutturale locale, che risultano ovviamente strettamente connessi tra loro.

A supporto della redazione del presente capitolo, sono stati utilizzate le banche dati pubbliche sviluppate da diversi enti e gruppi di ricerca:

- il CPTI15 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani versione 2015 (Rovida et al., 2016; <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15>), che raccoglie i parametri dei terremoti avvenuti in Italia con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  d'interesse nella finestra temporale 1000-2014
- il DBMI15 - Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 e provenienti da diverse fonti. È relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014 (Locati et al., 2016 <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>) e la sua precedente versione DBMI04 (Stucchi et al., 2007);
- la Mappa di Pericolosità Sismica Nazionale (INGV, 2004; <http://esse1.mi.ingv.it/>) che definisce una “pericolosità di base” su un reticolo di punti di riferimento. Ad essi sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del sisma atteso, i valori di accelerazione orizzontale massima del suolo ( $a_g$ ) e dei principali “parametri spettrali”, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica;
- la Zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004 (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>), che individua sul territorio italiano 42 macrozone-sorgente e ha rappresentato il riferimento per i calcoli di pericolosità sismica nel territorio nazionale di cui al punto precedente;
- • il Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane DISS versione 3.2.1 (DISS Working Group, 2015 e Basili et al., 2008; <http://diss.rm.ingv.it>), che contiene sorgenti individuali e composite di terremoti, intese come una rappresentazione georeferenziata semplificata e in 3D di faglie (sorgenti individuali) o regioni contenenti faglie (sorgenti composite) in grado di generare terremoti di M 5.5 o superiore;
- il Catalogo della Sismicità Italiana (Castello et al., 2006; <http://csi.rm.ingv.it/>) che contiene tutti gli eventi registrati dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale dal 1981 al 2002;
- il Database ISIDe (ISIDe Working Group 2010; <http://iside.rm.ingv.it>), che contiene tutti gli eventi registrati dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale dal 2003 ad oggi.

#### 3.1 - Inquadramento tettonico

La fascia di pianura si estende dal margine meridionale del pedeappennino fino all'asse del Fiume Po e comprende le unità sedimentate dal Miocene superiore (6-7 milioni di anni fa) fino ai giorni nostri; nonostante questa non presenti in superficie nessun elemento per definire l'assetto strutturale delle unità, il sottosuolo è caratterizzato da una serie di superfici

di distacco che lo dividono in diversi corpi cuneiformi secondo un modello di embrici est vergenti.

Sotto l'aspetto strutturale, infatti, la pianura emiliana è compresa nell'arco delle pieghe emiliane, caratterizzate da due distinti fasci di thrust a vergenza appenninica: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (P.T.F.), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (E.T.F.), definisce il limite dell'Appennino sepolto. Pertanto il vero fronte appenninico, circa all'altezza del Fiume Po sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta come si evidenzia nello schema strutturale di Figura 1.

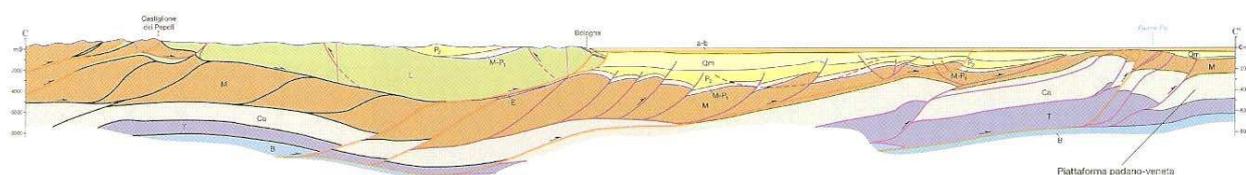


Figura 1 - Sezione dello schema tettonico dei thrust appenninici.

L'area oggetto di studio è posizionata in corrispondenza dell'Arco emiliano, formato da anticlinali e faglie inverse cieche appartenenti al sistema a sovrascorrimenti (thrust faults) NE-vergenti dell'Appennino settentrionale.

L'Arco Emiliano è il più occidentale degli archi frontali appenninici sepolti nei depositi Pilo-Quaternari dell'avanfossa padana e localmente è costituito da tre strutture principali orientate NW-SE. Procedendo da SW a NE, sono costituite da :

- un sovrascorrimento con corrispondente anticlinale, situati in posizione interna ai piedi delle colline pedeappenniniche, indicato come Pedeappennic Thrust Front (PTF)
- bacino minore o satellite: depressione racchiusa a nord dall'alto strutturale dell'ETF e a sud dalle strutture embricate del PTF; si estende in zona antistante al margine morfologico dell'Appennino con allungamento in direzione ovest/nord-ovest ed est/sud-est, presentandosi con geometrie non costanti che esprimono settori strutturalmente svicolati tra loro in relazione all'andamento planimetrico delle strutture sepolte associate all'External Thrust Front" (ETF) e al Pedeappennic Thrust Front (PTF).
- l'alto strutturale più esterno che si trova in chiusura periclinale, frutto dell'involuppo delle rampe frontali dei thrust sepolti, che rappresenta la zona di confine tra la Monoclinale pedevalpina a nord e la microplacca dell'arco Appenninico settentrionale a sud.

Le suddette strutture sono l'espressione della collisione tettonica tra la microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale e la microplacca Adriatica. Le deformazioni formatesi e la parziale subduzione della microplacca adriatica sotto quella dell'Arco Appenninico

Settentrionale sono causate dalle spinte nord-est vergenti, impresse dal movimento di convergenza tra la zolla africana ed europea a seguito dell'estensione dell'Oceano Atlantico (Livemore e Smith 1985).

L'External Thrust Front è caratterizzato da una serie di strutture ad arco, concave verso sud, che si raccordano in due zone di incrocio (Pavia e Reggio Emilia), dove il fronte appare notevolmente arretrato (Fig. 2). Questo assetto strutturale è probabilmente dovuto alla presenza, nella crosta superiore padana, di zone con maggiore rigidità che hanno impedito lo scollamento delle successioni mesozoiche e terziarie dal basamento sottostante, bloccando in tal modo la traslazione verso nord (Bernini e Papani, 1987).

Il Pedepenninic Thrust Front è invece costituito da un margine discontinuo, planimetricamente parallelo al limite morfologico dell'Appennino settentrionale, segmentato da faglie trasversali, coincidenti con alcuni dei principali corsi d'acqua (Stirone, Taro, Enza, ecc.). Si tratta di una serie di thrusts e duplicazioni crostali che hanno determinato il sollevamento e il basculamento dei depositi affioranti nella fascia pedeappenninica.

Le faglie trasversali al Pedepenninic Thrust Front sono inoltre all'origine della suddivisione dell'Appennino settentrionale in settori a differente comportamento tettonico, responsabili altresì della traslazione differenziale dei vari settori dell'Appennino settentrionale come appunto testimoniano le rientranze del margine appenninico tra il F. Taro e il T. Enza e tra i F. Panaro e il F. Reno.

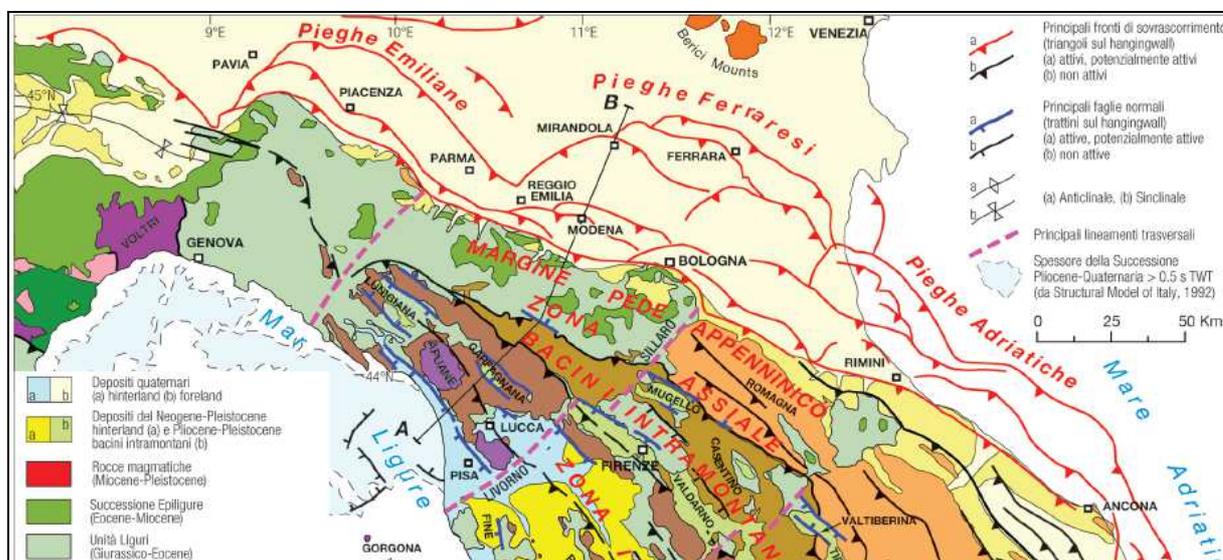


Figura 2 - Estratto dello schema tettonico dell'Appennino settentrionale e della Pianura Padana

### 3.2 - Inquadramento sismotettonico

La sintesi delle attuali conoscenze in termini di dati sismologici e degli elementi strutturali attivi è stata sintetizzata nella nuova Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, presentata nel 2017 a cura del Servizio Sismico e dei Suoli regionale, di cui si riporta uno stralcio nella Figura 3.

In questo lavoro sono state identificate, sulla base di evidenze geologiche e morfologiche, le principali strutture attive<sup>1</sup> che interessano l'Emilia-Romagna, la cui sintesi è riportata in figura 5.

Le strutture attive e potenzialmente attive sono state suddivise in:

- affioranti, ovvero che hanno deformato la superficie topografica o, in pianura, hanno deformato la parte più superficiale del sottosuolo, vale a dire fino a profondità inferiori di 100 m dal piano campagna;
- sepolte, ovvero che mostrano evidenze di attività recenti o in atto (es. associazione con eventi sismici) ma a carico di orizzonti stratigrafici profondi almeno alcune centinaia di metri e non arrivano a deformare i livelli superficiali del sottosuolo ( $\geq 100$  m da p.c.).

L'Appennino è una catena a thrusts che si è strutturata principalmente in età neogenica ma che mostra morfologie estremamente giovani, evidenze di sollevamenti recenti e una costante sismicità, che testimoniano come il processo di costruzione della catena sia ancora attivo.

Le maggiori evidenze di strutture attive, sia da profili sismici che da osservazioni di campagna, sono state rilevate nel settore del margine appenninico compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice, sul fronte sepolto delle pieghe emiliane tra Piacenza e Reggio Emilia e al tetto della dorsale ferrarese tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio.

Il settore investigato ricade nell'ambito di pianura contraddistinto dai sovrascorrimenti profondi del fronte appenninico classificati attivi; negli affioramenti lungo il margine piacentino, non sono presenti chiare evidenze di deformazioni recenti; i depositi della successione del margine si presentano pressoché indeformati e si immergono blandamente sotto i depositi alluvionali padani.

---

<sup>1</sup> Da non confondersi con le faglie attive e capaci considerate elemento di instabilità nelle analisi di pericolosità sismica locale e oggetto di microzonazione sismica (Gruppo di lavoro MS, 2008; Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, 2015).

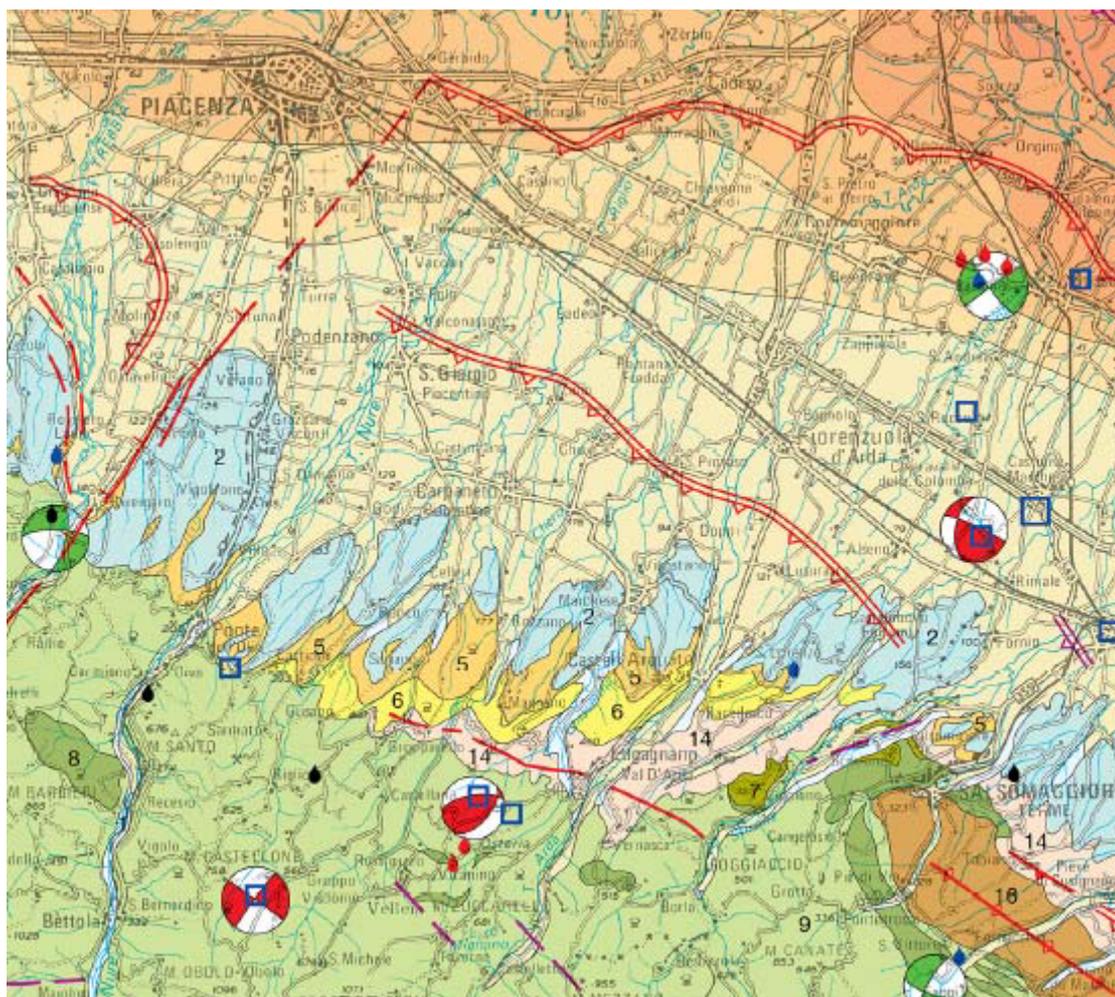


Figura 3 - Estratto Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale - 2017

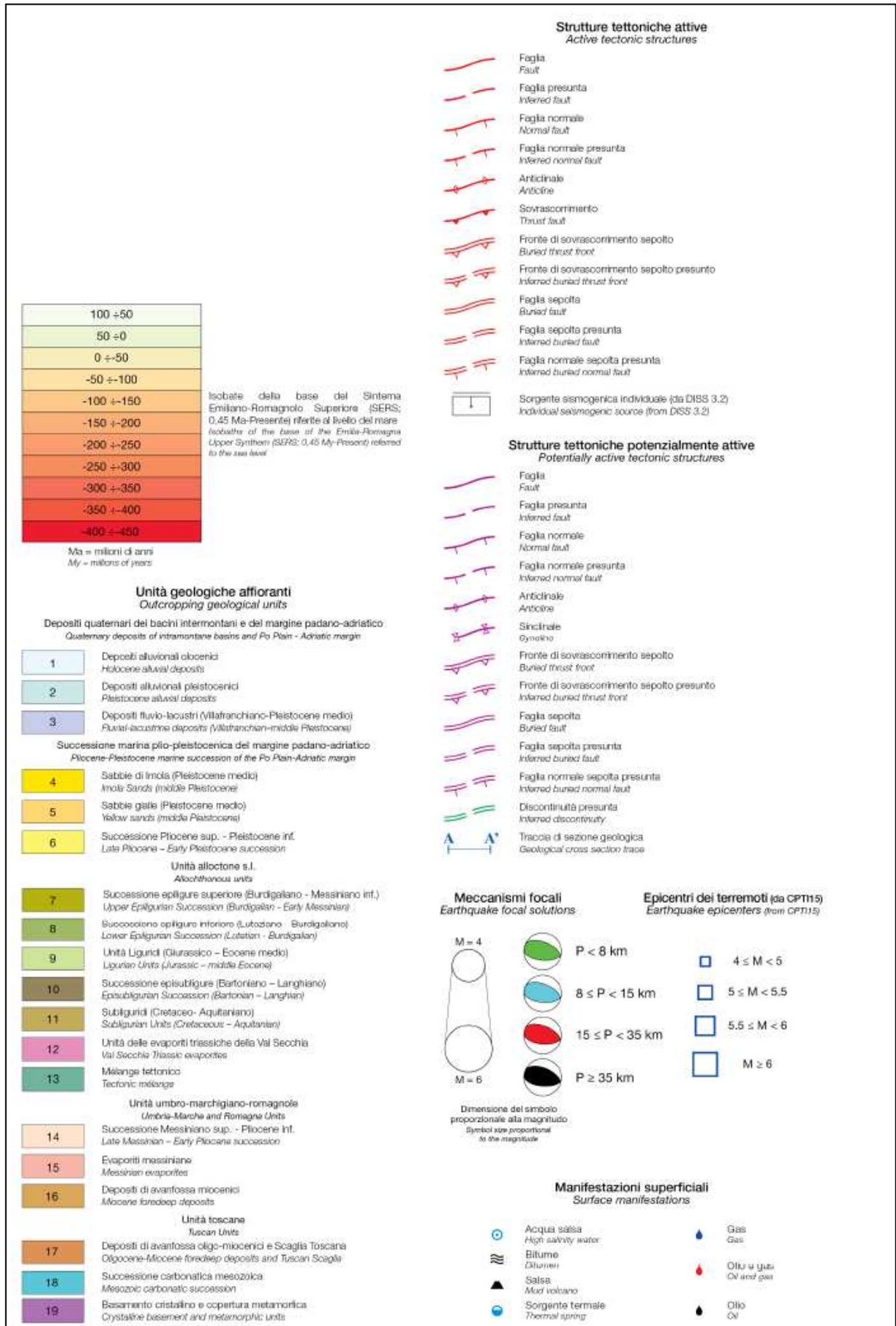


Figura 4 - Legenda Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale - 2017

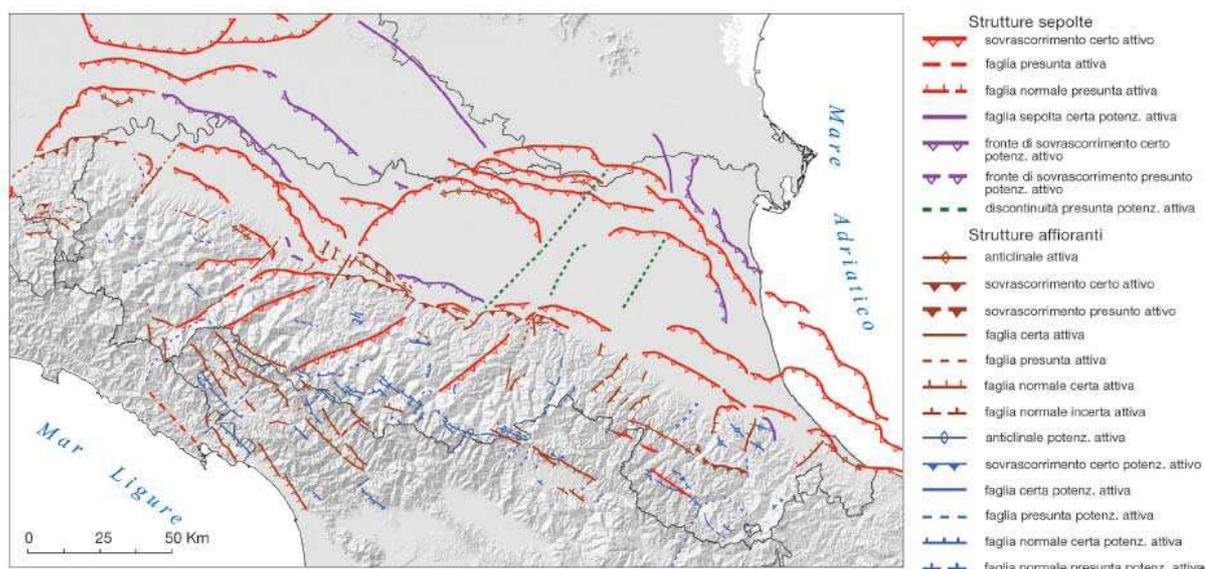


Figura 5 - Sintesi regionale delle principali strutture attive e potenzialmente attive (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

### 3.3 - Zonazione sismogenetica

In questa sede è stata esaminata la zonazione sismogenetica denominata ZS9, contenuta nel Rapporto Conclusivo della “Mappa di pericolosità sismica” redatta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nell’aprile 2004, che partendo dalla revisione della precedente zonazione ZS4, è stata aggiornata sulla base delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni del potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

Per quanto riguarda il settore nord –occidentale dell’Appennino settentrionale, le cui zone sismotettoniche riconosciute sono rappresentate in Figura 6, si distingue la zona 911, in cui rientra il Comune di Carpaneto P.no, comprendente il cosiddetto “arco di Pavia” e le strutture ad esso relative, che rappresenta il limite settentrionale dell’arco appenninico, costituendo un ruolo di svincolo tra il sistema alpino e quello appenninico; il meccanismo di fagliazione prevalente risulta essere trascorrente.

