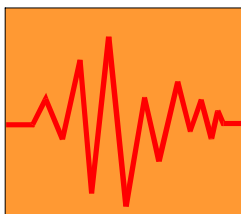




**COMUNE DI COLLECCHIO**



**PROVINCIA  
DI PARMA**



## **Studio di Microzonazione Sismica** (primo e secondo livello di approfondimento)

**OPCM n°3907/2010 e s.m.i.**

**Decreto del Capo Dipartimento Protezione Civile n° 8422 del 10.12.2010**

**Delibera G.R. n°1051 del 18.07.2011**

# **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

il tecnico incaricato  
*dott. geol. Stefano Castagnetti*



il collaboratore  
*dott. geol. Marco Baldi*



**Con il supporto operativo e consulenziale del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma**

febbraio 2011



## INDICE

1. PREMESSE.....	1
2. METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
2.1 Ricerca di archivio .....	3
2.2 Elaborazione Carta lito-morfologica.....	3
2.3 Esecuzione campagna di indagini .....	4
2.4 Produzione elaborati cartografici .....	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE .....	12
3.1 Caratteri geologici .....	12
3.2 Caratteri idrogeologici.....	16
4. MICROZONAZIONE SISMICA – PRIMO LIVELLO .....	18
4.1 COLLECCHIO .....	18
4.2 PONTE SCODOGNA .....	27
4.3 GAIANO .....	31
4.4 OZZANO TARO.....	36
4.5 MADREGOLO .....	42
4.6 SAN MARTINO SINZANO.....	46
4.7 STRADELLA – LEMIGNANO .....	50
5. MICROZONAZIONE SISMICA – SECONDO LIVELLO.....	55
5.1 Collecchio Nord – via delle Nazioni Unite.....	55
5.2 Collecchio Sud-Ovest.....	60
5.3 Ozzano Taro – Campo Sportivo .....	65

## 1. PREMESSE

Su incarico del Comune di Collecchio<sup>1</sup> (Provincia di Parma) è stato eseguito uno studio di analisi del rischio sismico, finalizzato alla MICROZONAZIONE SISMICA del territorio comunale.

Lo studio è stato realizzato nel rispetto delle seguenti disposizioni normative:

- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri n° 3970 /2010 e ss.mm. e relativo Decreto del Capo Dipartimento Protezione Civile n° 8422 del 10.12.2010;
- D.G.R. 18 luglio 2011, n° 1051: "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm." e relativi allegati tecnici.

Per gli aspetti tecnici si è fatto riferimento al documento "*Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*" (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni<sup>2</sup>.

Il lavoro è stato condotto in stretto raccordo con il Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma ed in particolare con il funzionario di riferimento per le questioni di carattere geologico, che ha fornito un fondamentale supporto sia in termini strumentali, che consulenziale.

Dal momento che sul territorio del Comune di Collecchio non erano disponibili studi pregressi in materia di rischio sismico e che il vigente strumento urbanistico non era corredato da un'analisi geologica recente, il presente studio ha sviluppato l'approfondimento di PRIMO LIVELLO, così come definito dall'Allegato "B" alla D.G.R. 18 luglio 2011, n° 1051 "*Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm.*".

L'approfondimento è stato sviluppato ed esteso a tutti i centri abitati (Capoluogo e Frazioni) (cfr. Tav. 1 – Mappa indice), in modo da caratterizzare tutte le aree urbanizzate e supportare le scelte negli ambiti di trasformazione previsti dalla futura variante generale al P.S.C..

---

<sup>1</sup> Determina Dirigenziale n° 450 del 21/09/2011

<sup>2</sup> Gruppo di lavoro MS, 2008. "*Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. ([http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833))

Gli obiettivi di questa prima parte del lavoro sono stati i seguenti:

- Definire il modello geologico, relativamente alle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo, quale base per la microzonazione sismica;
- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- Definire il tipo di effetti attesi e indicare per ogni area il livello di approfondimento necessario;
- Determinare le frequenze naturali dei terreni, ai fini della individuazione di fenomeni di risonanza significativi.

Successivamente, ai fini propedeutici del futuro strumento di pianificazione urbanistica e sulla base delle risorse disponibili in questa fase, a seguito delle indicazioni del Servizio di Pianificazione Urbanistica del Comune di Collecchio, è stato realizzato un primo stralcio funzionale di approfondimenti di SECONDO LIVELLO riguardante tre aree di probabile futura trasformazione, inserite nel contesto urbanizzato di Collecchio Capoluogo e di Ozzano Taro e individuate con le denominazioni “*Collecchio Nord – via delle Nazioni Unite*”, “*Collecchio Sud-Ovest*” e “*Ozzano Taro – campo sportivo*”.

Gli obiettivi di questa seconda parte del lavoro sono stati i seguenti:

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

In un secondo stralcio funzionale potranno essere completati gli approfondimenti di secondo livello estendendoli alle restanti porzioni di territorio interessabili da future trasformazioni urbanistiche.

## 2. METODOLOGIA DI LAVORO

Il lavoro è stato condotto nel rispetto delle indicazioni contenute nell'allegato B della citata DGR 1051/2011 e secondo le fasi di seguito descritte.

### 2.1 Ricerca di archivio

Nella prima fase di lavoro sono acquisiti numerosi dati bibliografici e di archivio, a partire dal Database geognostico fornito dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Inoltre, grazie alla fattiva collaborazione del Personale dell'Ufficio Tecnico Comunale, è stato possibile consultare le Relazioni geologiche depositate presso l'archivio dell'Ufficio Edilizia privata e Lavori Pubblici del Comune di Collecchio, con particolare attenzione per quelle prodotte a supporto della progettazione di opere pubbliche e per quelle a corredo dei Piani Urbanistici Attuativi (PUA) a partire dall'entrata in vigore della DGR 1667/2005.