La zona 912, longitudinale rispetto all’asse della catena appenninica, rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell’arco appenninico settentrionale; il meccanismo di fagliazione prevalente risulta indeterminato.

Questa zonazione è stata elaborata riferendosi anche i più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le banche dati relative alle sorgenti sismogenetiche italiane DISS1 2.0 ed il citato catalogo CPTI2.

La figura 7 evidenzia la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.2.1 (Database of Individual Seismogenic Sources a cura dell’INGV), da cui si evidenzia che l’area indagata si colloca nell’ambito della “fascia” sismogenetica:

- ITCS045 San Giorgio Piacentino – Fornovo di Taro

Per quanto riguarda la struttura ITCS045, questa sorgente è posta a cavallo della regione ad ovest della valle del Taro, e si colloca al passaggio tra il fronte di pieghe pedeappenninico (a SE) ed il fronte di pieghe esterne dell'Appennino settentrionale (a N e NW). Si tratta di sistema di faglie vergenti verso NE, in parte costituite da piccoli archi, nel settore pedecollinare della catena dell'Appennino Settentrionale.

I cataloghi storici e strumentali mostrano una mancanza di sismicità significativa in questa regione ad eccezione di alcuni terremoti di grado medio ( $4.5 < M_w < 5.0$ ) nei settori orientali e occidentali dell'area. La sismicità massima è stata assunta sulla base della sismicità regionale ( $M_w 5.5$ ).

### 3.4 - Sismicità storica

L'Emilia-Romagna rappresenta un settore della catena appenninica esterna caratterizzato da una sismicità frequente che può essere definita media in relazione alla sismicità nazionale, con ipocentri dei terremoti localizzati non solo nella crosta superiore ma anche nel mantello; la regione è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX grado della scala MCS.

Al proposito nella Figura 8 vengono rappresentate le sismicità strumentali per intervalli di profondità degli ipocentri della Regione Emilia Romagna; nel settore di pianura in esame gli epicentri dei terremoti principali, con magnitudo compresa tra 4,0-4,5, risultano relativamente superficiali, essendo localizzati entro la profondità di 8-15 km.

In riferimento agli eventi tellurici storici è stato esaminato il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), aggiornato recentemente con i dati disponibili fino all'anno 2014 a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Servizio Sismico Nazionale (*Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>*), esso rappresenta un aggiornamento del precedente Catalogo CPTI11, di cui viene rappresentato in Figura 9 un estratto. (con la rappresentazione per classe di magnitudo  $M_w$ ).

Gli eventi tellurici più significativi per l'area risalgono al 1898 (magnitudo 5,37 – epicentro Parmense), al 1920 (magnitudo 6,53 – epicentro Garfagnana), al 1980 (magnitudo 4,57 – epicentro Piacentino), al 1991 (magnitudo 4,33 – epicentro Emilia occidentale) ed al 2005 (magnitudo 3,68 – epicentro Val Trebbia).

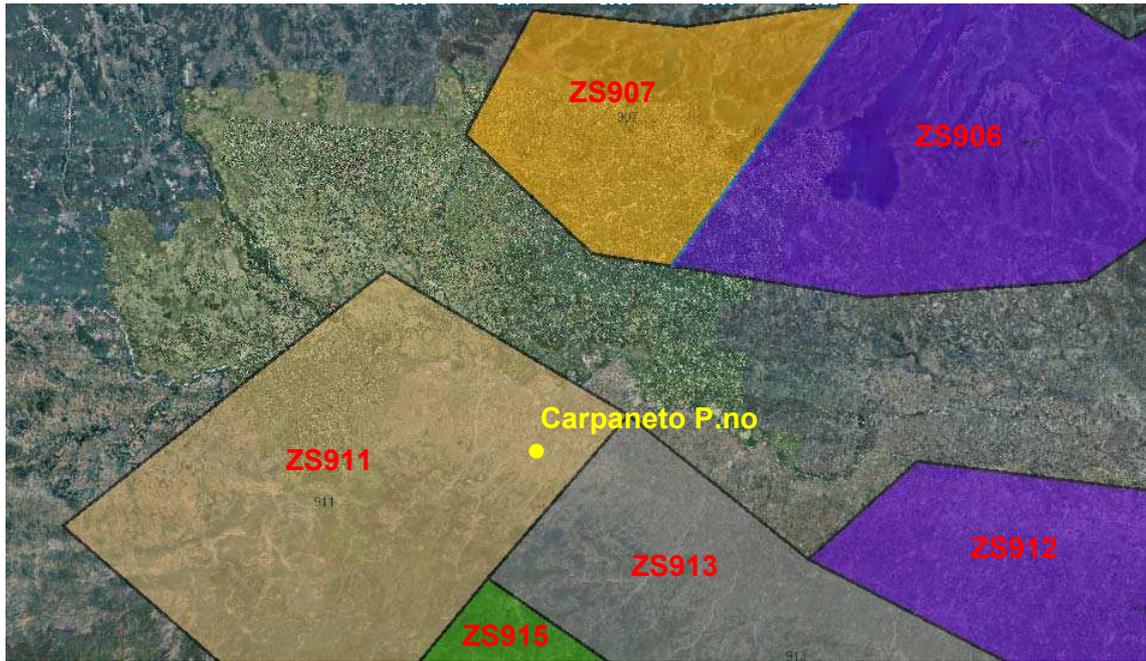


Figura 6 - Zonazione sismogenetica ZS9 – I.N.G.V. 2004

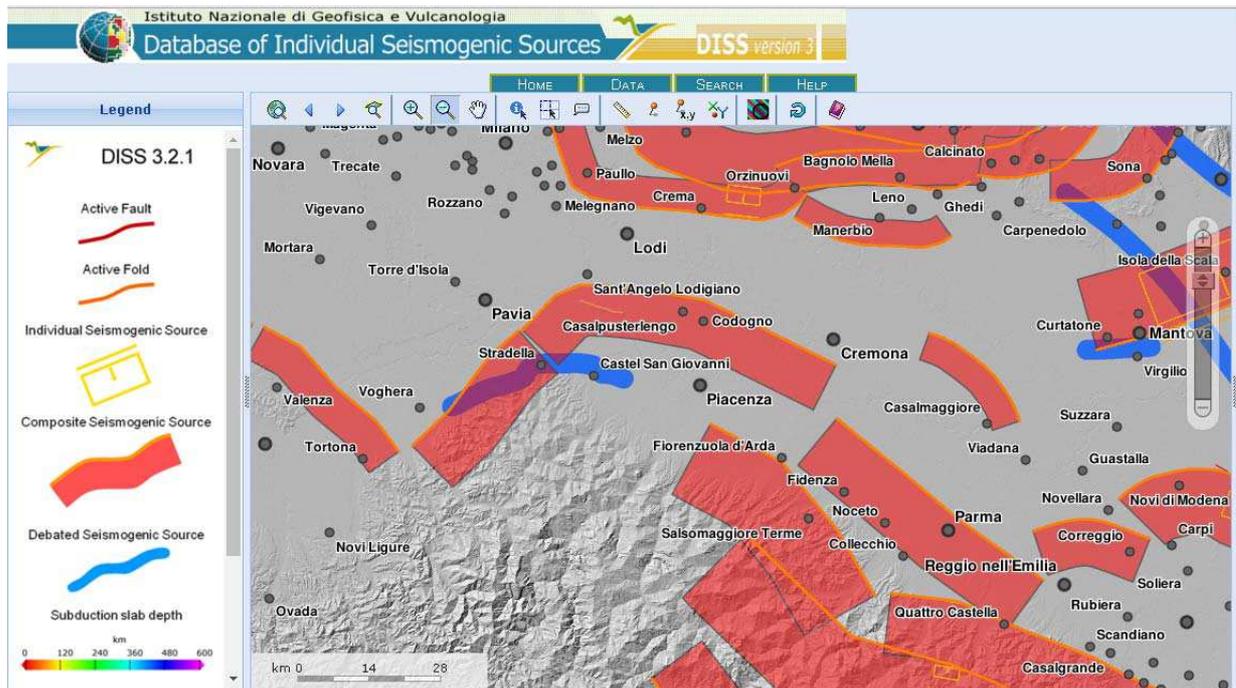


Figura 7 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2.1, rappresentate in colore arancione; in colore blu sono rappresentate le sorgenti

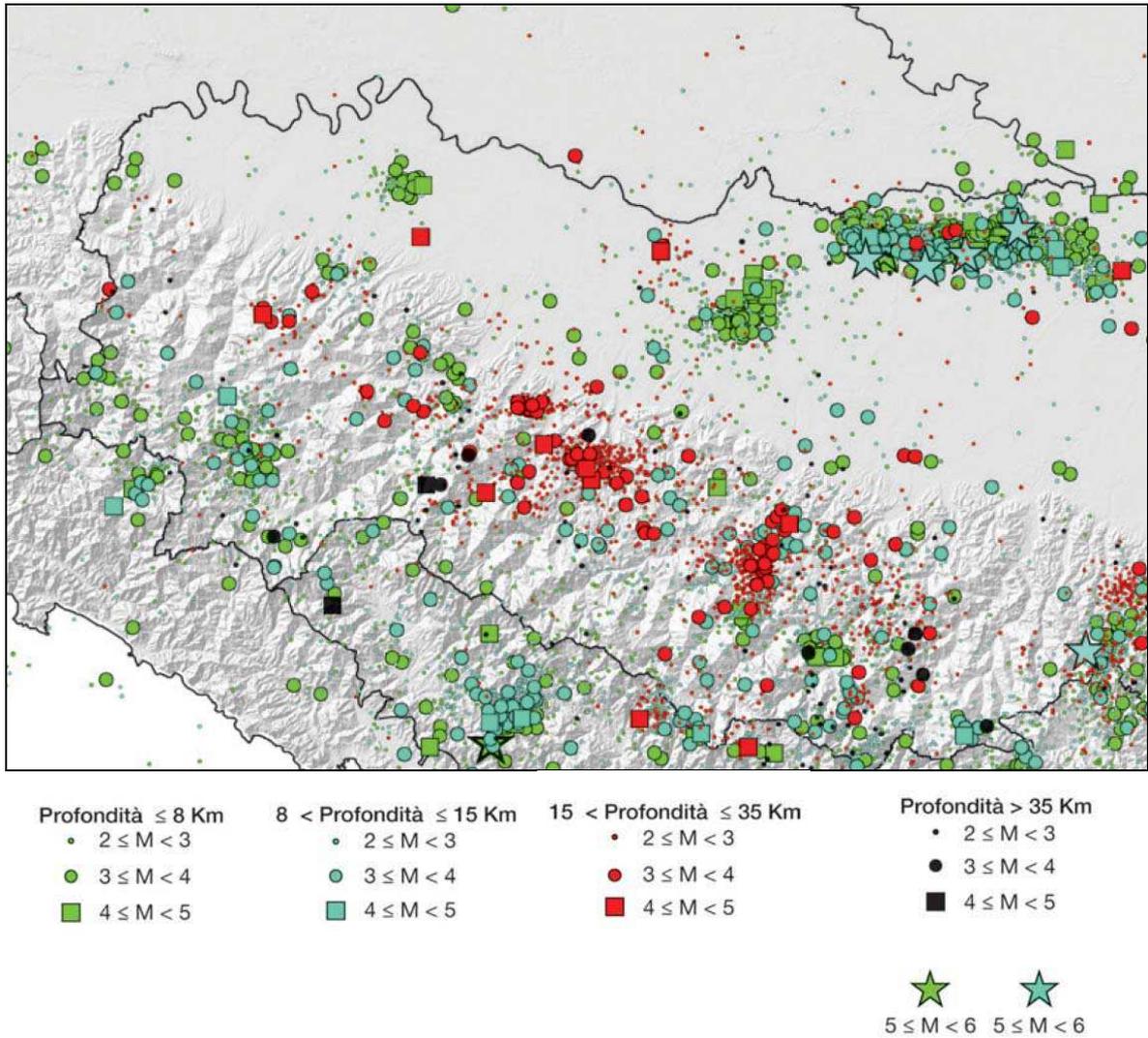


Figura 8 - Mappa dei terremoti strumentali  $M \geq 2$ ; la dimensione del simbolo e proporzionale alla magnitudo, il colore indica la profondità ipocentrale (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

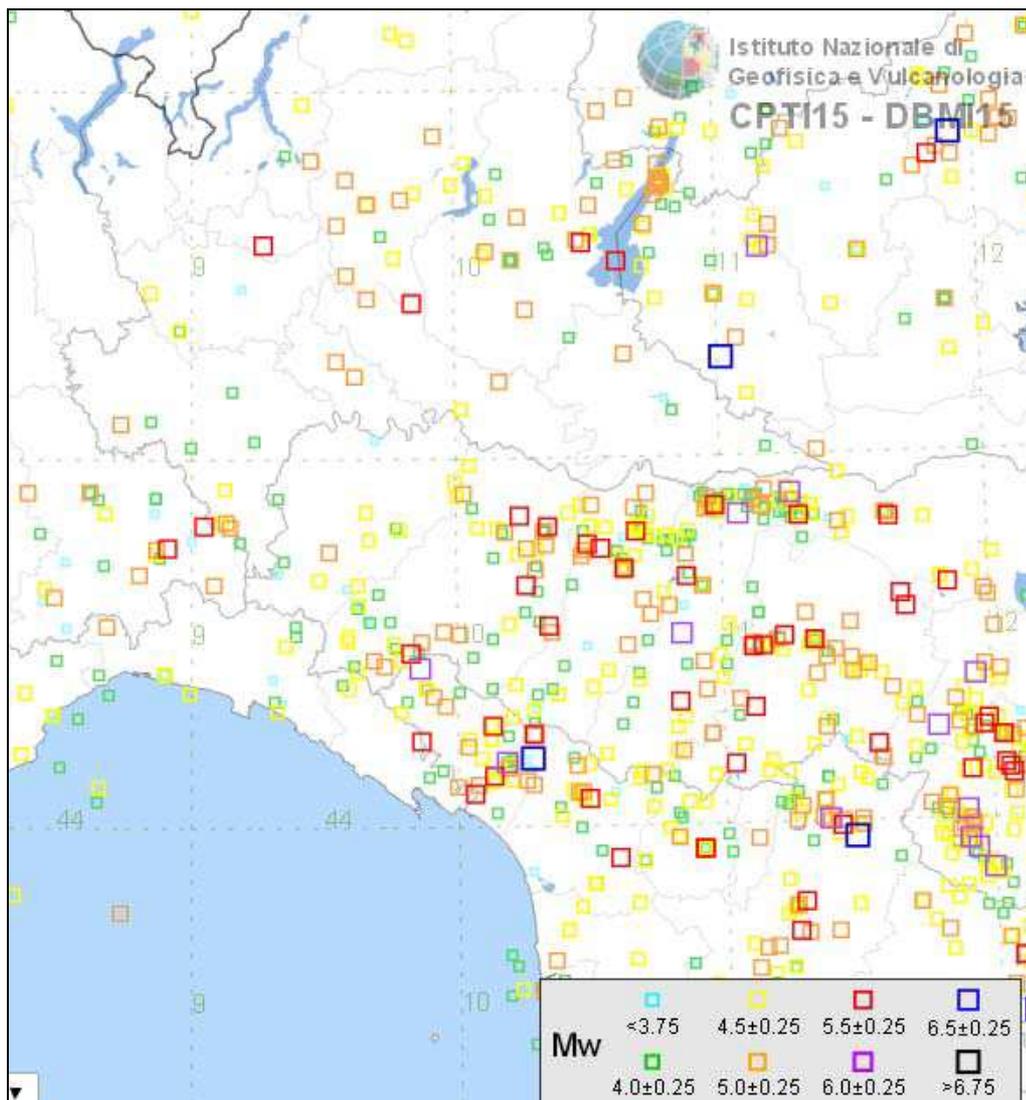


Figura 9 - Distribuzione degli epicentri (anni dal 1000 al 2014) per classi di magnitudo relativa al Catalogo CPT15. Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT15>

## Carpaneto Piacentino

PlaceID IT\_34671  
 Coordinate (lat, lon) 44.915, 9.787  
 Comune (ISTAT 2015) Carpaneto Piacentino  
 Provincia Piacenza  
 Regione Emilia-Romagna  
 Numero di eventi riportati 14

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
3	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37	
NF	1898	03	09	11	43		Romagna settentrionale	68	6	4.59	
3	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5	4.25	
NF	1907	04	25	04	52		Veronese	122	6	4.79	
5	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39	
3	1912	10	01	18	10		Piacenza	23	4	3.70	
5-6	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53	
6	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7	4.57	
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43	
2	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33	
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82	
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40	
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21	
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68	

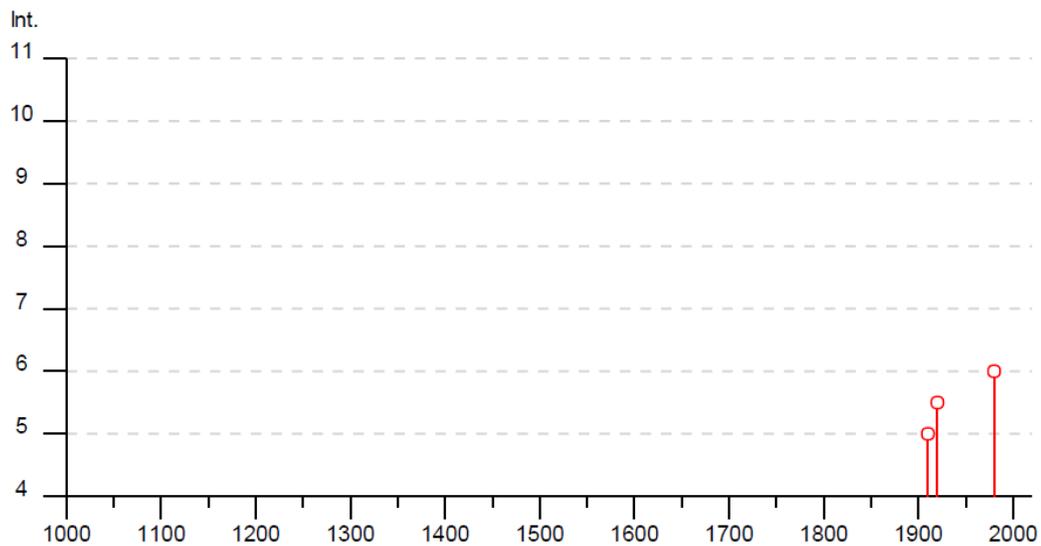


Figura 10 - Principali terremoti storici registrati a Sarmato e relativa intensità macrosismica (fonte INGV).