La ricerca ha consentito l'acquisizione di numerose indagini geognostiche e geofisiche fatte eseguire a supporto delle Relazioni geologiche di cui sopra; successivamente le stesse 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) secondo le indicazioni dell'Allegato C *“Criteri per la rappresentazione e l'archiviazione dei dati degli studi di microzonazione sismica (secondo livello di approfondimento), di cui alla citata OPCM 3907/2010 e s.m.i., e al Decreto n° 8422 del 10.12.2010 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile”*.

### 2.2 Elaborazione Carta lito-morfologica

Vista l'assenza di una cartografia geologica recente a supporto della pianificazione urbanistica, è stata elaborata la Carta lito-morfologica estesa all'intero territorio comunale (Tav. 2 - tavola fuori testo).

Quale base geologica sono state utilizzate le coperture vettoriali della Carta geologica alla scala 1:10.000 *“Progetto CARG”* fornita dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

I depositi affioranti sono stati cartografati distinguendo tra i depositi quaternari continentali e i depositi appartenenti alla successione neogenica-quaternaria del margine appenninico-padano.

Per quanto riguarda il sottosuolo, sono stati evidenziati i sovrascorrimenti principali sepolti e le isobate della base dei depositi pliocenici con quote riferite al livello del mare.

Sotto il profilo geomorfologico sono stati inseriti gli elementi più significativi, quali le tracce di alvei fluviali abbandonati e gli orli di terrazzo fluviale. Inoltre sono stati individuati i depositi antropici, le cave ritombate e la discarica di RSU di Campiolo.

La Carta è stata corredata da alcune sezioni interpretative della geologia del sottosuolo (Tav. 2 – tavola fuori testo) pubblicate a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

### **2.3 Esecuzione campagna di indagini**

Dal momento che per le aree oggetto di studio è emersa la disponibilità di numerose prove pregresse, che consentivano di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo sino alla profondità di interesse, a supporto del presente studio si è ritenuta sufficiente l'esecuzione di indagini geofisiche finalizzate alla definizione delle frequenze naturali dei terreni e dei profili di Vs, ritenendo viceversa superflua l'esecuzione di prove geotecniche in sito.

Più in particolare sono state eseguite n°47 indagini di sismica passiva mediante misure delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSR a stazione singola e n°3 indagini geofisiche tipo MASW (Multichannel Spectral Analysis of Waves).

Le misure HVSR a stazione singola sono state eseguite impiegando il tromografo digitale portatile messo a disposizione dalla Provincia di Parma. L'interpretazione e la restituzione delle prove è stata curata direttamente dal personale del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale.

Viceversa le prove MASW sono state commissionate alla società TECNOGEOFISICA S.n.c. con sede a Carpi (MO).

Le risultanze delle misure HVSR sono state riportate nell'Allegato n° 1, mentre le metodologie di esecuzione e le risultanze delle prove MASW sono state riportate nell'Allegato n°2.

L'individuazione dei siti su cui eseguire le prove MASW è stata fatta sulla base delle indicazioni avute dal Servizio Pianificazione del Comune di Collecchio, relativamente alle aree di probabile nuova urbanizzazione e a quelle in cui sono prevedibili sostanziali trasformazioni urbanistiche da parte del futuro PSC.

Al termine della campagna di misure HVSR, al fine di determinare la qualità delle singole misure H/V effettuate e la loro relativa affidabilità, necessaria per una corretta fase interpretativa, si è provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in

materia<sup>3</sup>, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri di SESAME 2004 relativi alla *robustezza statistica* del segnale. Inoltre, per ogni singola acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla *plausibilità fisica* della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

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

In conclusione, verificati i criteri SESAME 2004 relativi alla "chiarezza" del picco di possibile risonanza, per le prove che hanno mostrato particolari evidenze di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse, si è provveduto ad effettuare ulteriori acquisizioni.

Ogni singola prova HVSR utilizzata nel presente studio, a prescindere dalle verifiche sopra descritte, è stata confrontata con le risultanze di quelle adiacenti e riferite al medesimo contesto litostratigrafico e geomorfologico. Inoltre il loro utilizzo e la loro interpretazione è stata supportata dal confronto e dalla relativa taratura con altre prove geofisiche (MASW) e profili stratigrafici derivanti da sondaggi geognostici disponibili.

## 2.4 Produzione elaborati cartografici

L'interpretazione dei dati acquisiti nelle fasi precedenti ha consentito la produzione dei seguenti elaborati:

- 1) **Carta delle indagini.** In questa cartografia sono state riportate tutte le prove disponibili differenziando tra quelle pregresse e quelle di nuova esecuzione (Fig. 1).

Tutte le prove sono state classificate in base alla tipologia (indagini geognostiche: prova penetrometrica statica, prova penetrometrica dinamica, sondaggio a rotazione e perforazione pozzo idrico, perforazione per ricerche idrocarburi; indagini geofisiche:

---

<sup>3</sup> Rif. *TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA (2011) D. Albarello, S. Castellaro, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 – 2011, Appendice I e II, pp 50-62.*

MASW, RE.MI., HVSR) e alla profondità raggiunta, distinguendole tra 4 classi:  $p < 10$  m,  $10 < p < 20$  m,  $20 < p < 30$  m,  $p > 30$  m). Circa le indagini HVSR è stata operata una suddivisione in classi di qualità (A = affidabile, B = da interpretare, C = di difficile interpretazione) e della presenza o meno di picchi evidenti (1 = presenta almeno un picco evidente; 2 = non presenta picchi evidenti).