### 3.5 - Classificazione sismica

La classificazione sismica del territorio regionale, aggiornata con D.G.R. 1164/2018, fa rientrare il Comune di Carpaneto P.no in **zona 3** cioè a sismicità bassa, caratterizzata da valori di  $ag/g$  compresi di 0,05-0,15, dove “ $ag$ ” è l’accelerazione di picco orizzontale al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e “ $g$ ” è l’accelerazione di gravità.

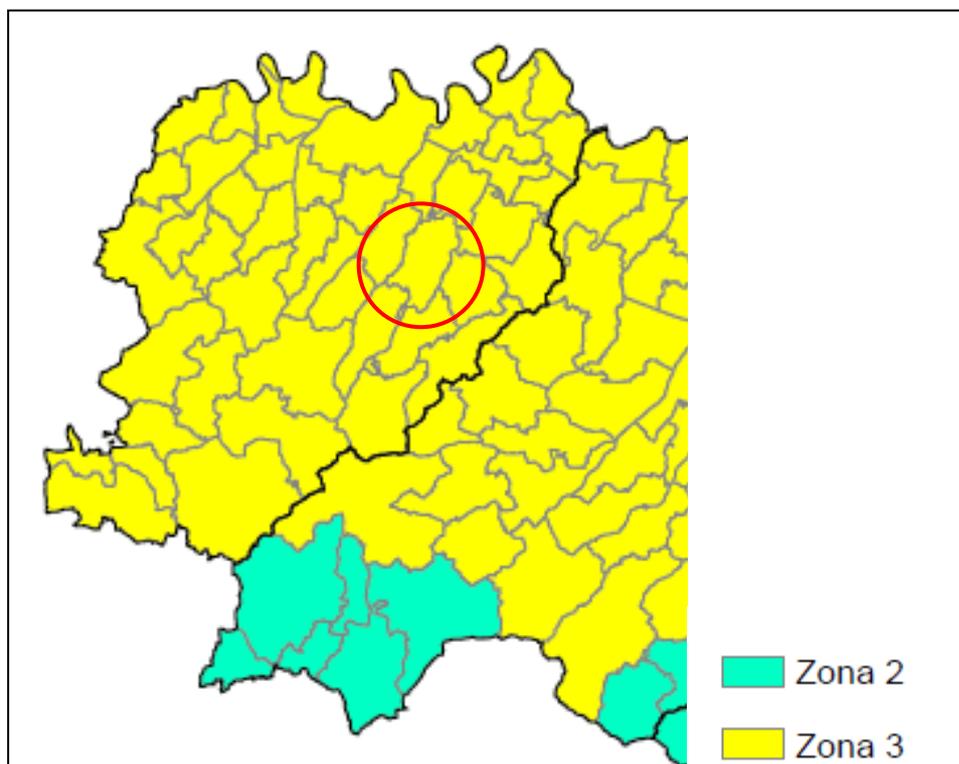


Figura 11 - Classificazione sismica del territorio regionale DGR 1164/2018

### 3.6 - Pericolosità sismica

Per *pericolosità sismica* viene intesa la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito; essa è legata alle caratteristiche sismotettoniche, alle modalità di rilascio dell’energia alla sorgente, al percorso di propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito e alla loro interazione con la geologia e la geomorfologia locale

In questa sede è stata esaminata la “Mappa di pericolosità sismica” allegata all’Ordinanza P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, che aggiorna la precedente approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004.

Come si può osservare dalla distribuzione delle aree a diversa accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) espressa in termini di accelerazione massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (riferita a suoli molto rigidi con  $V_{s30} > 800$  m/s), il Comune di Carpaneto P.no, evidenziato in figura dal cerchio rosso, appartiene alla fascia caratterizzata da valori **0,100-0,125 g**.

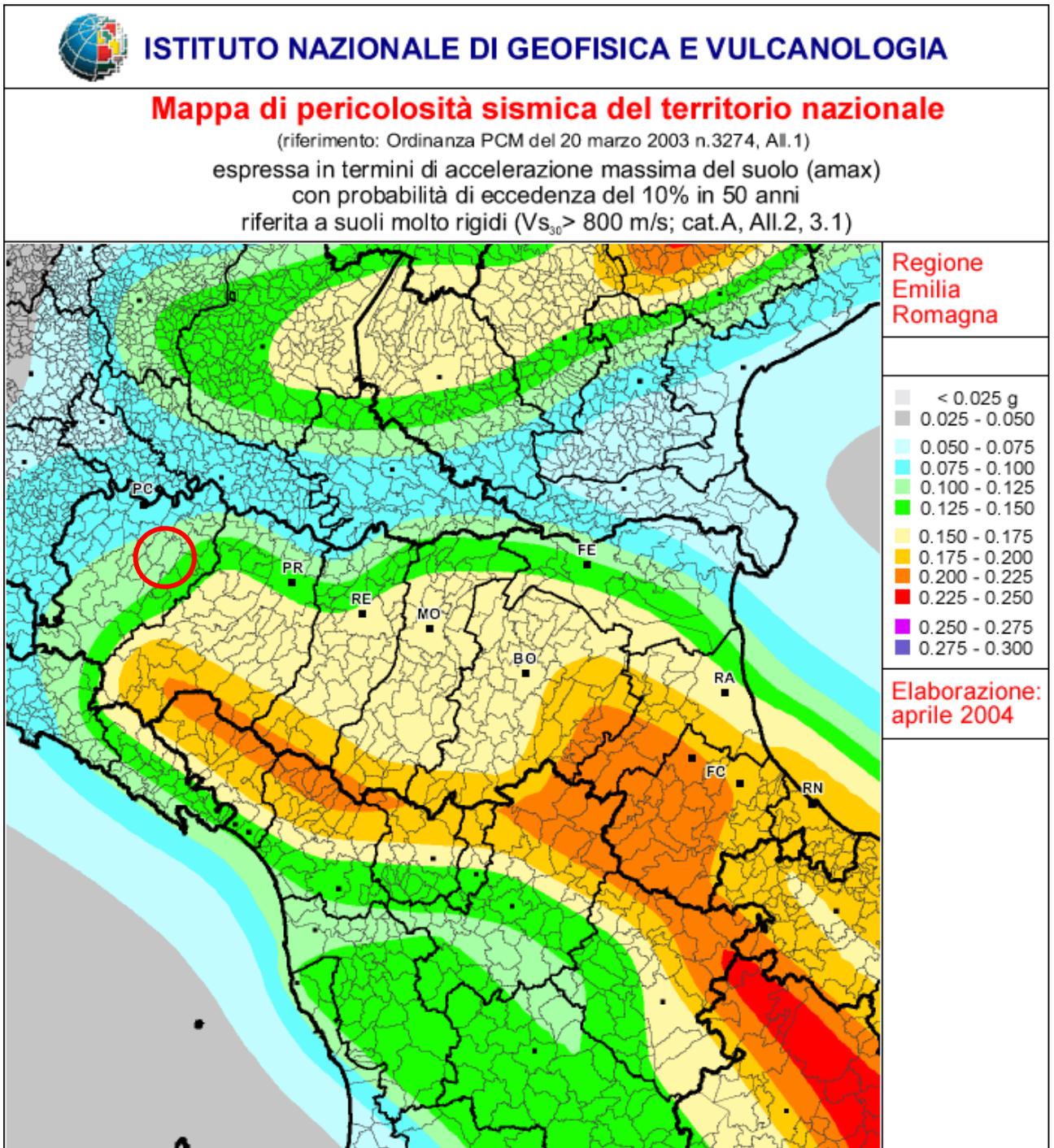


Figura 12 - Mapa di pericolosità sismica in termini di  $a_{max}$  (INGV 2004)

#### **4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

Il territorio del Comune di Carpaneto Piacentino, si sviluppa nella fascia di alta pianura padana al limite del margine collinare appenninico, che contraddistingue il settore meridionale del territorio stesso, risultando compreso tra le quote di m.380 e m. 73 s.l.m.

Le unità rientranti territorio comunale possono essere raggruppate in tre grandi insiemi:

- a) Successione del dominio Ligure è rappresentato da varie Unità tettoniche, i cui depositi comprendono relitti di basamento oceanico e la relativa copertura sedimentaria, depositati antecedentemente alla collisione della placca africana con la placca europea.
- b) Successione post-evaporitica del margine padano – adriatico si tratta di quella serie di unità sedimentati posteriormente alle principali fasi orogenetiche dell'Appennino Settentrionale; hanno carattere trasgressivo-regressivo, con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali;
- c) Depositi quaternari intrappenninici.

Gli affioramenti riferibili al dominio ligure sono limitati ad lembo di ridotte dimensioni al limite meridionale del territorio comunale (Complesso di Case Boscaini, a sud di Badagnano), mentre le unità geologiche interessanti l'area di interesse sono riferibili praticamente al Dominio Padano – adriatico.

Il Dominio Padano - adriatico è rappresentato dalla successione post-evaporitica del margine padano-adriatico che si presenta nel suo complesso come un ciclo sedimentario trasgressivo - regressivo, costituito alla base da depositi continentali, seguiti da depositi francamente marini e con al tetto ancora depositi continentali. Nell'area in esame la successione può essere suddivisa in tre gruppi di unità geologiche separate da importanti superfici di discontinuità stratigrafica e caratterizzate da depositi litologicamente e tessitualmente differenti. Di seguito sono elencate dalla più recente alla più antica:

- Supersistema Emiliano-Romagnolo, equivalente al ciclo Quaternario continentale Qc;
- Supersistema Quaternario Marino, equivalente all'omonimo ciclo Qm;
- Supersistema della Val d'Arda;
- Supersistema Post-evaporitico Argille di Lugagnano, equivalente al ciclo P2.

##### **Supersistema Emiliano-Romagnolo**

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è costituito da depositi di conoide e di piana alluvionale e da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati. In esso sono compresi i depositi conosciuti in

letteratura come “Formazione fluvio-lacustre” e tutti i depositi alluvionali, terrazzati, cartografati nella Carta Geologica d’Italia scala 1:100.000.

All'interno dell’Allogruppo Emiliano-Romagnolo sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, ed un'unità superiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, separate da una superficie di discontinuità stratigrafica.

il Sintema Emiliano-Romagnola Superiore viene suddivisa in cinque allomembri identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta, infatti, di 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 giace in discordanza sull’Allogruppo Quaternario Marino, di età Pliocene superiore ? - Pleistocene inferiore, il quale risulta costituito da terreni parali e marini che si sono depositi al di sopra di un’estesa superficie di discontinuità al termine di un evento di sollevamento tettonico di importanza regionale

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo, affiorante con i suoi terreni più antichi sul margine appenninico padano viene suddiviso in due unità principali, denominate come segue:

- \* Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES
- \* Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI

Queste due unità sono state riconosciute e correlate come sequenze deposizionali su tutta la pianura emiliano-romagnola, utilizzando i profili sismici, i pozzi AGIP ed i sondaggi eseguiti a cura del Servizio Geologico regionale, risultando separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale databile alla fine del Pleistocene inferiore.

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

conseguenza del forte sollevamento regionale prodotto in corrispondenza dell'ETF, si determinano significativi spostamenti verso Nord del margine appenninico e quindi si assiste allo sviluppo di depositi di conoide alluvionale, terrazzati. Quest'ultimi, nel loro insieme, costituiscono l'Alloformazione Emiliano Romagnola Superiore.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), è un'unità alluvionale, terrazzata, costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (depositi di conoide e depositi intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbia e ghiaia nelle aree di interconoide.

L'età complessiva dell'unità è Pleistocene medio - Olocene.

Come riferito in precedenza l'AES risulta suddivisibile in 5 allomembri, affioranti a quote progressivamente decrescenti lungo il margine appenninico; in ordine crescente di età:

- \* Allomembro di Ravenna
- \* Allomembro di Villa Verucchio
- \* Allomembro di Agazzano
- \* Allomembro di Maiatico
- \* Allomembro di Monterlinzana

La stratigrafia dei depositi appartenenti all'AES riferibili al territorio comunale di Carpaneto P.no è descritta di seguito .

#### ***AES8a - Unità di Modena***

Costituisce una distinzione su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, all'interno dell'Allomembro di Ravenna.

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, e di conoide. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Olocene; post IV-VII sec. d.C.

#### ***AES8 - Subsintema di Ravenna***

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi e limi e limi sabbiosi. Depositati di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati e depositi di interconoide rispettivamente. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sul substrato pliocenico e su AES2, AES3 e AES7. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri. Pleistocene superiore - Olocene; post circa 18.000 anni B.P..

#### ***AES7b - Unità di Vignola***

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Il profilo di alterazione presenta uno spessore fino ad 1.5-2.0 m ed è di tipo A/Bw/BC/C e A/Bt/Bck/C. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 m. Pleistocene superiore-Olocene

#### ***AES7a - Unità di Niviano***

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto, raggiunge i 4-5 m di profondità ed è di tipo Btb/Btgb/BCb/Ckb sulle litofacies grossolane e di tipo A/Bw/Bkss e A/Bw/Btc/Bg sulle litofacies fini. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri. Pleistocene superiore

#### ***AES3 - Subsistema di Agazzano***

Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose di colore grigio-nocciola, giallo-rossastro all'alterazione (depositi di conoide alluvionale) e da depositi fini dati da limi stratificati, grigio-nocciola, giallo-ocracei all'alterazione, con subordinati livelli di ghiaie e sabbie (depositi di interconoide). I depositi intravallivi sono spesso terrazzati.

Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto, raggiunge i 6-7 m di profondità ed è di tipo Btb/Btcb/BCb/Ckb/Cb sulle litofacies grossolane e di tipo A/Bw/Bkss sulle litofacies fini. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri contenenti manufatti del Paleolitico medio. Il suo profilo di alterazione è molto evoluto e di tipo A/E/Bt/Btc/Btb/Btcb/Btb/Btcb. Il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità AES1/2 e sulle unità plioceniche. Spessore massimo di circa 25-30 metri. Pleistocene medio

#### ***AES1/2 - Subsistema di Maiatico (AES2) e Subsistema di Monterlinzana (AES1)***

Unità che accorpa AES1 e AES2, difficilmente distinguibili a causa di amalgamazione nei limitati ed isolati affioramenti. E' costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose, localmente cementate, di colore grigio-nocciola, giallo-rossastro all'alterazione (depositi di conoide alluvionale) e da depositi fini costituiti da limi, grigio-nocciola, con livelli di ghiaie e sabbie, localmente cementate (depositi di interconoide).

I depositi intravallivi sono spesso terrazzati. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto, raggiunge i 7-8 m di profondità ed è di tipo Btb/Btcb/BCb/Ckb/Cb sulle litofacies grossolane e di tipo A/Bw/Bkss o di tipo A/E/Bt/Btc/Btb/Btcb/Btb/Btcb sulle litofacies fini. Il contatto di base è generalmente erosivo e discordante sulle unità più antiche (CMZ, ATS, BAD, LUG). Lo spessore è variabile da alcuni metri a 20-30 metri. Pleistocene medio

### **Supersintema del Quaternario Marino**

E' costituito da terreni depositi in ambienti sedimentari di prodelta, piattaforma, fronte deltizio, piana deltizia e di delta-conoide. Affiora in modo pressoché continuo al di sopra delle argille plioceniche e con giacitura costantemente tra N e NE lungo tutta la fascia di raccordo tra l'Appennino e l'alta pianura.

#### ***CMZ - Sintema di Costamezzana***

Unità costituita da corpi metrici lenticolari di ghiaie, raramente gradate, amalgamate con matrice sabbiosa e clasti pelitici anche di grandi dimensioni (metrici), sabbie medie o fini ben selezionate con localmente sviluppo di stratificazione obliqua, laminazione piano-parallela, HCS. Intercalazioni lenticolari di ghiaie fini e medie in matrice sabbiosa. Argille e limi grigio-nerastri fossiliferi e bioturbati, frustoli vegetali. Depositi di fan-delta e di ambienti marino-marginali e continentali. Contatto basale erosivo o netto e discordante su ATS, BAD e il substrato ligure.

Spessore massimo compreso tra i 50 e gli 80 m.

Pleistocene inferiore

#### ***ATS - Sintema del T. Stirone***

Unità limitata alla base da un'importante superficie di discontinuità e costituita da corpi lenticolari metrici ghiaioso-sabbiosi con stratificazione incrociata con base è netta e spesso erosiva, diffusi clay chips. Presenti strati sabbiosi, da tabulari a lenticolari con laminazioni piano-parallele, HCS ed accumuli bioclastici concentrati in livelli sottili. Depositi sabbiosi e sabbioso-siltosi fossiliferi molto bioturbati e con laminazioni incrociate. Limi e limi sabbiosi contenenti frustoli vegetali e macrofossili.

Depositi di fan-delta e di ambienti marino-marginali e continentali. Contatto basale erosivo o netto e discordante su BAD. Spessore variabile compreso tra i 50 e gli 80 m. Pliocene superiore - Pleistocene inf.

### **Supersintema della Val d'Arda**

Corrisponde con la parte sommitale delle Argille di Lugagnano e con la Formazione di Castell'Arquato, costituito da depositi di piattaforma e dei sovrastanti depositi di fronte deltizio associati a depositi marino-marginali e da depositi di prodelta.

#### ***BAD - Sintema di Badagnano***

Unità limitata alla base da un'importante superficie di discontinuità affiorante, comprendente la parte superiore dell'unità litostratigrafica della Formazione di Castell'Arquato. E' costituita da argilliti e siltiti bioturbate, livelli conglomeratici, localmente gradati, e arenarie in strati tabulari e lenticolari, spesso amalgamati con laminazioni tipo hummocky; strutture da

sfuggita d'acqua e intensa bioturbazione. Presenti interstrati pelitici discontinui, spesso erosi e ridotti in brandelli (clay chips) e livelli sottili e cementati di conglomerati con diffusi bioclasti. Depositi di fronte deltizio e di prodelta, associati a depositi marino-marginali e di piattaforma s.l.. Contatto netto ed erosivo su MTG e MTZ. Spessore massimo di circa 80-90 m. Pliocene medio-superiore.