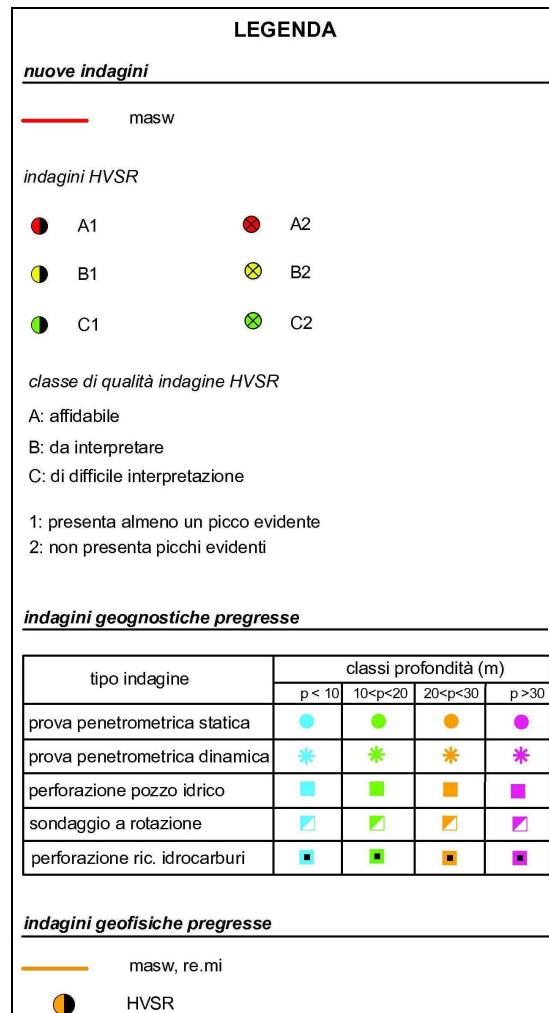


Fig. 1 – legenda della Carta delle indagini

2) **Carta delle frequenze naturali dei terreni.** Si tratta di una carta derivata dalle indagini speditive di sismica passiva HVSR sulle vibrazioni ambientali. In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di  $F_0$  del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di eventuali altri picchi significativi a più alta frequenza) (Fig. 2).

Le misure sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze ( $F_0 < 0,5$  Hz;  $0,5 < F_0 \leq 1,0$  Hz;  $1 < F_0 \leq 2$  Hz;  $2 < F_0 \leq 3$  Hz;  $3 < F_0 \leq 5$  Hz;  $5 < F_0 \leq 8$  Hz;  $F_0 > 8$  Hz) e dell'ampiezza del picco che individua alti contrasti di impedenza (picco HVSR > 3) o bassi (picco HVSR < 3).



I tematismi di cui sopra sono stati “appoggiati” sulla base costituita dalla Carta lito-morfologica, in modo da mettere in risalto i rapporti con la geologia del sottosuolo.

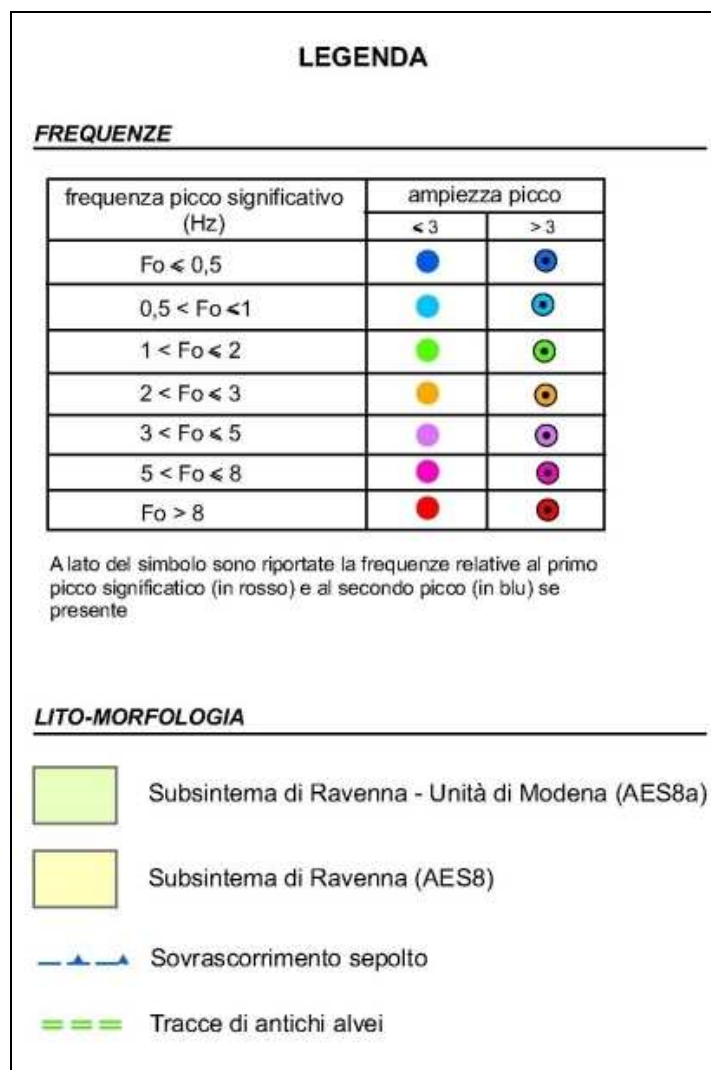


Fig. 2 – legenda della carta delle frequenze naturali dei terreni

3) **Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).**

Le microzone sono state distinte in tre categorie (Fig. 3):

- a) **zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti. Questa categoria non è presente sul territorio del Comune di Collecchio.
- b) **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di zone in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o

morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.

- c) **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 in presenza di importanti spessori di depositi sabbiosi saturi nei primi 20 m dal piano campagna e densificazione in presenza di terreni granulari poco addensati e terreni coesivi poco consolidati. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

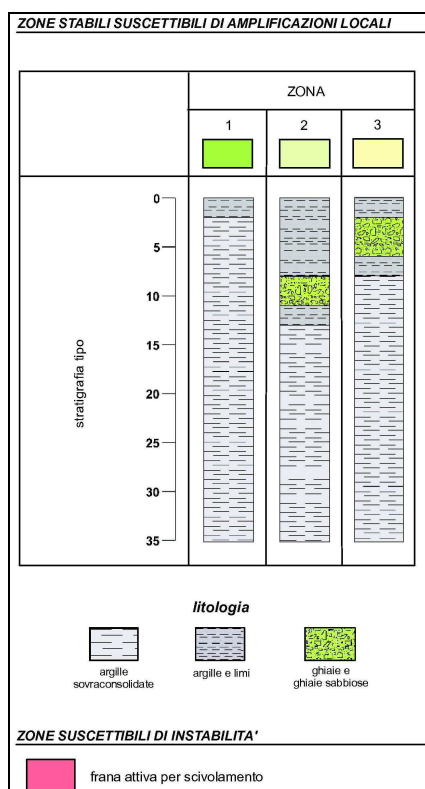


Fig. 3 – legenda della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Nell'ambito della Microzonazione Sismica di secondo livello, limitatamente ai tre areali assoggettati a tale verifica in questa fase, sono stati prodotti i seguenti ulteriori elaborati cartografici.