### ***KER – Sintema del Torrente Chero***

Unità costituita da depositi prevalentemente siltitico-arenitici di piattaforma. La base coincide con un'importante superficie di discontinuità che ha una chiara evidenza sia in superficie (corrisponde al contatto netto tra le argille di mare relativamente profondo e i depositi arenitici di piattaforma, sia nelle immagini di sottosuolo. Corrispondente alla parte superiore delle Argille di Lugagnano Auctt. ed alla parte inferiore dell'unità litostratigrafica della Formazione di Castell'Arquato Auctt. Suddivisa in due subsistemi distinti sulla base della diversa organizzazione dei sistemi deposizionali e del riconoscimento di superfici di discontinuità di ordine gerarchico inferiore. Pliocene inferiore-medio

#### **KER2 - Subsintema di Monte Giogo**

Depositi pelitici e siltosi bioturbati e fossiliferi a cui si intercalano tre corpi tabulari calcarenitici, spessi fino a una decina di metri e con stratificazione incrociata, ben cementati, composti da resti di alghe, bivalvi, gasteropodi ed echinodermi. Depositi di piattaforma. Corrisponde alla parte inferiore della Formazione di Castell'Arquato Auctt. Contatto basale netto su KER1. Spessore circa 100-120 m. Spessore massimo nel sottosuolo circa 300 m. Pliocene medio

#### **KER1 - Subsintema di Montezago**

Areniti fini e siltiti grigie bioturbate e fossilifere, in strati tabulari, spesso amalgamati; locali livelli conglomeratici ed accumuli bioclastici. Depositi di piattaforma. Corrisponde con la porzione superiore delle Argille di Lugagnano Auctt. e la porzione basale della Formazione di Castell'Arquato Auctt. Spessore massimo circa 200 m. Spessore massimo nel sottosuolo circa 300 m. Pliocene inferiore-medio

KER1b - litozona superiore di Montezago Argille e siltiti bioturbate. Spessore massimo di 150 m.

KER1a - litozona inferiore di Montezago Depositi arenitici massivi, localmente conglomeratici e bioclastici, intercalazioni pelitiche. Spessore massimo circa 50 m

### **Successioni del dominio ligure**

**CCB – Complesso di Case Boscaini.** Appartenente all'unità tettonica Grotta, affiora al limite meridionale del territorio comunale, è costituita da breccie matrice-sostenute a

prevalenti clasti calcilutitici chiari tipo palombino ben arrotondati, in matrice argillosa o siltosa grigia, più rari clasti di biocalcareni giallo ocra e areniti grigio scure. Sono associati: brecce a matrice argillosa con prevalenti olistoliti ofiolitici di dimensioni fino a decine di metri cubi (bo); dolomie e dolomie calcaree (dc); ofioliti (of); brecce poligeniche costituite da inclusi prevalentemente calcarei (bp1); serpentiniti brecciate ( $\Sigma$ ); torbiditi calcareo-marnose (CCBcm); Calcari a calpionelle (CCL); diaspri (DSD). Campaniano?

### **Depositi quaternari continentali**

#### **a1 - Deposito di frana attiva**

#### **a2 - Deposito di frana quiescente**

#### **a3 - Deposito di versante s.l.**

#### **a4 - Deposito eluvio-colluviale**

#### **b1 – Depositi alluvionali in evoluzione**

##### **a1 - Deposito di frana attiva**

Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto o recenti, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente, che è stato generalmente indicato (dove non specificato, il tipo movimento è indeterminato). La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in un'abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.

##### **a1a: Deposito di frana per crollo e/o ribaltamento**

Deposito originato da distacco di rocce litoidi da un pendio acclive e messo in posto con processi di caduta libera, rimbalzo e rotolamento di ciottoli e massi. L'accumulo detritico è costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm<sup>3</sup> e decine di m<sup>3</sup>, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica a luoghi alterata e pedogenizzata. E' caratteristica la riattivazione improvvisa e la estrema velocità del movimento.

##### **a1b: Deposito di frana per scorrimento**

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

##### **a1d: Deposito di frana per colata**

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e

generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

**a1g: Deposito di frana complessa**

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

**a2 - Deposito di frana quiescente**

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti ma con possibilità di riattivazione, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente, che è stato generalmente indicato (dove non specificato, il tipo movimento è indeterminato). La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in un'abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa

**a2b: Deposito di frana per scivolamento** (descrizione analoga a a1b)

**a2d: Deposito di frana per colamento lento** (descrizione analoga a a1d)

**a2e: Deposito di frana per colamento rapido** (descrizione analoga a a1d)

**a3 - Deposito di versante s.l.**

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

**a4 - Deposito eluvio-colluviale**

Coltre di materiale detritico, generalmente fine (sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione in situ o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.

**b1 – Depositi alluvionali in evoluzione**

Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (b1a).

Dal punto di vista geomorfologico, nel territorio comunale di Carpaneto P.no si distinguono due macro unità, rappresentate dall'ambiente della zona pedecollinare appenninica nel settore meridionale e dall'ambiente di pianura alluvionale a centro-nord.

Il settore meridionale del territorio in esame, mostra i tipici lineamenti del paesaggio di bassa collina, situato in prossimità del margine collinare appenninico, modellato in terreni marini del Pliocene superiore, ricoperti dai depositi alluvionali Pleistocenici, costituenti paleosuperfici in stato di più o meno avanzata alterazione.

Tali superfici risultano profondamente incise e smembrate dall'azione erosiva dei corsi d'acqua, che hanno finito per suddividerle in tanti costoni a sommità più o meno pianeggiante, delimitati lateralmente da scarpate di erosione fluviale anche terrazzate, il cui angolo di declivio naturale è strettamente connesso alla natura e alla degradabilità dei materiali che le compongono.

Localmente sono segnalati tratti di scarpate morfologiche principali, di altezza superiore a 20 m., presentanti indizi inequivocabili di arretramento, a causa di fenomeni di erosione regressiva, favoriti dall'elevata erodibilità delle formazioni sabbiose marine in cui sono formate, dall'inadeguata regimazione delle acque meteoriche, e dall'intervento antropico, sottoforma di disboscamenti.

Tra le varie manifestazioni di tipo esogeno sono state cartografate si menzionano i dissesti geomorfologici, che si evidenziano sotto forma di frane, colate, smottamenti ed erosioni superficiali, mentre tra quelle di tipo endogeno si citano le dislocazioni tettoniche attive (talora responsabili dei terremoti), quali faglie, sovrascorrimenti, ecc..

Tra i fattori morfologici fondamentali nella costruzione del paesaggio appenninico rientrano i fenomeni gravitativi, che in sinergia con l'azione dell'acqua, generano movimenti franosi, sottoforma di colate o smottamenti, generalmente di modesta entità.

Si segnalano, altresì, superfici relativamente estese occupate da movimenti franosi quiescenti o da depositi detritici di versante, con ogni probabilità sviluppatasi in diverso contesto climatico rispetto all'attuale.

La fascia di pianura, che si è formata con il contributo del materiale eroso e trasportato dai corsi d'acqua appenninici, può essere schematicamente suddivisa in due fasce principali, in base anche alla distribuzione granulometrica dei sedimenti, disposte parallelamente al margine appenninico :

- fascia di alta pianura;
- fascia di media pianura.

La pianura presenta nel complesso una lieve immersione da SSO a NNE, con pendenze più accentuate nelle zone apicali delle conoidi alluvionali dei corsi d'acqua principali, in particolare del T. Chero, dove si riscontrano pendenze comprese tra 1,2÷2,0 %.

La sedimentazione, legata all'idrografia, modella la pianura e definisce la morfologia della stessa; lungo le aste fluviali la velocità delle acque si riduce progressivamente dall'apice della conoide a valle, influenzando di conseguenza la capacità di trasporto del corso d'acqua, e portando, nello stesso senso, a una diminuzione della granulometria dei depositi.

L'alta pianura è caratterizzata, in prevalenza, da alluvioni prevalentemente ghiaiose, organizzate in diversi ordini di terrazzi correlabili con le cicliche variazioni climatiche quaternarie; i corsi d'acqua sono costituiti da ampi materassi alluvionali che presentano una morfologia a "canali anastomizzati".

Più a valle, nella media pianura alluvionale, si rinvengono depositi con granulometrie eterogenee, per lo più fini, presentanti uno spessore variabile con alternanze a geometria lentiforme di argille di decantazione, siltiti e sabbie fini di trascinamento, sabbie e ghiaie, localizzate lungo i tracciati dei paleoalvei. I passaggi laterali di facies sono frequenti e netti, mentre i corsi d'acqua corrono principalmente incassati nella pianura circostante.

La rete idrografica principale e secondaria è caratterizzata da un orientamento complessivamente perpendicolare all'asse di rilievo (dorsale appenninica), con sottobacini stretti e lunghi corrispondenti ai principali torrenti e fiumi, che presentano percorsi subparalleli.; infatti lo schema strutturale insiste su una disposizione dei gruppi geostutturali con un'orientazione ESE-WNW, mentre quello dei corsi d'acqua è SSW-NNE.

Tra le forme paleofluviali rinvenibili nel territorio comunale, rientrano le tracce di idrografia abbandonata individuabili sia nelle zone pianeggianti (in questo scarsamente visibili) sia in rilievo (dossi fluviali), probabilmente attribuibili o ad antichi percorsi fluviali, con caratteristiche geometriche sovradimensionate rispetto a quelle attuali, o ad idrografia secondaria di età più recente.

Nel complesso i dissesti interessanti l'area di studio si collocano nella porzione collinare dell'area comunale, l'estensione delle aree coinvolte, comprendendo i detriti di versante, le frane attive e le frane quiescenti assommano a circa 90 ha, che, rappresentano circa il 6% del settore collinare e circa 1,7 % dell'intero territorio comunale.

Per quanto riguarda i detriti di versante, la loro pericolosità potenziale può essere paragonata a quella delle paleofrane, in quanto potrebbero innescarsi movimenti gravitativi, tendenzialmente di carattere lento, in caso di elevata imbibizione delle masse o in concomitanza di eventi sismici.

#### **4.1 - Assetto idrogeologico**

Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale di Carpaneto P.no si caratterizza per la presenza di tre settori : il settore di media pianura, di alta pianura e di conoide pedemontana.

Nella zona di "Alta Pianura", corrispondente ai settori apicali e intermedi della fascia delle "conoide" pedeappenniniche, la distribuzione degli orizzonti acquiferi risulta estremamente irregolare, caratterizzata dalla presenza di corpi ghiaiosi lenticolari e discontinui, identificabili con paleoalvei dei corsi d'acqua; le maggiori concentrazioni di orizzonti acquiferi pertanto si riscontrano lungo gli assi deposizionali e nelle fasce di coalescenza delle conoidi, per cui le disponibilità idriche più elevate si riscontrano in corrispondenza dell'apparato sedimentario del T.Chero, del T.Riglio, e soprattutto della zona di giustapposizione o sovrapposizione delle due conoidi.

Nella porzione settentrionale, corrispondente al settore di "Media Pianura", dove l'estrema propaggine della conoide del T.Chero si sfrangia entro la fascia transizionale di una diversa struttura acquifera, la sedimentazione distale del corso d'acqua assume caratteristiche granulometriche via via più fini, con graduale diminuzione della permeabilità, che determina valori di soggiacenza della falda freatica molto prossimi alla superficie topografica, con evidenti fenomeni di emergenza noti col nome di "risorgive".

Tali manifestazioni, che si riscontrano in località Zappellazzo di sopra, hanno la loro origine nel progressivo peggioramento delle condizioni di permeabilità dei depositi alluvionali, al passaggio dalla zona mediana a quella distale della conoide del T. Chero, dove i corpi permeabili tendono a chiudersi progressivamente e quindi ad opporsi alla circolazione delle acque sotterranee provocandone il rigurgito e quindi la risalita verso l'alto.

Il settore indicato come "conoide pedemontana" corrisponde ai depositi di conoide coinvolti nel sollevamento strutturale della catena appenninica, presenti lungo il margine pedeappenninico e interessati da evidenti fenomeni di terrazzamento, rappresentati da sedimenti di natura ghiaiosa, sabbiosa, limosa o argillosa che costituiscono il substrato del sistema dei terrazzi pedecollinari.

Le acque sotterranee costituiscono falde generalmente sospese, talora effimere, ospitate in lenti ghiaioso-sabbiose confinate entro i depositi più cementati e meno permeabili; tali acquiferi alimentano pozzi idrici di modeste portate e locali fenomeni sorgentizi lungo le principali scarpate (sorgenti di terrazzo).

In riferimento agli studi contenuti nel Quadro Conoscitivo del PSC, rappresentati nella "Carta Idrogeologica" riportata in Figura 13, la porzione di territorio comunale impostata sui depositi di conoide è suddivisibile in quattro settori contrassegnati da valori di soggiacenza compresi rispettivamente tra:

- 0-2 m. - comprendente il settore nord-orientale del territorio comunale, ed alcuni settori posti a monte dell'abitato di Carpaneto;
- 2-4 m. - costituente un'ampia fascia di transizione tra il settore precedente e il successivo, collocata immediatamente a Nord della ferrovia MI-BO;
- 4-6 m. - esteso praticamente a tutta la porzione meridionale della zona di alta pianura prossima ai pianalti antichi terrazzati, ed al lembo nord-occidentale prossimo al corso del T. Riglio.

L'andamento della superficie piezometrica risulta abbastanza regolare, con gradiente decrescente da monte verso valle; nei settori intravallivi, si riscontra un gradiente variabile tra 0,02÷0,03%, per scendere al 0,01 % all'altezza dell'abitato di Carpaneto, e stabilizzarsi intorno al 0,006 % nel settore settentrionale del territorio comunale.

La direzione di deflusso, avente orientamento prevalente verso N-NE, si presenta divergente rispetto il corso del T. Chero, che assume una funzione alimentante della falda freatica; locali assi di drenaggio risultano ubicati in corrispondenza del corso del T. Vezzeno, che quindi esercita un'azione di drenaggio rispetto la pianura adiacente, ed una fascia compresa tra il T. Chero ed il Rio Rimore, probabilmente connessa a qualche palealveo con azione di richiamo.

Le irregolarità del suo andamento sono attribuibili a locali variazioni della trasmissività dei depositi alluvionali costituenti la struttura idrogeologica, che, come più sopra anticipato, si presenta irregolare e discontinua.

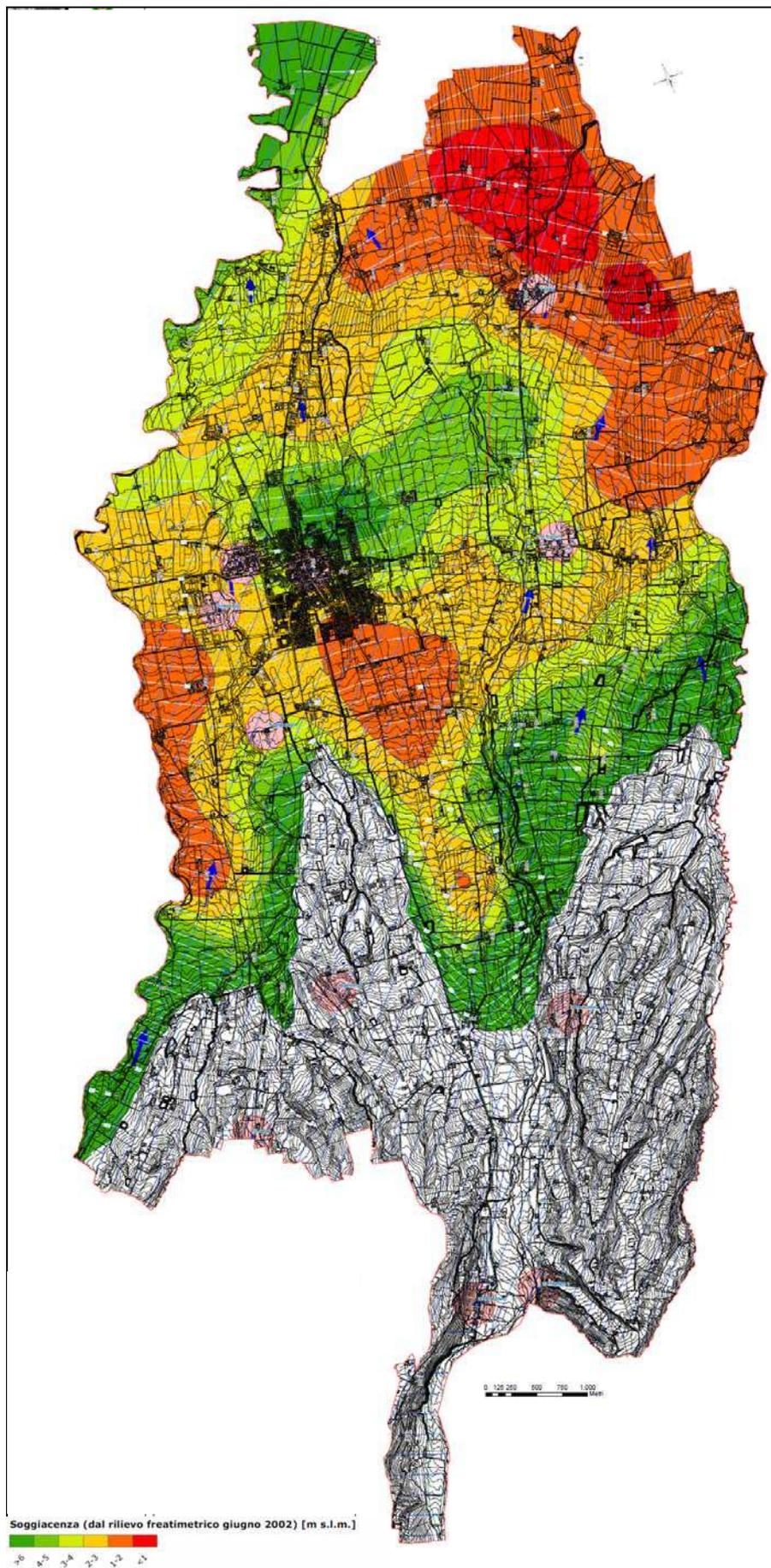


Figura 13 - Carta Idrogeologica – Tav.QC2.1.3 del PSC

## 5 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per quanto riguarda le indagini geognostiche e geofisiche pregresse, è stata operata una ricerca presso l'Ufficio Tecnico comunale esaminando le documentazioni delle indagini geognostiche disponibili, che vanno ad aggiungersi alla Banca Dati Geognostica fornita dal Servizio Geologico Regionale.

Ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine comprendente :

- n° 26 misurazioni di rumore sismico a stazione singola distribuite nell'ambito del territorio urbanizzato e urbanizzabile.
- n° 11 prospezioni sismiche ReMi (Refraction Microtremor) finalizzate alla definizione dei profili di Vs.

I dati a disposizione, rappresentati nella cartografia in scala 1:10.000 allegata (Tav. 1) risultano concentrati nelle aree urbanizzate del territorio comunale.

*Tabella 1 - Indagini geognostiche e geofisiche disponibili*

Tipologia	Archivio comunale	Database RER	Indagini MS	Archivio ISPRA	Totale
Prove penetrometriche dinamiche leggere DL	20	17			37
Prove penetrometriche superpesante DS	42	4			46
Prove penetrometriche statiche CPT	49				49
Sondaggi geognostici a carotaggio continuo	1	2			3
Trincee esplorative	2	3			5
Pozzi idrici		158		47	205
Pozzi idrocarburi		2			2
Prove REMI	9		11		20
Prove MASW	17				17
Prove HVSR	1		26		27

Le misure HVSR sono state condotte utilizzando un sismometro a stazione singola in grado di registrare, attraverso dei velocimetri, i microtremori lungo strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V.

L'elaborazione del microtremore misurato, fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970), risultando efficace per la stima delle frequenze fondamentali di risonanza  $f_r$  del sottosuolo  $f_r = V_s/4*H$  con H = spessore dello strato. Queste indagini prevedono misure puntuali e speditive da cui è possibile ricavare indirettamente informazioni sulla profondità dei riflettori sismici avendo a disposizione punti di controllo di taratura (dati geognostici e geofisici). Forniscono, pertanto, un ulteriore supporto all'interpretazione stratigrafica ed alla stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di sottosuolo

investigato. Inoltre, consentono la stima delle frequenze di vibrazione del terreno e una preliminare analisi delle possibili “doppie risonanze” con i manufatti di progetto. L'acquisizione dati è avvenuta attraverso registrazioni della durata di 20 minuti e passo di campionamento pari a 172 Hz.

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) in cui possono essere individuati gli eventuali picchi di frequenza caratteristici (cfr. Fig. 14).

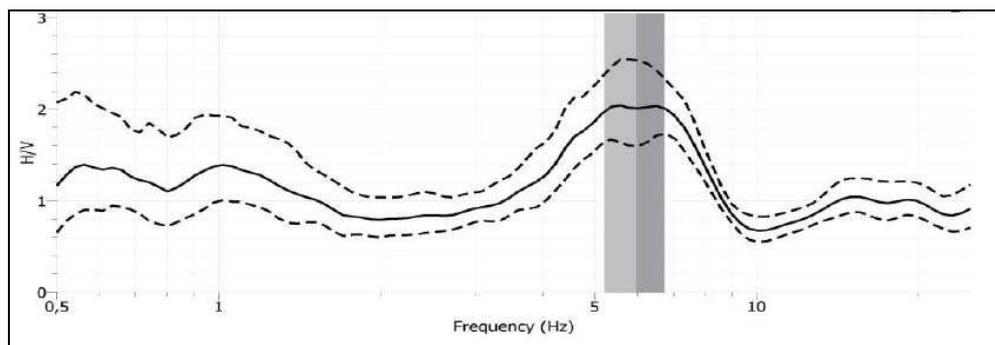


Figura 14 - Esempio di curva H/V della prova 033013P5

Ad integrazione delle indagini geofisiche disponibili sono state effettuate n°10 prospezioni sismiche impiegando la tecnica REMI (n°11), impiegando sismografo digitale ed impiegando n°24 geofoni da 4,5 Hz., per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali ( $V_s$ ), utili per la caratterizzazione sismica e per l'elaborazione della micro zonazione semplificata.

Le indagini geofisiche effettuate, oltre a quelle di repertorio disponibili per questo lavoro permettono un ulteriore affinamento delle conoscenze di sottosuolo, consentendo in primo luogo l'elaborazione della microzonazione semplificata.

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).

## 6 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il Comune di Carpaneto P.no ricade in corrispondenza del margine appenninico-padano, cioè nella fascia di transizione tra i primi rilievi appenninici ed il settore pedemontano della Pianura Padana, per cui sono individuabili ambiti geologici molto differenti da nord a sud.

Il settore pedemontano corrispondente ai depositi di conoide coinvolti nel sollevamento strutturale della catena appenninica, presenti lungo il margine pedeappenninico e interessati da evidenti fenomeni di terrazzamento, costituiti da depositi alluvionali Pleistocenici di natura

ghiaiosa, sabbiosa, limosa o argillosa, ricoprenti sedimenti marini del Pliocene superiore, profondamente incise e smembrate dall'azione erosiva dei corsi d'acqua.

Il settore centrale del territorio comunale, riferibile al settore di "Alta Pianura", corrisponde ai settori apicali e intermedi della fascia delle "conoidi" pedeappenniniche del T.Chero e del T.Riglio, caratterizzata dalla presenza di corpi ghiaiosi lenticolari e discontinui, alternati con lenti limoso-argillose.

Nel settore settentrionale, lungo l'allineamento Zena-Chero, corrispondente al settore distale delle conoidi appenniniche, il materasso alluvionale assume spessore sempre più elevato, con prevalenza di sedimentazione fine intercalata da depositi ghiaiosi lenticolari.

Per una migliore comprensione del modello geologico locale, è stato possibile fare riferimento alle sezioni geologiche e sismiche interpretate, orientate trasversalmente ai principali elementi strutturali (cfr. rappresentazione planimetrica della traccia riportata in Fig. 15), derivate dalle elaborazioni del Servizio Geologico RER (riportate nelle figure Fig. 16-18).

L'esame delle stesse consente di valutare come la base del primo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore - SERS) si collochi a profondità crescenti da circa 20-30 m da p.c nella zona apicale della conoide (zona di Badagnano) a oltre 100 m da p.c. nel settore nord (zona Zena-Chero); il secondo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore- SERI) si riscontra fino a profondità di circa 160 m al limite nord del territorio comunale, per assottigliarsi fino a scomparire nel settore di Badagnano.

Nell'ambito dei depositi alluvionali sia di conoide che dei depositi antichi dei pianalti pedeappenninici, si possono riscontrare orizzonti ghiaiosi localmente conglomeratici, che determinano significativi contrasti di impedenza rispetto ai sedimenti alluvionali in cui sono inseriti.

Al di sotto dei depositi alluvionali il substrato marino pleistocenico è sempre costituito dal Sintema di Costamezzana, costituito da depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi in alternanza con depositi fini, tipici di ambiente marino-marginale e fluvio-deltizio, che si riscontrano in affioramento lungo le incisioni dei principali rii della fascia pedemontana.

A sua volta l'Unità di Costamezzana risulta sovrapposta con contatto basale erosivo o netto e discordante su ATS, BAD ed il substrato ligure, affioranti nel settore meridionale del territorio comunale, lungo l'incisione del Torrente Chero.

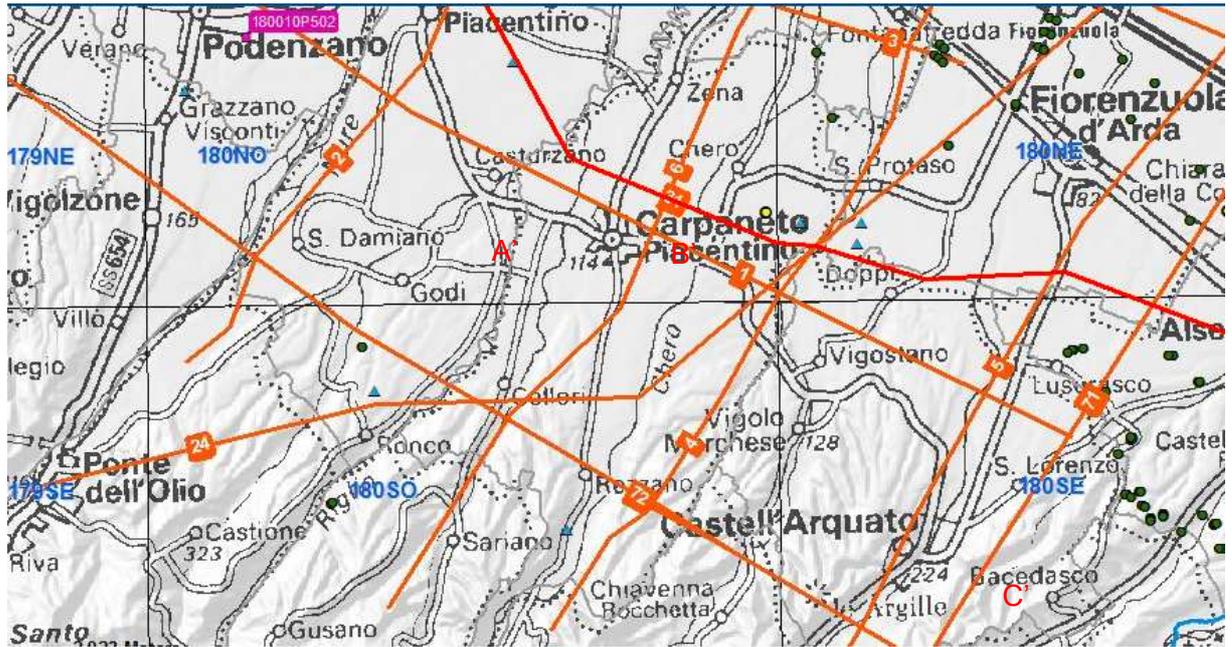


Figura 15 - Estratto Carta idrologica-idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi – Quadro Conoscitivo PSC

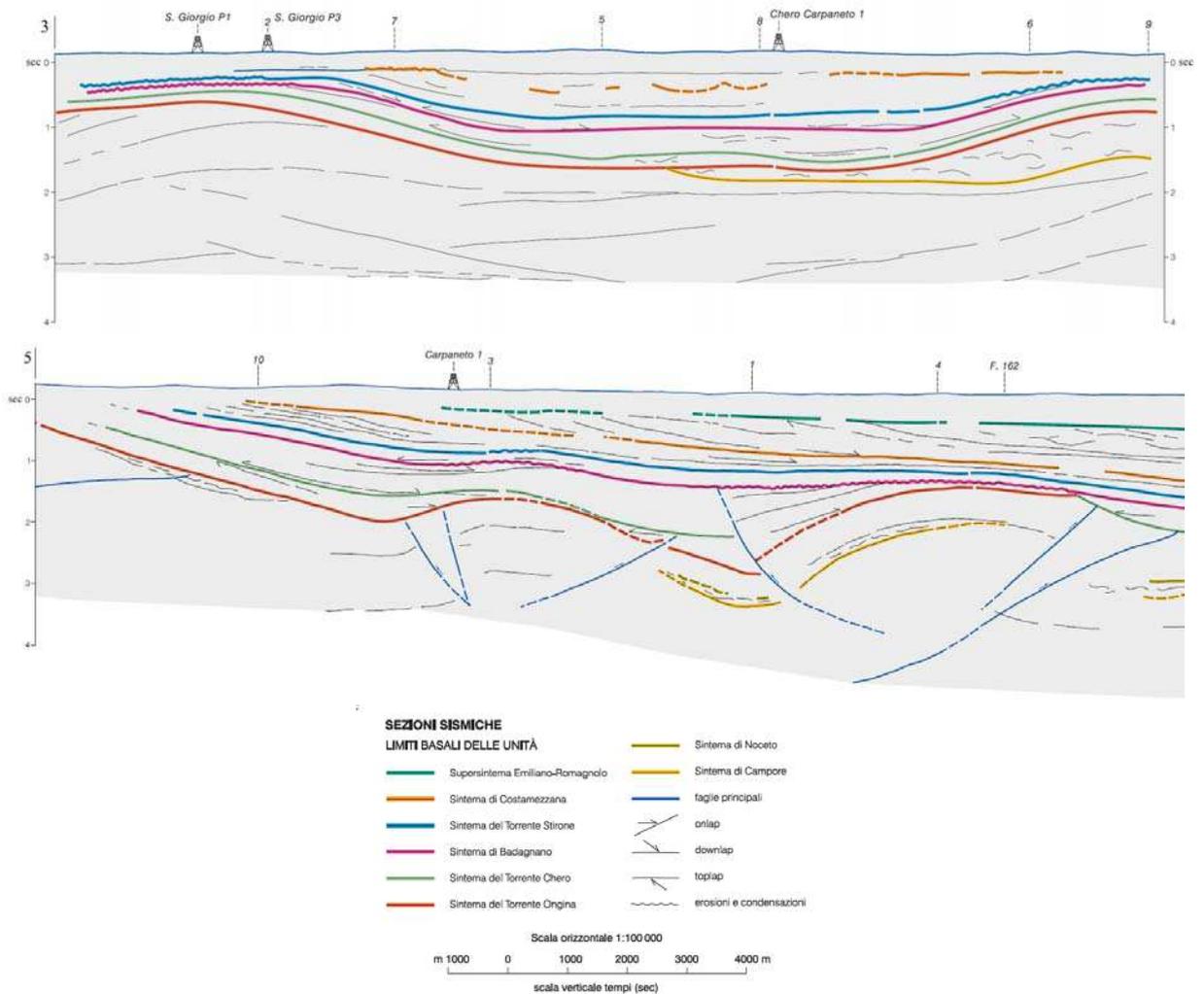


Figura 16 - Sezioni sismiche nterpretate n. 1 e 6 – Servizio Geologico RER

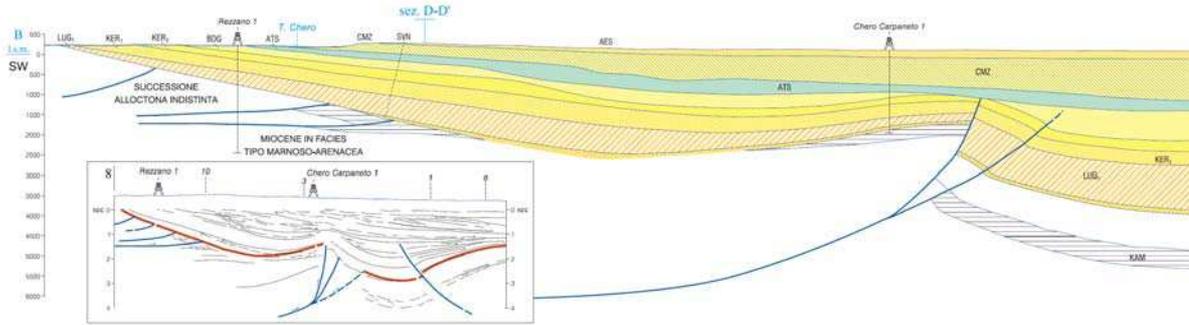


Figura 17 - Sezione geologica n.4 - – Servizio Geologico RER

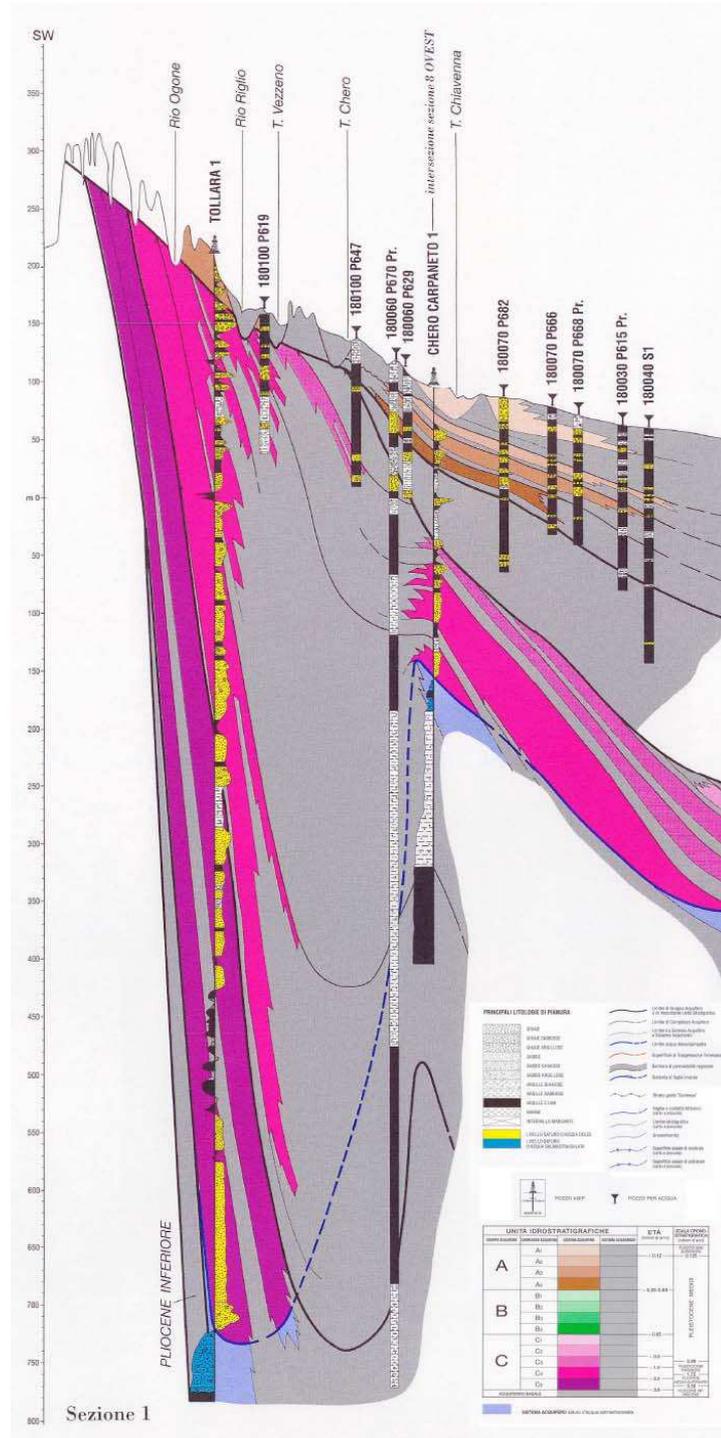


Figura 18 - Sezione geologica n.24 –Progetto Riserve Idriche Sotterranee – Servizio Geologico RER

## **7 INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE**

La caratterizzazione sismica del territorio comunale di Carpaneto P.no, pur tenendo conto della discreta uniformità dei risultati delle prove geofisiche di archivio e di nuova esecuzione, avrebbe potuto raggiungere una maggiore definizione disponendo di un numero più elevato di dati geofisici.

L'interpretazione delle indagini geofisiche, inoltre, risulta affetta da un grado di soggettività, che, in alcuni casi, in riferimento all'utilizzo delle indagini di archivio, non consente una precisa correlazione tra prove eseguite da tecnici diversi.

Per quanto riguarda i dati stratigrafici derivanti dalle schede dei pozzi idrici perforati risultano notoriamente non accurati, sia per la modalità di perforazione impiegata (generalmente si tratta di perforazioni a distruzione di nucleo) sia per l'interpretazione spesso sommaria dei dati di perforazione, in particolare dei limiti degli orizzonti stratigrafici e delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti.

I risultati della modellazione effettuata, che sono condizionati dalla qualità delle informazioni stratigrafiche e sulle caratteristiche geotecniche e sismiche, non devono essere considerati come valori assoluti, ma solo come indicatori della possibilità che si manifestino fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico in tutto il territorio comunale.

In sede di progettazione dei futuri interventi edilizi dovranno pertanto essere eseguite specifiche valutazioni della locale amplificazione sismica sulla base di indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio.

## 8 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, relativamente agli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica, ovvero il 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 e dell'integrazione dei dati dei profili di Vs disponibili.

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, classificandole 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  $0,2 \div 20$  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.

La seconda fase del lavoro ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la Microzonazione Sismica del territorio indagato; in questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S:** in cui sono ubicati tutti i punti di misura di Vs con indicazione, per ogni punto misura, del valore di  $V_{SH}$  (m/s) e H (m), inteso come lo spessore totale dei terreni di copertura o profondità del tetto del substrato rigido nelle

aree in cui  $H$  non supera i 50 m, o di  $VS_{30}$  (in m/s) nelle aree di pianura dove  $H$  è maggiore di 50 m.

- **Carte di microzonazione sismica – Livello 2:** in cui sono rappresentate 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 del rapporto dell'integrale dello spettro di risposta in accelerazione ( $SA/SA_0$ ) che in velocità ( $SI/SI_0$ ), per prefissati intervalli di periodi 0,1-0,5 s, 0,4-0,8 s, 0,7-1,1 s e 0,5–1,5 s. Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate nell'All. 2 degli Indirizzi regionali di cui alla DGR 630/2019.

## 9 ELABORATI CARTOGRAFICI

### 9.1 - 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.

Le simbologie adottate, in conformità con gli standard di rappresentazione

Indagini sismiche pregresse	Indagini geognostiche pregresse
 MASW	 Prova penetrometrica statica CPT
 REMI	 Prova penetrometrica dinamica DPSH
 HVSr	 Prova penetrometrica dinamica superpesante DS
Indagini sismiche per Studio MS	 Pozzo idrico
 MASW (identificativo in colore rosso)	 Sondaggio a carotaggio continuo
 REMI (identificativo in colore rosso)	 Stratigrafia zona MS
 HVSr (identificativo in colore rosso)	 Sondaggio con piezometro
	 Pozzetto esplorativo

### 9.2 - 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 della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1), che saranno descritte nel successivo paragrafo 9.4.

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 di Carpaneto P.no;
- "Carta Geologica d'Italia – Foglio 180 Salsomaggiore Terme" alla scala 1: 50.000;
- "Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna", alla scala 1:250.000, realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;

- indagini geognostiche puntuali.

Nella Carta geologico tecnica, in riferimento agli Standard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica per gli studi di microzonazione sismica, sono state distinte, sulla base delle caratteristiche tessiturali, le seguenti unità di terreni di copertura:

- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo : depositi degli alvei dei corsi d'acqua appenninici
- GC Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
- ML Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi inorganici di bassa plasticità.
- CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose.