- 4) **Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).** In questa carta sono stati riportati i punti di misura di Vs con indicazione del valore di Vs<sub>30</sub> o di Vs<sub>H</sub> (entrambi in m/s).

Sono state altresì distinte le misure di Vs sulla base della tecnica impiegata: a stazione singola HVSR oppure MASW, Re.Mi, ecc. (Fig. 4).



Fig. 4 – legenda della Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

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

Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali.

Più in particolare per i due areali ubicati rispettivamente alla periferia nord e alla periferia sud-ovest del Capoluogo è stata impiegata la tabella degli indirizzi regionali denominata "Margine appennino-padano" con substrato lento ( $V_s < 800$  m/s), assimilando il tetto del Sintema di Costamezzana al bedrock.

La medesima tabella è stata utilizzata anche per l'areale di Ozzano Taro – campo sportivo; tuttavia in questo caso il substrato è rappresentato dalla formazione pliocenica delle Argille Azzurre.

Data la presenza di un substrato marino soggiacente alla copertura alluvionale, l'attribuzione dei fattori di amplificazione è stata effettuata attraverso il parametro  $V_{sH}$ .

Sulla base delle indicazioni emerse nei momenti di confronto con il Gruppo di lavoro regionale, è stata condotta una verifica circa l'eventuale presenza nei settori oggetto di

microzonazione di pendii con inclinazione media superiore a 20÷21° e con un dislivello maggiore di 30 m. Vista l'assenza di tali configurazioni topografiche, non sono stati considerati fattori di amplificazione per motivi topografici.

Per facilitare la comprensione delle relazioni esistenti tra le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo e i fattori di amplificazione, per ciascuna zona indagata sono state riportate le colonne stratigrafiche tipo (Fig. 5).

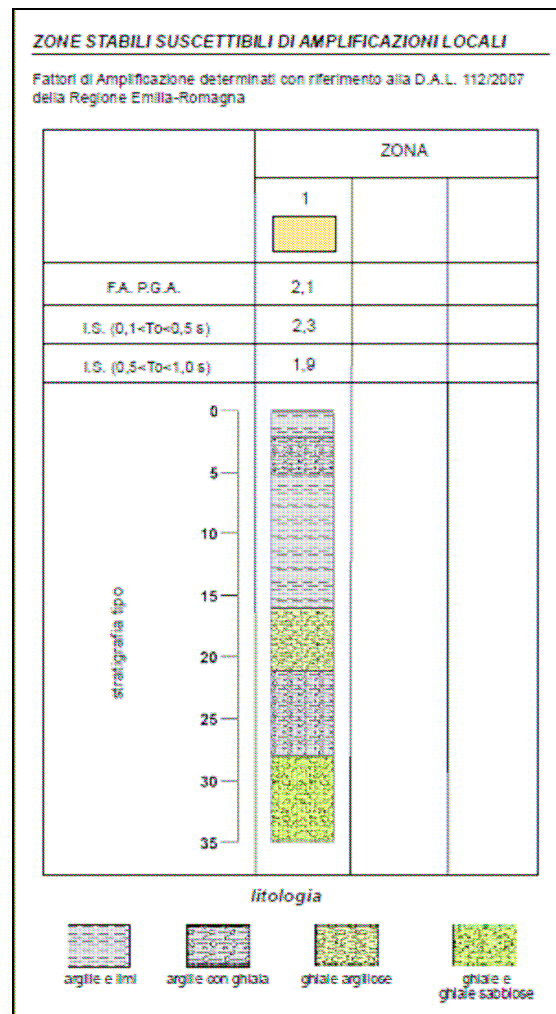


Fig. 5 – Legenda della Carta dei fattori di amplificazione

Nel presente studio gli abachi e le tabelle degli ICMS sono risultati inapplicabili per le tre aree esaminate, in quanto:

- non è stato possibile individuare la profondità del basamento sismico con  $V_s > 800$  m/s e, conseguentemente, il tipo di profilo di  $V_s$  sino a tale profondità;
- i contrasti di velocità all'interfaccia coperture alluvionali / substrato marino con  $V_s < 800$  m/s, sono risultati inferiori a 2.

Nei capitoli seguenti vengono descritti per ciascun area in studio i risultati delle indagini, le elaborazioni e le indicazioni per i successivi approfondimenti.

A livello generale si ritiene che gli studi condotti risultino conformi alle indicazioni normative e metodologiche e abbiano adeguatamente caratterizzato il territorio comunale, a supporto della pianificazione urbanistica di livello strutturale (PSC).

Successivamente in fase di POC e, a maggior ragione a corredo dei piani attuativi (PUA), dovranno essere eseguiti approfondimenti volti ad accertare l'esistenza dei fenomeni di inversione di velocità delle onde di taglio e le possibili implicazioni sotto il profilo della RSL.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

#### 3.1 Caratteri geologici

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

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

In particolare nel settore di pianura sono presenti due archi di accavallamenti (Fig. 6), in gran parte sepolti, sviluppati con orientamento NO-SE. Si tratta di gruppi di strutture anticlinali, associate a piani di scollamento ed accavallamento (*thrust*) immergenti generalmente verso SO con inclinazioni comprese tra 20° e 30°, separati da ampie zone sinclinali fortemente subsidenti.