Nelle aree di affioramento del substrato geologico sono state distinte le seguenti classi :

- GRS - granulare cementato stratificato, riferibile ai depositi del Sintema di Costamezzana
- CO – Coesivo sovraconsolidato, riferibile al Sintema del Torrente Chero
- ALS - alternanza di litotipi stratificato, è stato assegnato alla Sintema del T. Stirone
- SFCO – Coesivo sovraconsolidato fratturato/alterato associato alle argille caotiche del Complesso di Case Boscaini.

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

- es – eluvi/colluvi;
- es – argini, barre, canali;
- pd – piana pedemontana;
- pi – piana inondabile;
- tf – terrazzo fluviale.

Le aree in dissesto censite nell'ambito collinare sono distinte secondo le classi di instabilità :

- crollo o ribaltamento attiva
- scorrimento attiva e quiescente
- colata attiva e quiescente
- complessa attiva e quiescente
- non definita quiescente

Nella Carta geologico tecnica sono stati inoltre riportati :

- la profondità in metri della falda misurata negli areali con sabbie e/o ghiaie, relativamente a rilievo freaticometrico disponibile (Amm.Provinciale di Piacenza anno 1977).

- i sondaggi profondi, distinguendoli a seconda che abbiano raggiunto o meno il substrato geologico, e la profondità dello stesso oppure la profondità raggiunta dal sondaggio.

### 9.3 - Carta delle frequenze naturali dei terreni

In riferimento alle risultanze delle indagini tomografiche eseguite è stata redatta la Carta delle frequenze naturali dei terreni, a scala 1:10.000.

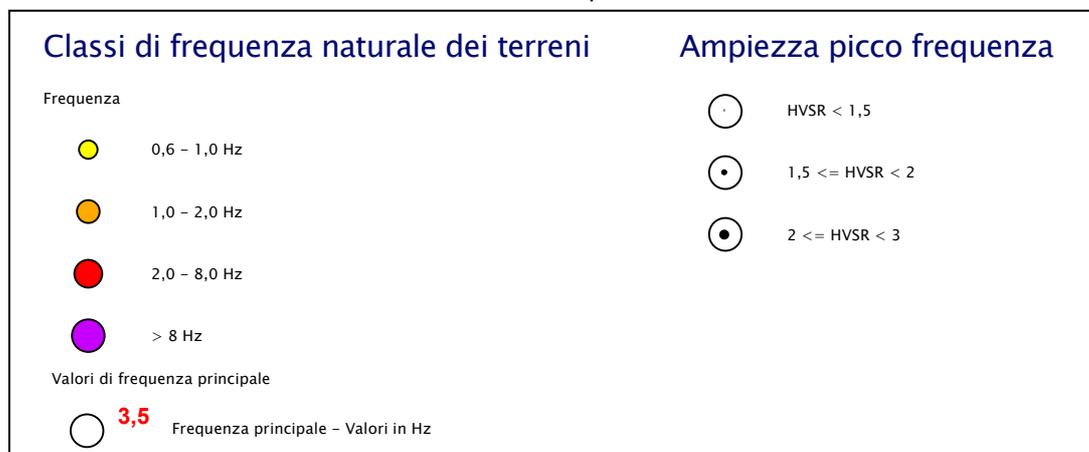
Nella carta sono riportati i punti di misura eseguiti per il presente studio, con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore  $F_0$  del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo ( $F_1$ ).

Gli indirizzi tecnici contenuti nella DGR 3690/2019, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

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

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, dai seguenti intervalli del rapporto HVSR :

$HVSR \geq 3$	elevato contrasto di impedenza
$2 \leq HVSR < 3$	moderato contrasto di impedenza
$1,5 \leq HVSR < 2$	basso contrasto di impedenza
$1,5 < HVSR$	assenza di contrasto di impedenza



Nella tabella 2 sono riepilogati i risultati delle prove tomografiche, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali, oltre all'ubicazione e l'unità di

appartenenza nelle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica che saranno descritte nel successivo paragrafo 9.4:

Tabella 2 - Valori di picchi di frequenza da prove HVSR

Prova HVSR	MOPS	Frequenza 1° picco (Hz)	Ampiezza 1° picco H/V	Frequenza 2° picco (Hz)	Ampiezza 2° picco H/V	Affidabilità picco Sesame
033011P1	2001	17.27	2.62	4.14	2.17	SI
033011P2	2001	8.14	2.08			SI
033011P3	2002	7.48	1.03			NO
033011P4	2002	15.14	3.51			SI
033011P5	2002	22.24	2.18	3.40	1.40	SI
033011P6	2002	4.29	2.05			SI
033011P7	2002	15.81	2.03			NO
033011P8	2002	16.96	2.77	3.35	2.55	SI
033011P9	2002	9.11	0.89			NO
033011P10	2003	14.52	2.56			SI
033011P11	2004	6.95	2.20			SI
033011P12	2008	10.87	1.72			NO
033011P13	2002	16.88	2.78			SI
033011P14	2002	18.19	1.85			SI
033011P15	2002	12.41	2.24			SI
033011P16	2002	3.2	2.49			SI
033011P17	2002	14.11	2.45	4.05	1.91	SI
033011P18	2001	4.86	1.79			NO
033011P19	2002	3.33	2.62	19.65	1.96	SI
033011P20	2002	3.58	2.08	15.82	2.07	SI
033011P21	2002	5.08	2.30			SI
033011P22	2005	17.51	2.20			SI
033011P23	2006	7.58	2.12			NO
033011P24	2002	4.04	2.71			SI
033011P25	2002	14.76	1.99	4.00	1.60	SI
033011P26	2002	14.55	2.11			SI

L'esame dei risultati delle prove HVSR, nel complesso evidenzia la presenza di picchi H/V significativi, di buona affidabilità in termini di rispetto dei criteri Sesame (circa 76 %), compresi nell'intervallo di frequenza 3,2-22,24 Hz, attribuibili alla presenza di contrasti di impedenza connessi con orizzonti ghiaiosi più addensati o localmente conglomeratici, che si ritrovano a profondità variabile nell'ambito dei depositi alluvionali dei settori di piana pedemontana e di media pianura.

Per quanto riguarda la zona 2001, le prove a disposizione evidenziano la presenza di picco poco significativo da mettere in correlazione a depositi ghiaiosi più addensati nell'ambito dei prevalenti sedimenti limoso-argillosi della fascia di media pianura.

Nella zona 2002 dove sono ubicate il maggior numero di prove HVSR, sono più frequenti picchi H/V compresi nell'intervallo 3,2-22 Hz con moderati contrasti di impedenza (ampiezza di picco H/V dell'ordine di 2) attribuibili a livelli ghiaiosi localmente ghiaiosi addensati di non elevata potenza, presenti a profondità variabili tra circa 4-22 m ricoperti da materiali prevalentemente fini limoso-argillosi in alternanze a livelli ghiaioso-argillosi.

La prova disponibile per la zona 2003 indica un picco indicativo di moderato contrasto di impedenza (ampiezza H/V 2,56), attribuibile ad orizzonti ghiaiosi più addensati superficiali.

La prova disponibile per la zona 2005 indica un picco indicativo di basso contrasto di impedenza (ampiezza H/V 0,94), attribuibile ad orizzonti ghiaiosi più addensati.

Nella zona 2006, la prova disponibile evidenzia un picco rappresentativo di moderato contrasto di impedenza associabile ad orizzonti ghiaiosi addensati.

Nelle zone 2007 e 2009 non sono disponibili prove.

Per la zona 2008 il picco evidenziato dalla prova disponibile è indicativo di basso contrasto di impedenza riferibili ad orizzonti superficiali più addensati.

#### **9.4 - Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica**

La Carte 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 3 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.

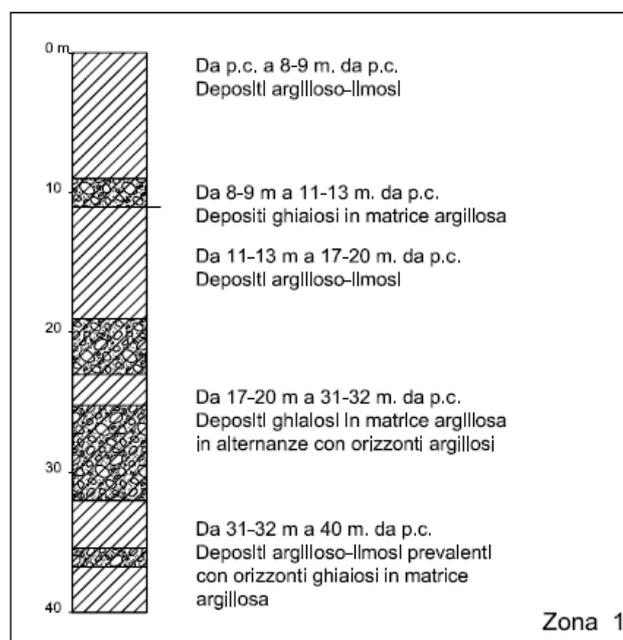
**2. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.

**3. zone suscettibili di instabilità.** Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

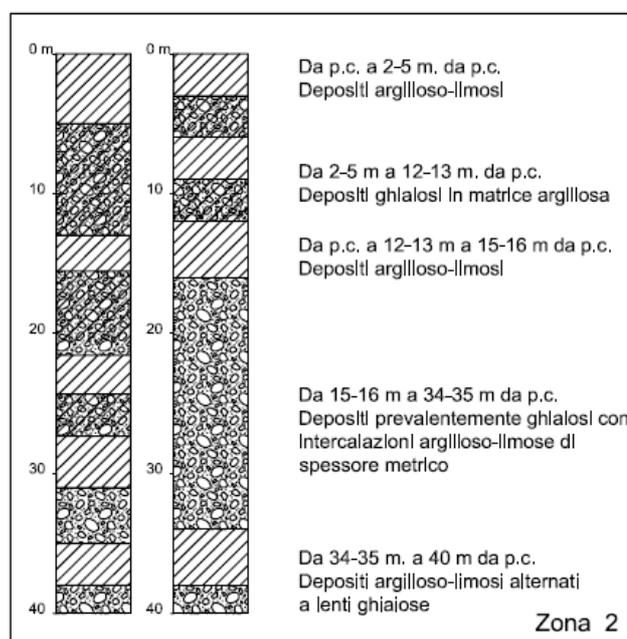
Dalla lettura delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, in corrispondenza delle aree esaminate in Comune di Carpaneto P.no, non è mai presente la categoria 1 – zone stabili.

Tutte le aree urbanizzate e urbanizzabili risultano appartenenti alla categoria 2 - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni. Infatti, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate le seguenti 9 microzone omogenee, ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo riferito ai primi 40 m di sottosuolo; per quanto riguarda il bedrock sismico delle zone di studio è stato considerato, sulla base delle indagini sismiche disponibili, come caratterizzato da una  $V_s < 800$  m/s.:

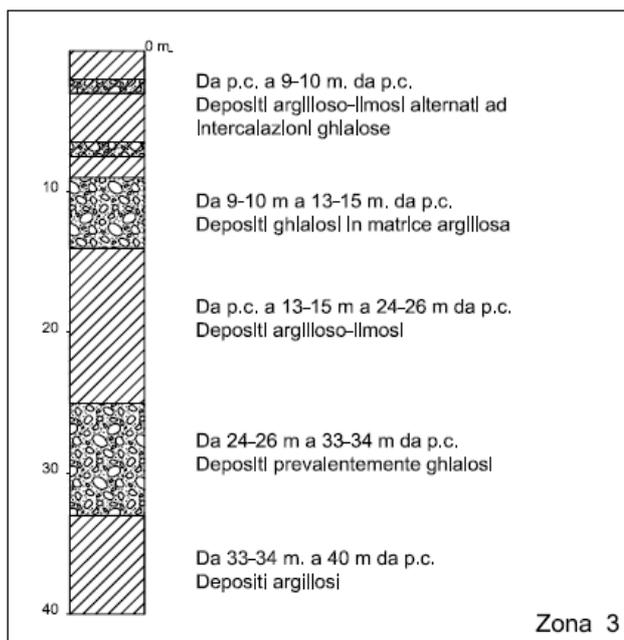
**Zona 1** – Depositi di piana alluvionale costituiti da argille limose fino alla profondità di circa 8-9 m dal p.c., ad alternanze di orizzonti ghiaiosi in matrice argillosa e livelli limoso argillosi di spessore plurimetrico.



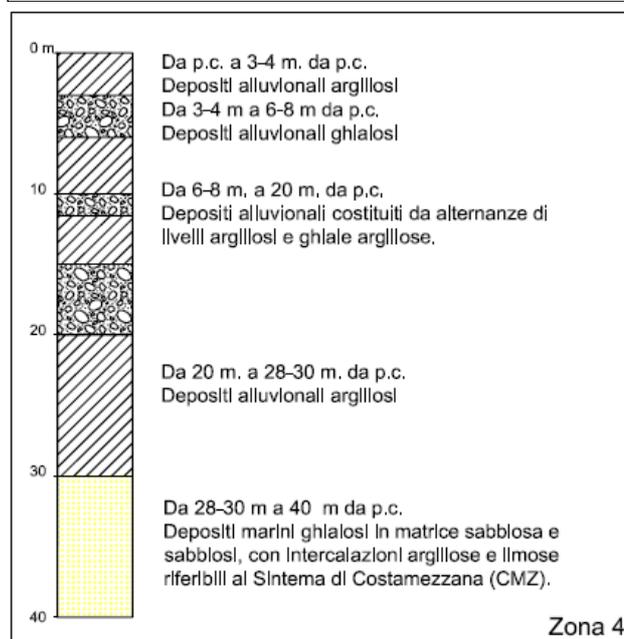
**Zona 2** – Depositi di conoide pedemontana costituiti da prevalenti ghiaie, in matrice argillosa, alternati a livelli argilloso-limosi di spessore metrico, con orizzonte superficiale argilloso-limoso di spessore 2-5 m.



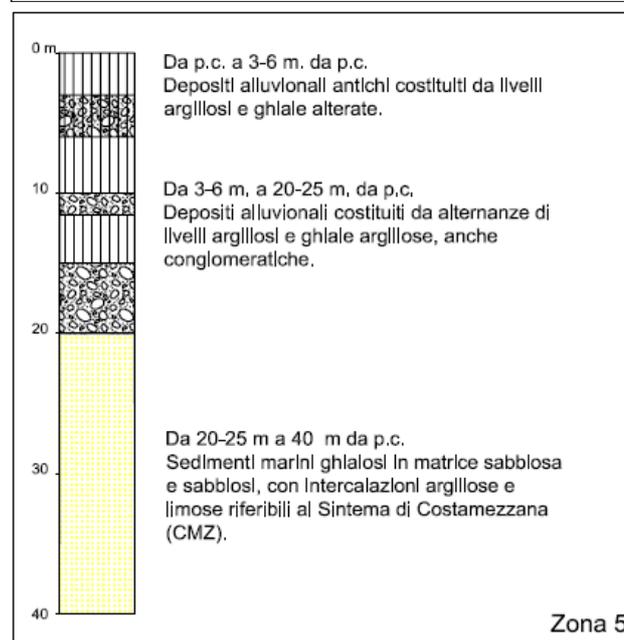
**Zona 3** - Depositi di conoide pedemontana costituiti da orizzonti argilloso-limosi, alternati ad intercalazioni ghiaiose, prevalenti tra 9-15 m., seguiti da depositi argilloso-limosi di spessore decametrico, con interstrato prevalentemente ghiaioso tra circa 25 e 34 m



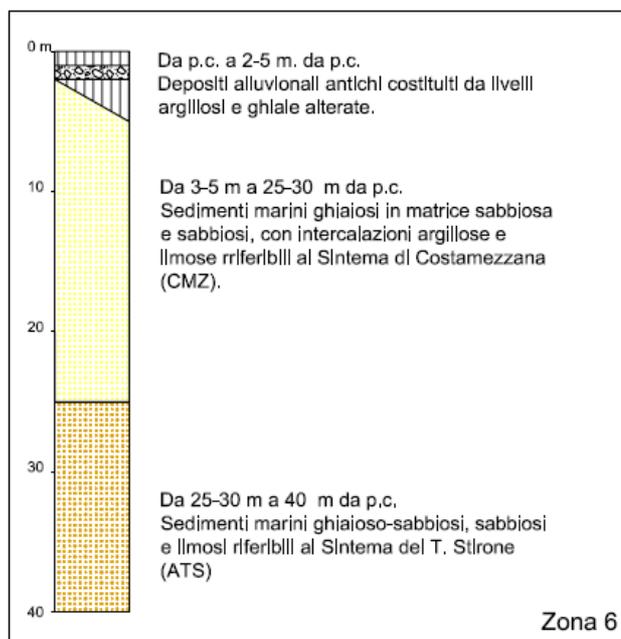
**Zona 4** - Depositi di conoide pedemontana costituiti da prevalenti depositi ghiaiosi in alternanze a livelli argillosi, con copertura argillosa di spessore 3-4 m, passanti a depositi argillosi presenti fino a circa 30 m dal p.c., sovrastanti a sedimenti marini ghiaiosi in matrice sabbiosa e sabbiosi, con intercalazioni argillose e limose riferibili al Sintema di Costamezzana (CMZ).



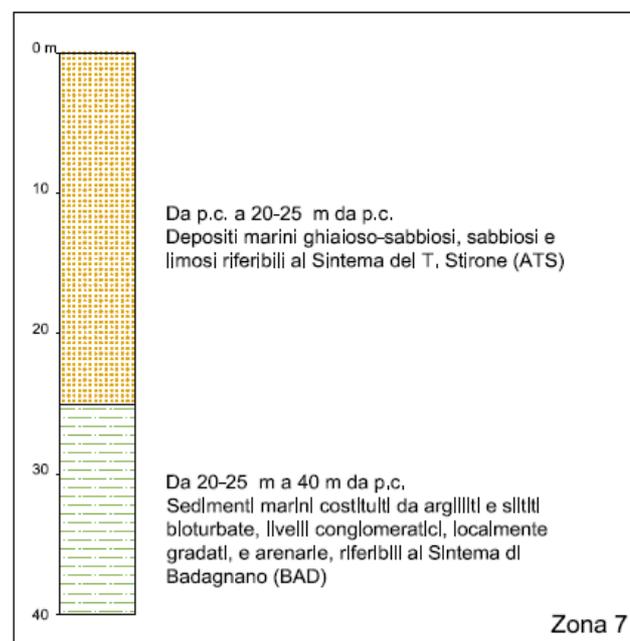
**Zona 5** – Depositi alluvionali di ripiano antico costituiti da livelli argillosi e ghiaie alterate, passanti alla profondità di 3-6 m ad alternanze di argille e ghiaie argillose anche conglomeratiche, passanti alla profondità di 20-25 m a sedimenti marini ghiaiosi in matrice sabbiosa e sabbiosi, con intercalazioni argillose e limose riferibili al Sintema di Costamezzana (CMZ).