Il primo arco è impostato in corrispondenza dell'attuale margine morfologico dell'Appennino, il secondo, più a settentrione, si estende dall'Appennino vogherese fino a Reggio Emilia sull'allineamento Cremona - Parma. L'arco di accavallamenti più meridionale è conosciuto nella letteratura geologica (PIERI & GROPPPI, 1982; BERNINI & PAPANI, 1987) con il nome di "Fronte di Sovrascorrimento Pedeappenninico" (*Pedeapenninic Thrust Front*, PTF); il secondo, più settentrionale, è conosciuto con il nome di "Fronte di Sovrascorrimento Esterno" (*External Thrust Front*, ETF) e costituisce l'arco di accavallamenti sepolti attualmente attivi nel Bacino Padano, come dimostrano i recenti terremoti.

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

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

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

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

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

All'interno delle sequenze deposizionali principali (Supersintemi) sono state distinte sequenze di rango inferiore, denominate Sintemi, delimitate da superfici di discontinuità indotte da eventi tettonici minori a carattere locale e/o da oscillazioni climatico-eustatiche; a loro volta i Sintemi vengono suddivisi in unità minori (Subsintemi e Unità).

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

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

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

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo giace in discordanza sul Supersintema Quaternario Marino, di età Pliocene superiore (?) - Pleistocene inferiore, il quale risulta costituito da terreni

paralici e marini, che si sono depositi al di sopra di una estesa superficie di discontinuità al termine di un evento di sollevamento tettonico di importanza regionale.

In prossimità della località Stradella (settore NE del territorio di Collecchio), la presenza della struttura anticlinale di Stradella (Fig. 7), appartenente al Fronte di Sovrascorrimento Esterno, innalza il substrato marino determinando una riduzione dello spessore dei sovrastanti depositi di origine alluvionale, la cui potenza raggiunge valori di 20÷25 m in corrispondenza della zona assiale.

A sua volta il Supersistema Quaternario Marino giace al di sopra della formazione delle Argille di Lugagnano (o Argille Azzurre), affioranti lungo i versanti in destra al F. Taro, deposte in un bacino profondo a sedimentazione torbiditica, compreso tra l'ambiente neritico inferiore e la piana batiale (IACCARINO & PAPANI, 1982), probabilmente corrispondente al settore interno dell'avanfossa pliocenica del fronte appenninico.

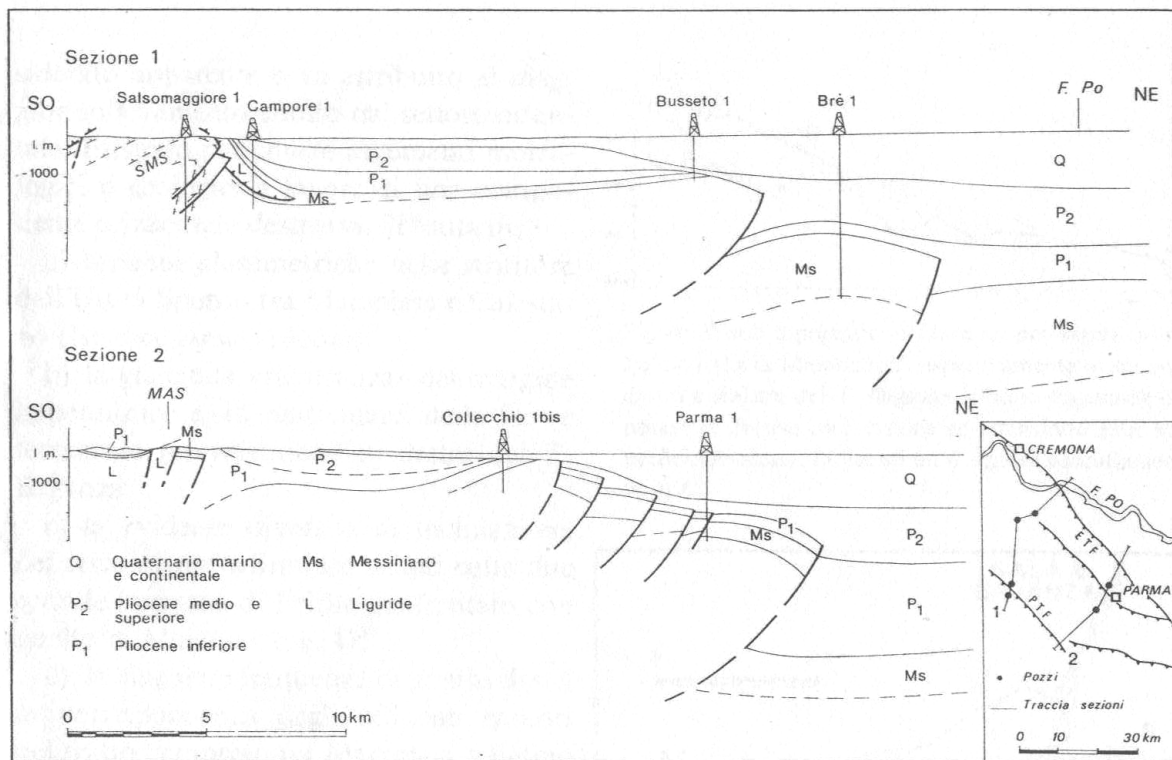


Fig. 6 – Sezioni geologiche (da Pieri e Groppi, 1981). SMS = Struttura di Salsomaggiore; MAS = Struttura di M. Ardone.



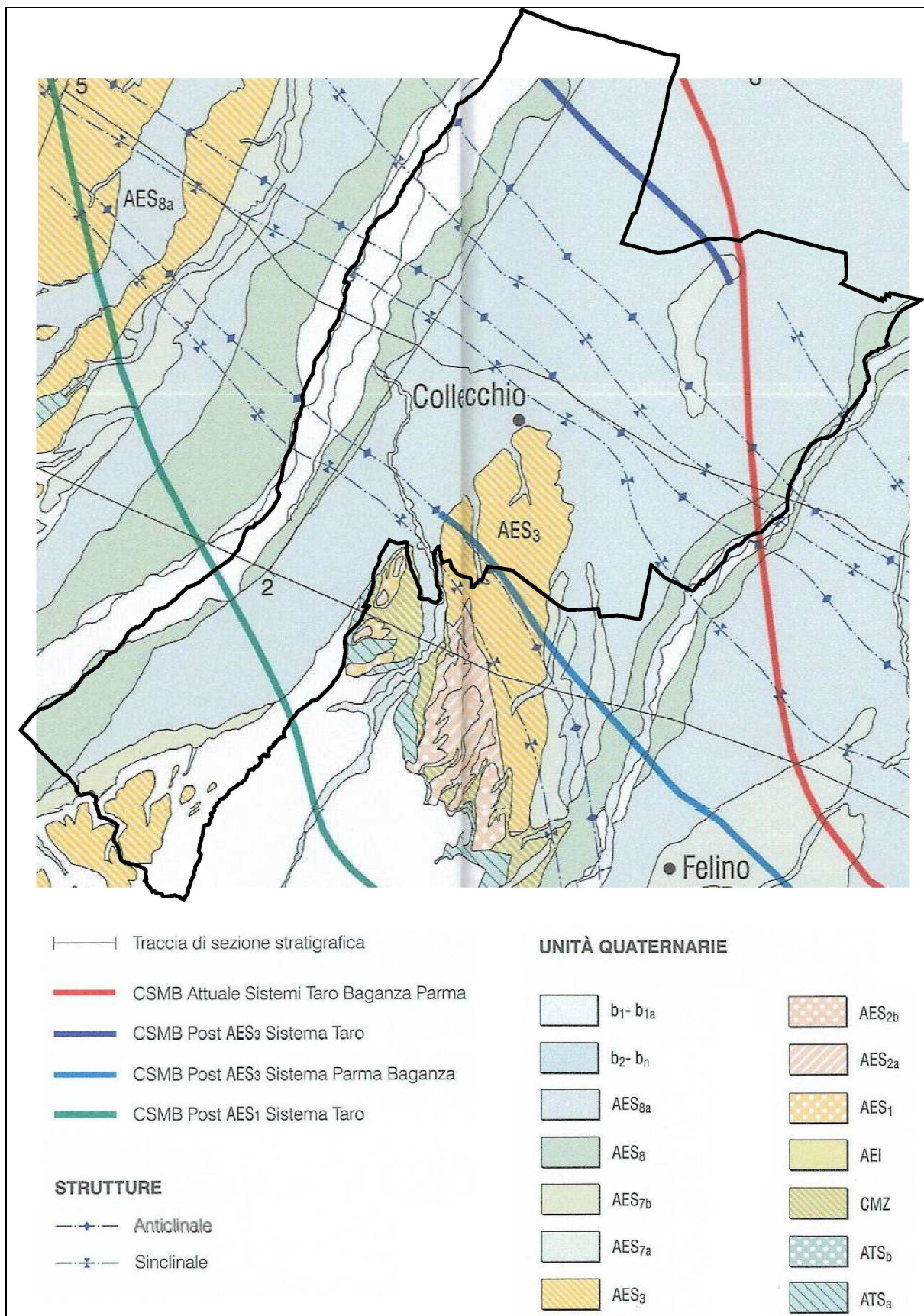


Fig. 7 – Schema geologico del territorio comunale (tratto da “Foglio geologico 199 Parma Sud – Carta Geologica d’Italia)

### 3.2 Caratteri idrogeologici

L'edificio sedimentario alluvionale ospita un sistema acquifero sotterraneo, le cui caratteristiche idrogeologiche sono in stretta relazione con le caratteristiche granulometriche dei depositi: ai depositi argilloso-limosi può essere attribuita una permeabilità bassa ( $k = 10^{-6} \div 10^{-8}$  cm/s), mentre i depositi ghiaiosi presentano una permeabilità elevata ( $k = 10^{-1} \div 10^{-3}$  cm/s), localmente ridotta dalla presenza di significative percentuali di matrice fine.

Con riferimento allo studio *“Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna”* (Regione Emilia Romagna e Direzione Esplorazione Italia dell'ENI-AGIP S.p.A. - a cura di G. Di Dio – 1998), l'acquifero della pianura emiliano-romagnola è stato distinto in tre Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS) di rango superiore, denominate Gruppo Acquifero A – B e C, intese come singoli corpi geologici formati da gruppi di strati geneticamente legati, ossia depositi in ambienti sedimentari contigui ed in continuità di sedimentazione (cfr. Fig. 8).

Ogni UIS è separata da quelle adiacenti attraverso livelli scarsamente permeabili o impermeabili arealmente continui, che ne determinano l'isolamento idraulico.

A loro volta i Gruppi Acquiferi sono suddivisi in 12 UIS, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi Acquiferi, composti da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro.

Ne consegue che i flussi idrici si propagano principalmente con componente parallela alle superfici di strato e solo secondariamente con componente ortogonale e di conseguenza i flussi possono essere considerati necessariamente confinati all'interno della medesima UIS.

Il limite della circolazione idrica sotterranea è costituito dall'Acquitardo Basale, rappresentato dalla formazione impermeabile plio-pleistocenica delle Argille Azzurre affiorante nella fascia di margine appenninico.