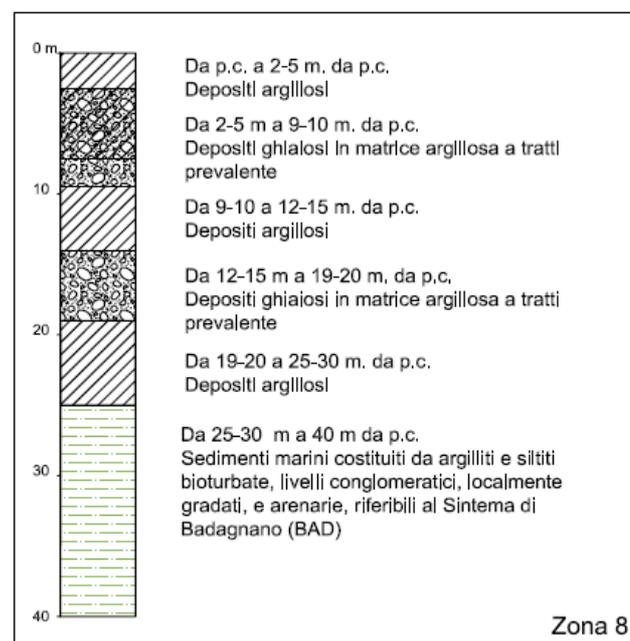
**Zona 6** – Depositi alluvionali di ripiano antico costituiti da livelli argillosi e ghiaie alterate, di spessore compreso tra 3-5 m, sovrastanti a sedimenti marini ghiaiosi in matrice sabbiosa e sabbiosi, con intercalazioni argillose e limose riferibili al Sistema di Costamezzana (CMZ). A profondità variabile tra 25-30 m si registra il passaggio a sedimenti ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e limosi riferibili al Sistema del T. Stirone (ATS).



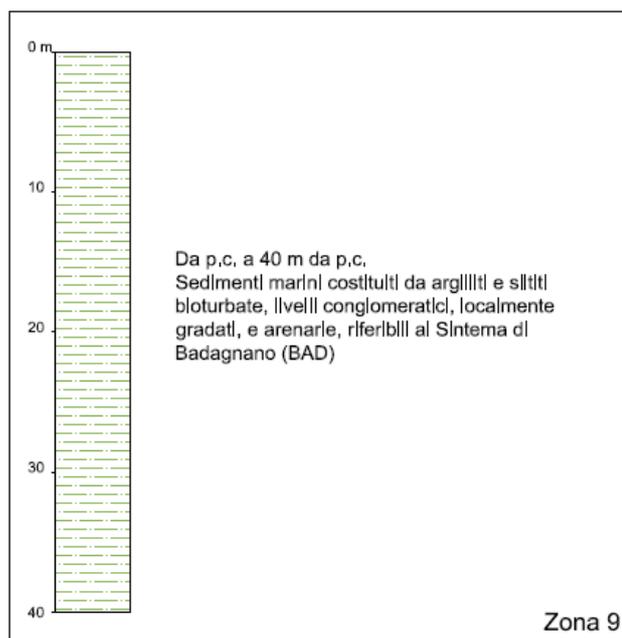
**Zona 2007** – Depositi marini ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e limosi riferibili al Sistema del T. Stirone (ATS), passanti alla profondità di 20-25 m a sedimenti marini costituiti da argilliti e siltiti bioturbate, livelli conglomeratici, localmente gradati, e arenarie, riferibili al Sistema di Badagnano (BAD)



**Zona 2008** – Depositi alluvionali di conoide pedemontana costituiti da alternanze di prevalenti depositi ghiaiosi con livelli argillosi, passanti a profondità di circa 15-25 m a sedimenti marini costituiti da argilliti e siltiti bioturbate, livelli conglomeratici, localmente gradati, e arenarie, riferibili al Sistema di Badagnano (BAD)



**Zona 2009** – Depositi marini costituiti da argilliti e siltiti bioturbate, livelli conglomeratici, localmente gradati, e arenarie, riferibili al Sistema di Badagnano (BAD)



### 9.5 - 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 Vs con indicazione di :

- spessore del deposito di copertura o profondità del substrato rigido ( $H$ );
- velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato ( $V_{sH}$  e  $V_{s30}$ ) del deposito di copertura

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i / V_{s_i}}$$

dove  $N$  è il numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura,  $H$  è lo spessore totale (in m) dei terreni di copertura o profondità del tetto del substrato rigido,

$h_i$  = spessore (in m) dello strato  $i$ -esimo (fino al substrato rigido),

$V_{s_i}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino al substrato rigido);

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / V_{s_i}}$$

dove  $M$  è il numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di 30 m,

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

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

La carta è stata redatta impiegando sia le indagini pregresse sia quelle specificatamente eseguite per lo studio di Microzonazione Sismica, distinguendo le misure di Vs sulla base della tecnica impiegata: MASW e REMI.

Le indagini disponibili ed il relativo valore di Vs30 e VsH sono raccolti nella tabella seguente :

Tabella 3 - Valori di Vs da prove geofisiche disponibili

ID_LN	MOPS	Tipo indagine	Vs30 (m/s)	VsH (m/s)	H (m)
033011L1	2001	REMI	285		
033011L2	2002	REMI	304		
033011L3	2002	REMI	324		
033011L4	2002	REMI	398		
033011L5	2002	REMI	401		
033011L6	2002	REMI	402		
033011L7	2002	REMI	363		
033011L8	2002	REMI	367		
033011L9	2002	REMI	341		
033011L10	2002	REMI	372		
033011L11	2006	REMI		197	7,3
033011L12	2002	REMI	360		
033011L13	2002	REMI	391		
033011L14	2002	MASW	334		
033011L15	2003	MASW	365		
033011L16	2002	MASW	337		
033011L17	2002	MASW	399		
033011L18	2002	MASW	304		
033011L19	2008	REMI		329	24,9
033011L20	2001	REMI	266		
033011L21	2002	REMI	397		
033011L22	2002	REMI	373		
033011L23	2002	REMI	356		
033011L24	2002	REMI	355		
033011L25	2002	REMI	365		
033011L26	2002	REMI	331		
033011L27	2002	MASW	370		
033011L28	2005	MASW	417		
033011L29	2001	MASW	324		
033011L30	2004	MASW	316		
033011L31	2005	MASW	324		
033011L32	2001	MASW	320		
033011L33	2002	MASW	390		
033011L34	2002	MASW	368		
033011L35	2002	MASW	342		
033011L36	2002	MASW	443		
033011L37	2001	MASW	349		

Nel complesso la zona 2001 risulta contraddistinta da sedimenti prevalentemente limoso.argillosi con intercalazioni ghiaiose, con profili di velocità caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 266-349 m/s.

La zona 2002 è caratterizzata da valori di Vs30 variano mediamente tra 303-443 m/s con aumenti di velocità Vs determinata da orizzonti ghiaiosi addensati.

Per la zona 2003, il profilo di velocità disponibile indica valori di Vs30 pari a 363 m/s coerente con la natura del sottosuolo di conoide pedemontana costituito da alternanze di orizzonti limoso argillosi di consistenza elevata e ghiaiosi.

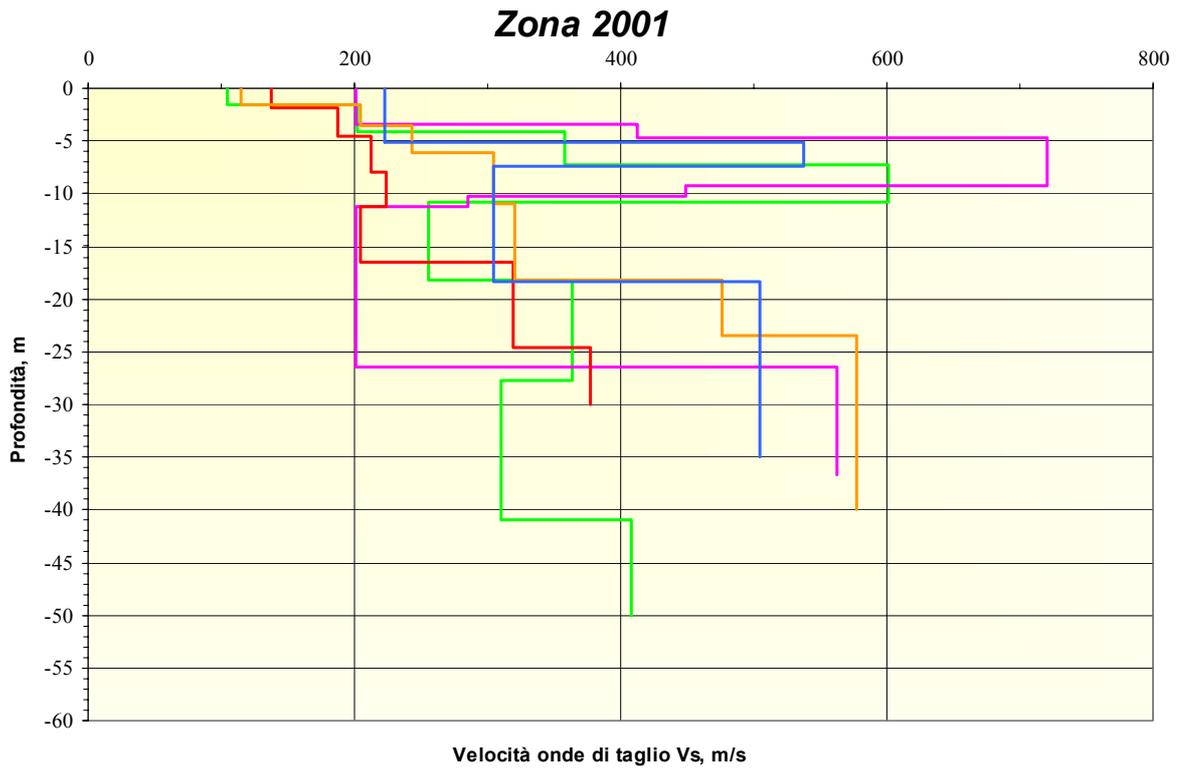
La zona 2004, in riferimento alla prova sismica disponibile, è caratterizzata da velocità Vs crescenti con la profondità, con Vs30 pari a 316 m/s.

Per la zona 2005, i valori di Vs30 variano mediamente tra 324-417 m/s connessa alla presenza di orizzonti ghiaiosi ed argillosi di buona consistenza, su substrato interpretabile come riferito al Sintema di Costamezzana, rintracciabile a profondità di circa 20 m (con Vs compreso tra 460-500 m/s).

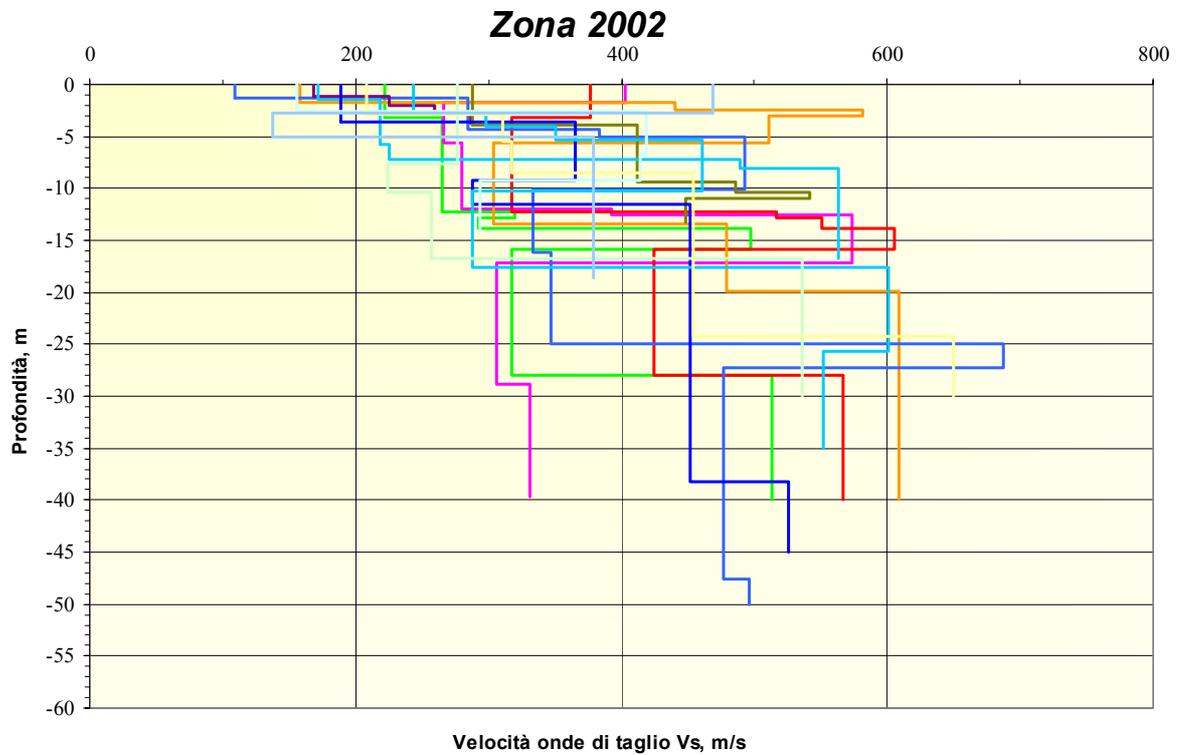
La zona 2006, è caratterizzata, sulla base del profilo di velocità disponibile, da sismostrati di bassa velocità (Vs 200 m/s) passanti a profondità di circa 7 m a bedrock sismico, riferibile al Sintema di Costamezzana (Vs 462-509 m/s).

Per la zona 2008, il profilo di velocità disponibile della zona di Badagnano indica la presenza di alternanze di sismostrati di media velocità (Vs 325 m/s), costituiti da depositi alluvionali, passanti alla profondità di circa 25 m, al bedrock sismico riferibile al Sintema di Badagnano (Vs 697 m/s).

I profili di velocità delle onde di taglio per le zone MOPS di cui si dispongono profili di Vs sono rappresentati nei diagrammi di figure 19-22.



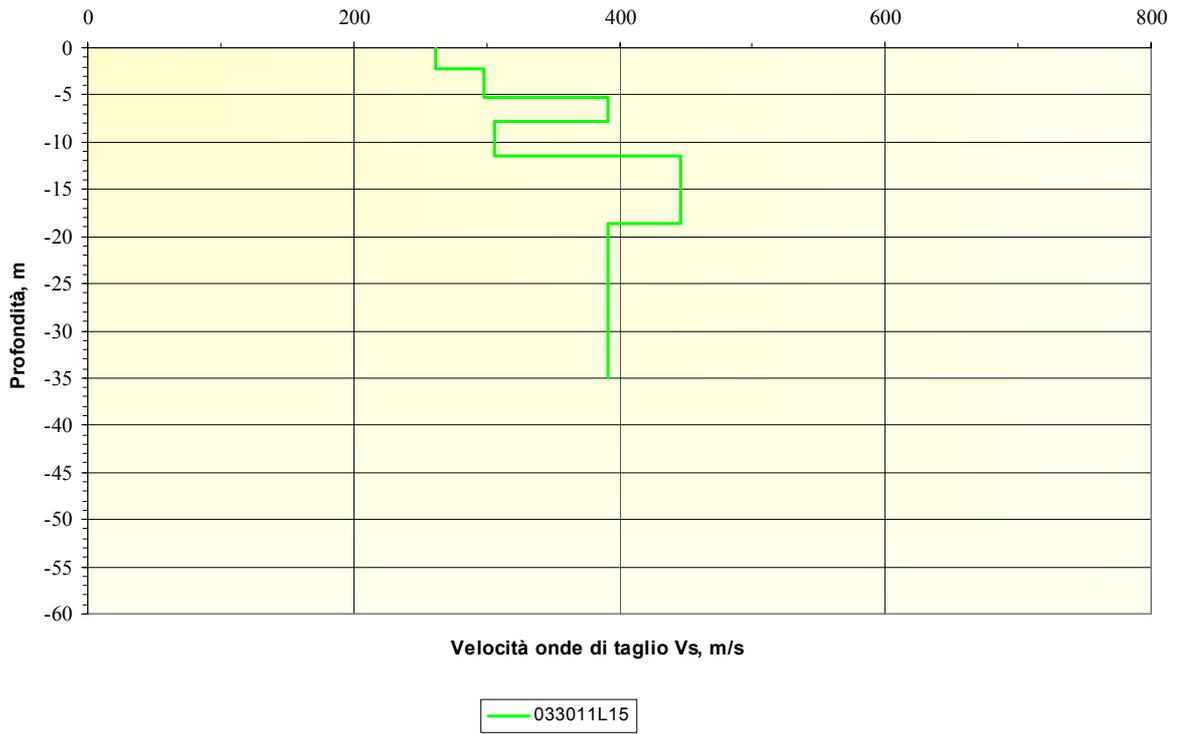
033011L1    033011L20    033011L29    033011L32    033011L37



033011L2    033011L3    033011L4    033011L5    033011L6    033011L7  
033011L8    033011L9    033011L12    033011L13    033011L14    033011L16  
033011L17    033011L18    033011L10