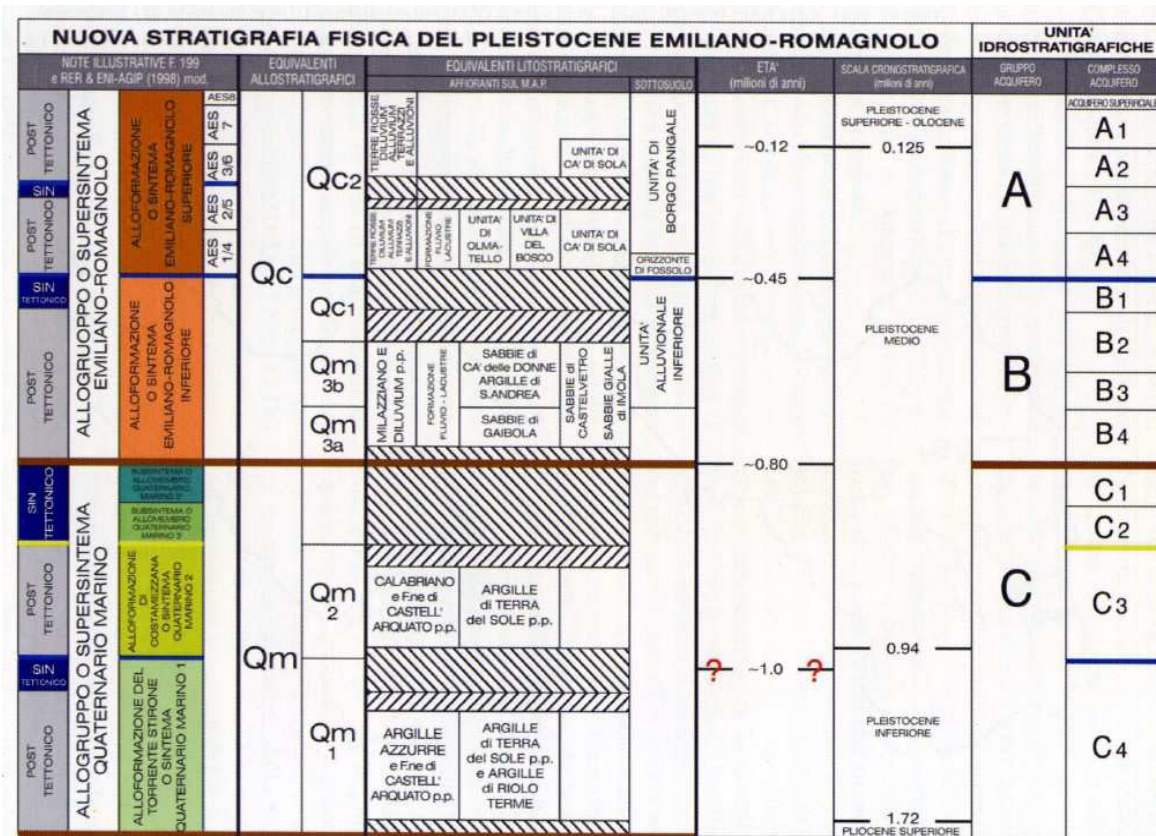


Fig. 8 - Schema geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. (G. Di Dio, 2001)

Il Gruppo acquifero A è costituito dai depositi ascrivibili al Sistema Emiliano-Romagnolo superiore (450.000 - 350.000 anni BP) ed è essenzialmente caratterizzato da:

- ghiaie e sabbie prevalenti nella pianura pedemontana;
- depositi prevalentemente fini argillosi e/o limosi attraversati in senso meridiano da corpi nastriformi di ghiaie e sabbie, nella pianura a crescita verticale;
- estese bancate sabbiose a sviluppo tabulare nella zona di media-bassa pianura fino all'asse fluviale del Po.

Il gruppo acquifero B corrisponde al Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (650.000 e 450.000 - 350.000 anni BP), che rappresenta la fase iniziale della sedimentazione continentale del Quaternario con limite inferiore e superiore di tipo erosivo. L'unità è sedimentata in un ambiente di piana alluvionale durante un periodo di subsidenza regionale, costituita in prevalenza da depositi fini con intercalazioni di corpi ghiaiosi e sabbiosi nastriformi, riferibili ad antichi paleoalvei fluviali, i quali diventano preponderanti in corrispondenza dell'apertura dei principali bacini vallivi sull'antistante pianura alluvionale.

Il Gruppo acquifero C è costituito dai depositi del Quaternario Marino, sedimentati nell'intervallo temporale compreso tra 3,3-3,6 e 0,65 milioni di anni (Piacenziano sup. - Pleistocene medio) in ambienti principalmente marino-marginale e di delta-conoide.

## **4. MICROZONAZIONE SISMICA – PRIMO LIVELLO**

### **4.1 COLLECCHIO**

#### **4.1.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca circa al centro del territorio comunale e comprende Collecchio Capoluogo (cfr. Tav. 1).

L'area di indagine è delimitata sul lato settentrionale ed occidentale dal tracciato della tangenziale.

#### **4.1.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti appartengono al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Più in particolare il settore su cui sono stati edificati il nucleo storico della chiesa e del cimitero, il Parco Nevicati e le aree residenziali morfologicamente più rilevate, ricade su terreni attribuiti al Subsintema di Agazzano (Pleistocene medio), mentre le aree circostanti sulle quali nel tempo si è ampliato il Capoluogo ricadono su terreni attribuiti al Subsintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Quest'ultimo è costituito da alternanze di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

Nel settore posto ad est del Capoluogo, i depositi del Subsintema di Ravenna sono attribuibili all'apparato di conoide del T. Baganza, mentre nel settore ad ovest la deposizione è riconducibile alla conoide del F. Taro e dei suoi affluenti.

Viceversa il Subsintema di Agazzano è costituito da ghiaie e ghiaie sabbioso-argillose prevalenti nelle aree intravallive e di conoide, passanti a sabbie e limi argillosi con subordinati livelli di ghiaie nelle aree di interconoide. I depositi intravallivi sono generalmente costituiti da un intervallo basale con ghiaie prevalenti sovrastato da un intervallo fine limoso-argilloso. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 6-7 metri di profondità.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 105 e 130 m s.l.m., mostra una pendenza generale orientata verso i quadranti settentrionali.

L'idrografia locale è rappresentata nei settori orientale e settentrionale dal Rio Manubiola, da cui si diramano alcuni canali con funzione irrigua e scolante, che attraversano il centro abitato in tombinatura.