Figura 19 - Andamento profilo Vs per zone MOPS 2001 - 2002

### Zona 2003



### Zona 2004

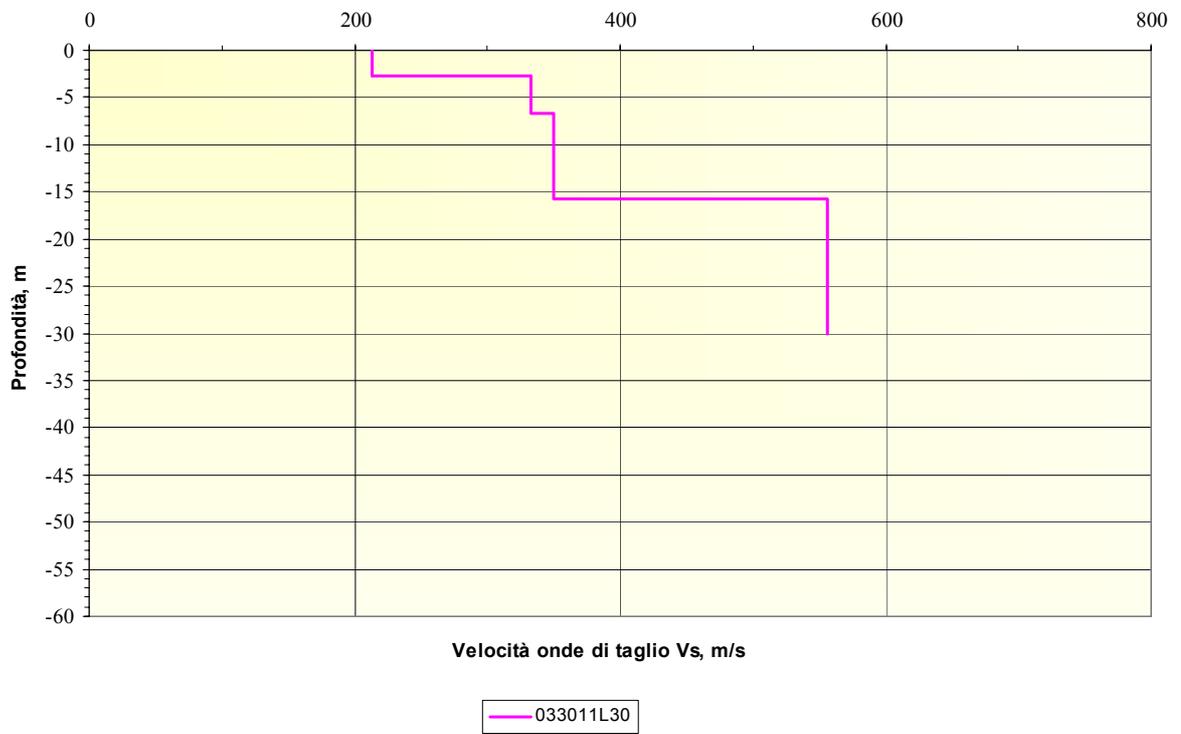


Figura 20 - Andamento profilo Vs per zone MOPS 2003 -2004

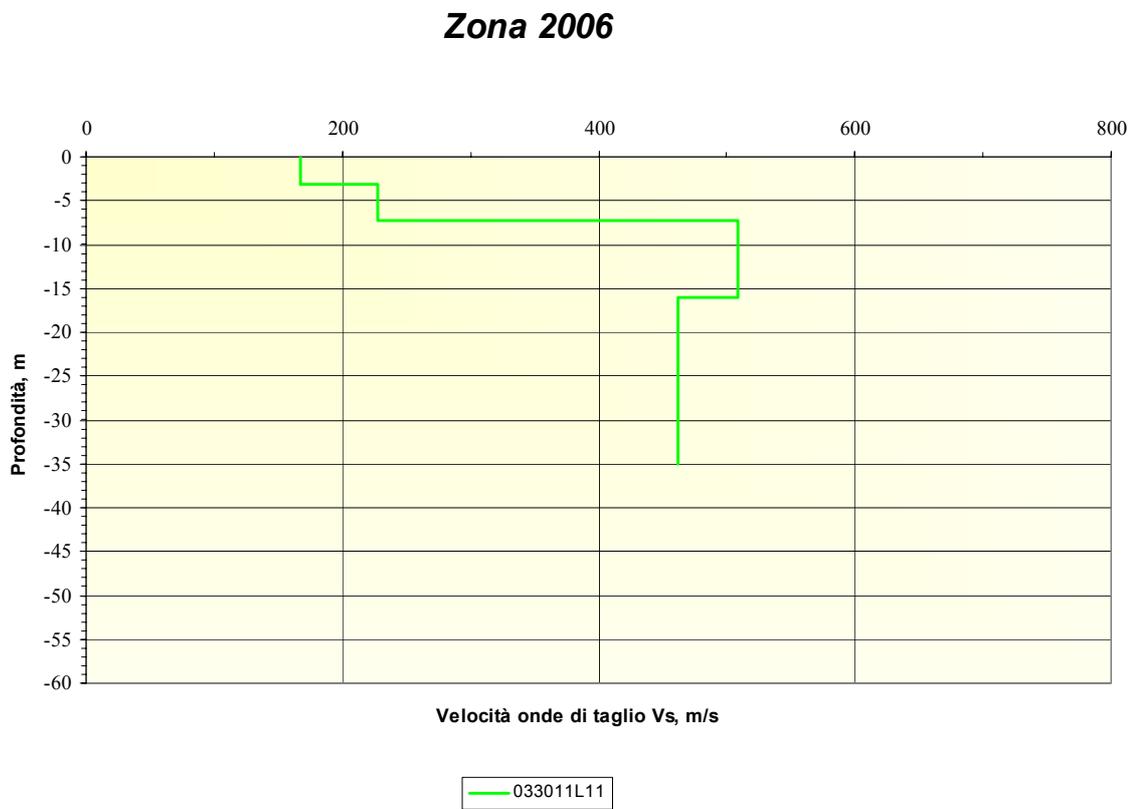
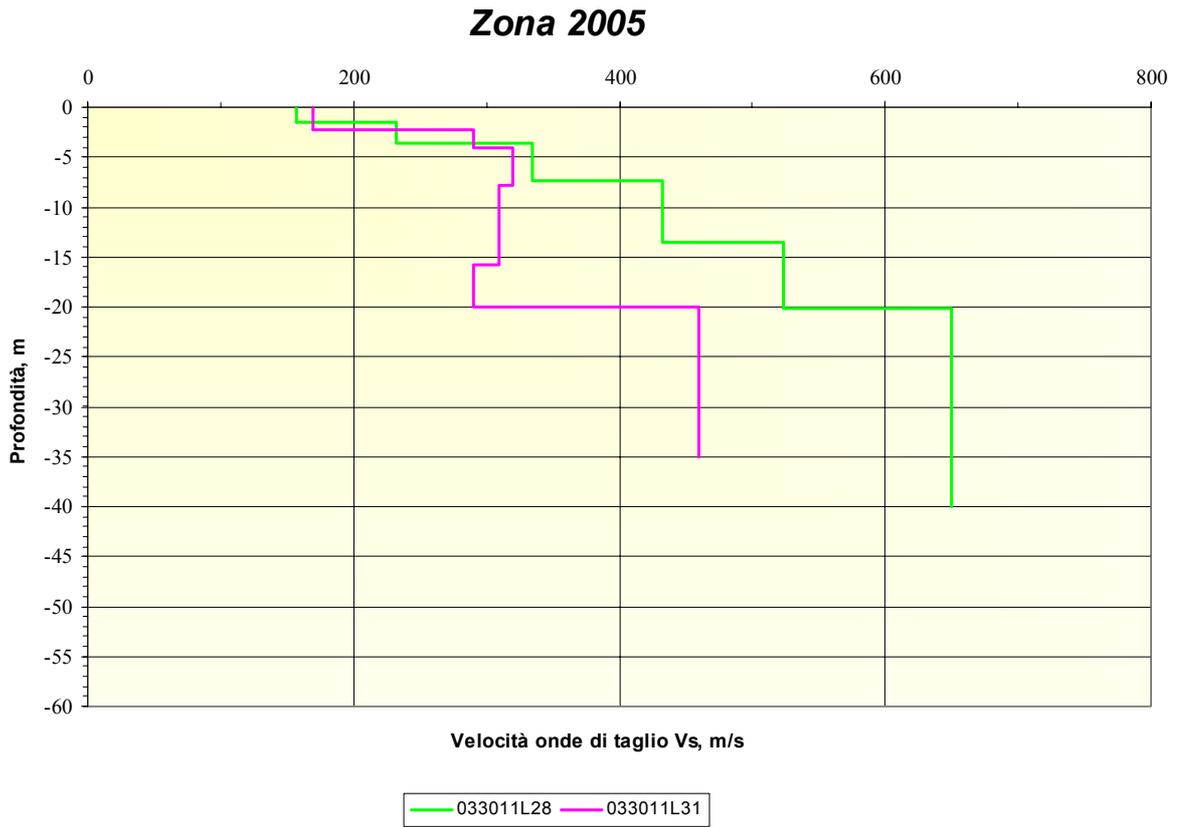


Figura 21 - Andamento profilo Vs per zone MOPS 2005 -2006

### Zona 2008

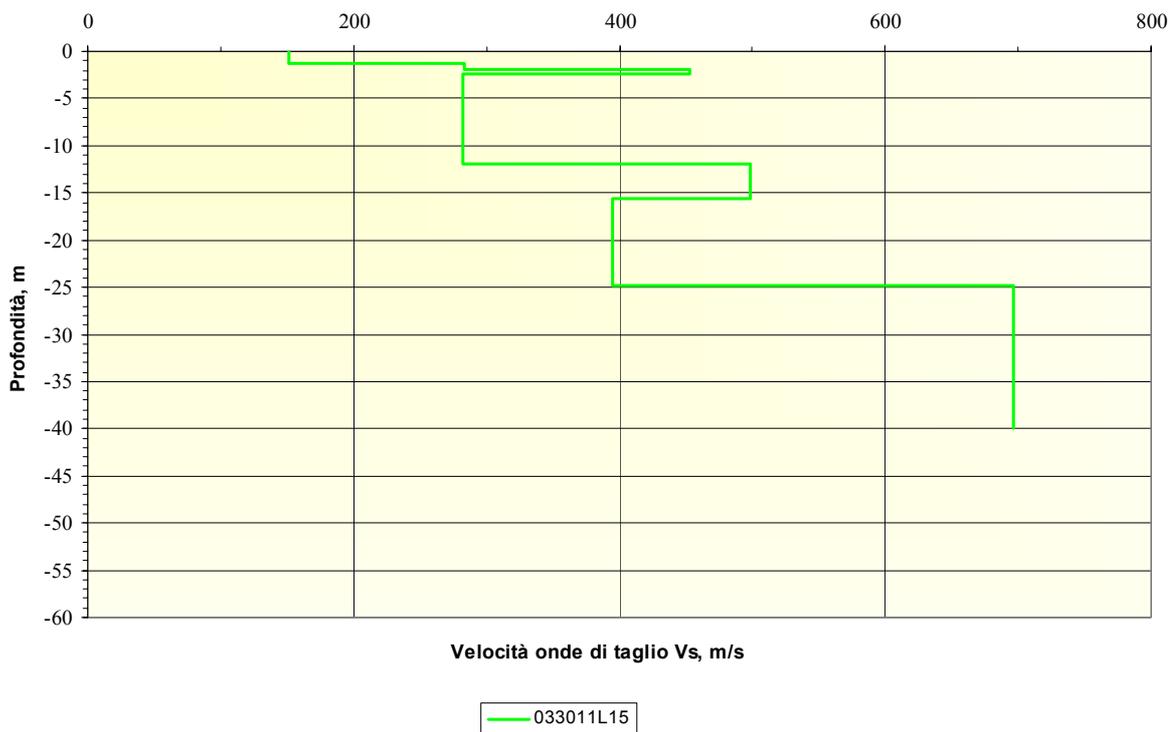


Figura 22 - Andamento profilo Vs per zone MOPS 2008

### 9.6 - Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2

Per la definizione dell’amplificazione sismica per l’analisi di approfondimento di Livello 2 sono state impiegate procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibili laddove l’assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

I fattori di amplificazione calcolati per le aree oggetto di studio di approfondimento di 2° livello sono rappresentati nelle varie cartografie allegare allo studio (Tavole 6-14), secondo gli intervalli indicati negli Standard di rappresentazione, considerando le classi di quantificazione indicati dalla DGR 630/2019, comprendenti :

- FA PGA relativa all’accelerazione massima al tempo  $T_0$
- FA SA1 - FA SA2 - FA SA 3 – FA SA4 relativi ai quattro intervalli di integrazione dello spettro in accelerazione (0,1-0,5 s), (0,4-0,8 s), (0,7-1,1 s) e (0,5–1,5 s)
- FA SI1 – FA SI2 – FA SI3 relativi ai tre intervalli di integrazione dello spettro in velocità (0,1-0,5 s), (0,5-1,0 s) e (0,5–1,5 s).

I coefficienti di amplificazione sono stati stimati impiegando le tabelle e le formule dell’Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2) della DGR 630/2019; gli ambienti geo-litologici definiti dall’Allegato A2 degli indirizzi regionali sono distinti in due grandi gruppi 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).

Come previsto dalla DGR 630/20199 è stata redatta la Carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$ , che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in  $cm/s^2$ ) secondo la seguente espressione :

$$H_{SM} = \frac{ASl_{UHS} \cdot FA}{\Delta T}$$

ove :

$ASl_{UHS}$  : integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi  $0,1s \leq T \leq 0,5s$

$\Delta T = 0,4s$

FA = fattore di amplificazione in accelerazione nell'intervallo 0,1-0,5 s

Per i settori indagati nello studio di microzonazione sismica di livello 2 per il territorio di Carpaneto P.no, gli ambiti geo-litologici individuati sono quelli di Pianura 1 (riferibile al settore di media pianura), Margine di tipo B (comprendente il settore di alta pianura) ed Appennino (corrispondente al settore pedecollinare di Magnano e di fondovalle di Badagnano), di seguito elencati con i relativi abachi per la determinazione del fattore di amplificazione :

**PIANURA 1** Settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di un'importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c.

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9
SA3	3,2	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2
SA4	3,1	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ), **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5
SI2	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1
SI3	3,4	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

**MARGINE di tipo B:** caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini;

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ) e **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

**APPENNINO** (Zone collinari e montane) in caso di substrato non rigido  $V_s \ll 800$  m/s

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

Fattore di Amplificazione **PGA**

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

Fattore di Amplificazione **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ )

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

Fattore di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ )

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

Fattore di Amplificazione **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ )

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

Fattore di Amplificazione SII ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ )

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

Fattore di Amplificazione SI2 ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ )

che in caso di substrato marino non rigido, cioè caratterizzato da  $V_s \ll 800$  m/s, affiorante o subaffiorante (copertura di spessore inferiore a 3 m) richiede l'utilizzo delle seguenti tabelle

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

Fattore di Amplificazione PGA

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

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

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

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

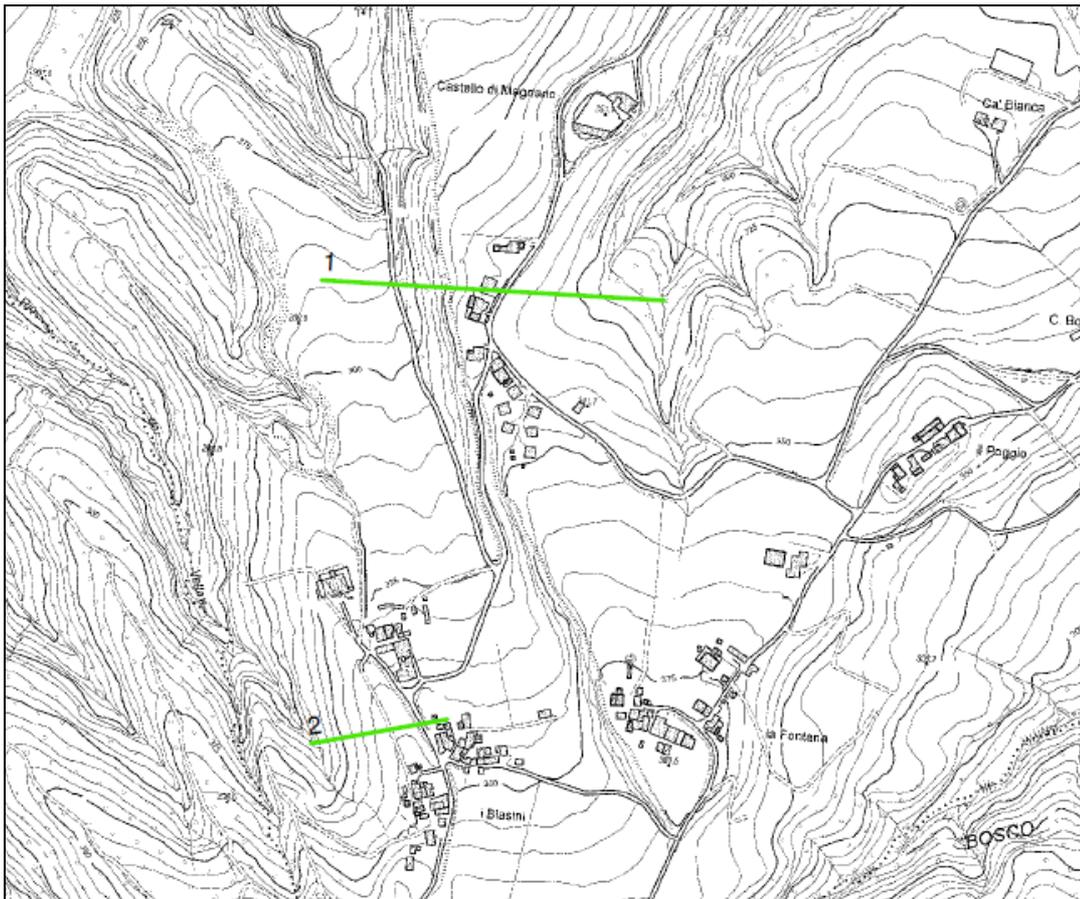
L'attribuzione dei fattori di amplificazione alla microzona omogenea sprovvista di profilo di velocità (Zona 2007) è stata eseguita in base a similarità litostratigrafiche e geologiche con microzone omogenee prossime.

Gli esiti della microzonazione in termini di amplificazione, ricavati con l'approccio semplificato (DGR 630/2019), rappresentati nelle Carte di microzonazione sismica allegate (Tavole 6-14), sono raccolti nella tabella seguente.



**Tabella 5 -** Valutazione fattori per determinazione coefficiente di amplificazione topografica ST

Sez.	Altezza pendio H con gradiente alfa (m)	Lunghezza pendio L con gradiente alfa (m)	Altezza pendio H con gradiente beta (m)	Lunghezza pendio L con gradiente beta (m)	Pendenza pendio $\alpha$ (°)	Pendenza pendio $\beta$ (°)	a (m)	b (m)	c (m)	ST
1	40	63	3.5	37.5	32.4	5.3	13.3	11.3	10	<b>1.1</b>
2	40	75.7	2.3	45	27.9	2.9	13.3	9.7	10	<b>1.0</b>



**Figura 24 -** Ubicazione sezioni di verifica amplificazione topografica.

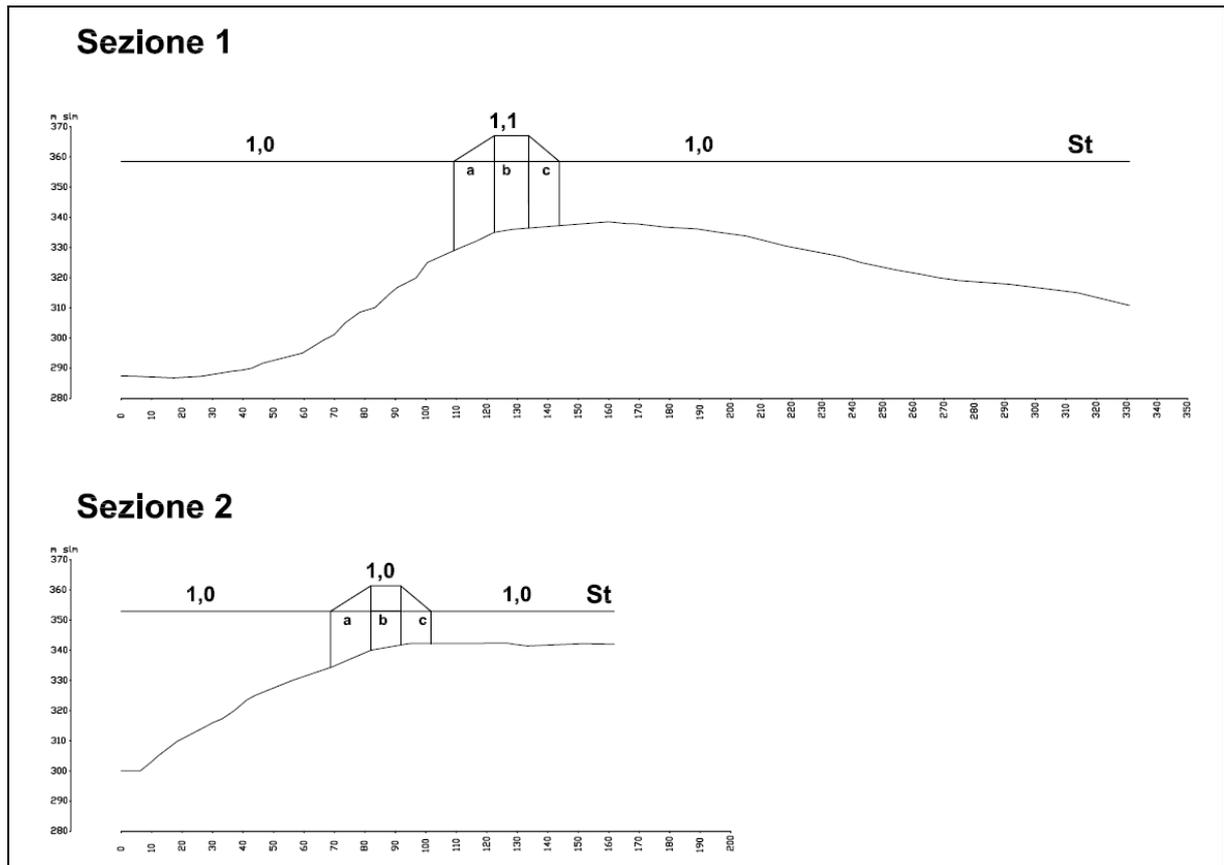


Figura 25 - Sezioni di verifica amplificazione topografica – Magnano

In corrispondenza delle limitate fasce individuate dalle procedure di calcolo, pertanto, l'amplificazione sismica complessiva è determinata dal prodotto del fattore di amplificazione stratigrafica determinata attraverso gli abachi e del fattore di amplificazione topografica  $S_T$ .

Fiorenzuola d'Arda, 18 febbraio 2020

**Studio Geologico Ambientale**  
Dr. Geol. Gabriele Corbelli