Viceversa nel settore sud-occidentale si sviluppano i tracciati del Rio delle Basse e del Rio Scodoncello, entrambi provenienti dai Boschi di Carrega, che dopo aver attraversato in tombinatura sotterranea l'abitato di Collecchio, si uniscono al Rio Manubiola poco a valle del sito produttivo della Parmalat.

#### **4.1.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa -10.00 m da p.c. nel settore ovest del Capoluogo e a circa -30.00 m da p.c. nel settore est.

Mentre nel settore centrale e orientale del Capoluogo all'Acquifero A segue quello B, nella fascia occidentale l'acquifero B risulta mancante in quanto completamente eroso (Fig. 9). In questa zona infatti l'acquifero superficiale A risulta a diretto contatto con quello C, costituito dai depositi attribuiti al Sintema di Costamezzana.

Sotto il profilo piezometrico, la soggiacenza della falda si attesta a profondità variabili da valori minimi di -4.00 m da p.c. nel settore est del Capoluogo, sino a valori massimi superiori a -10.00 m da p.c. nel settore ovest.

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso i quadranti settentrionali.

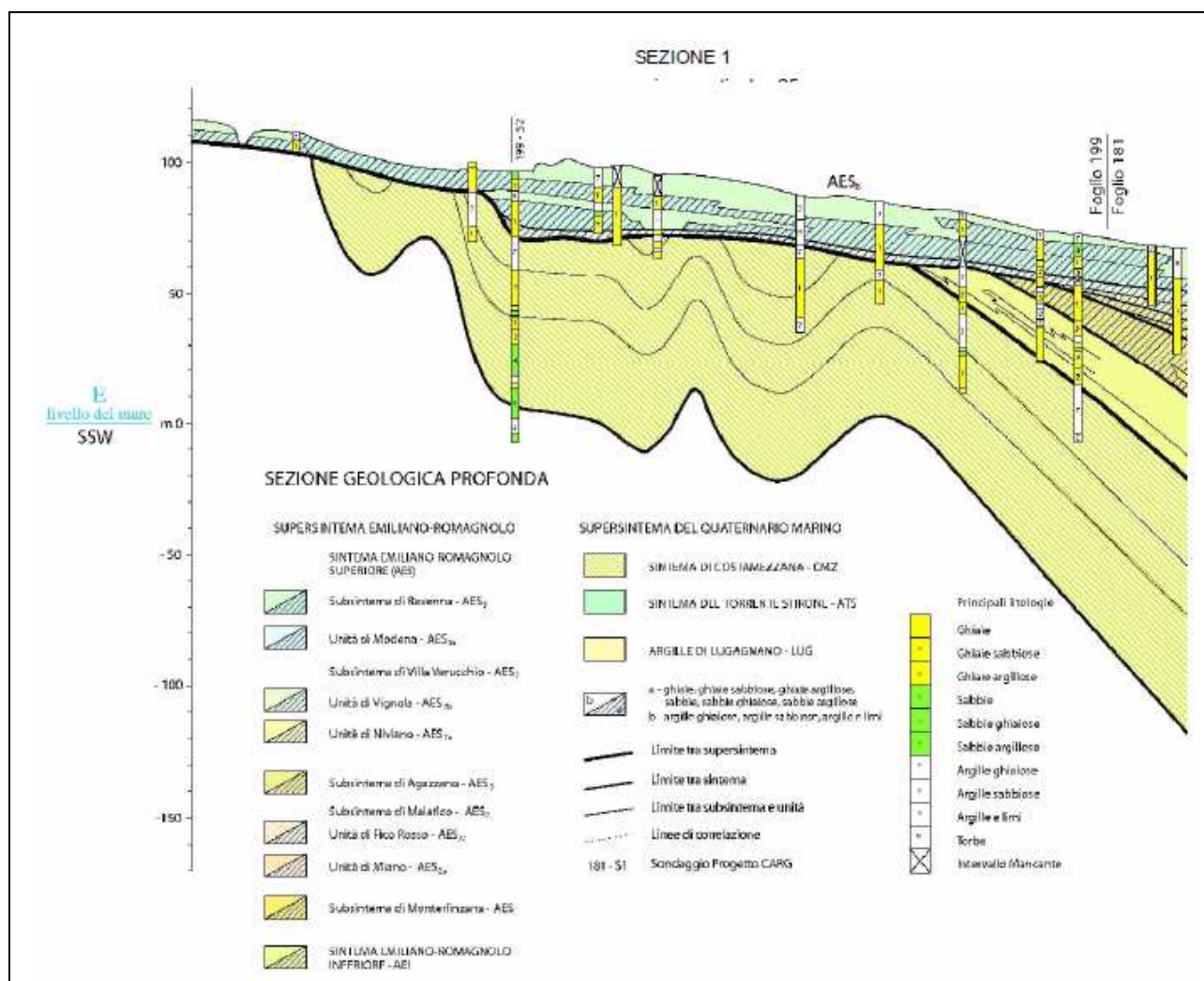


Fig. 9 – Stralcio della Sezione Geologica n. 88 (sezione 1), ubicata parallelamente al F. Taro.  
 Fonte: “Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna”

#### 4.1.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche disponibili presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ed eseguite in passato nell'areale a corredo della progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi (Tav. 3A).

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n° 15 misure HVSR a stazione singola e n° 2 indagini geofisiche sismiche di tipo MASW (Tav. 3A), queste ultime eseguite nelle aree denominate “Collecchio Nord – via Nazioni Unite” e “Collecchio Sud-Ovest”.

#### 4.1.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine di natura argilloso-limosa. Sulla base dei dati litostratimetrici disponibili è stato possibile suddividere il territorio in quattro settori denominati rispettivamente Zona 1, Zona 2, Zona 3 e Zona 4 (Fig. 10); tali zone costituiscono le aree di microzonazione rappresentate in Tav. 3C. I profili stratigrafici associati ad ogni zona, devono essere considerati approssimativi dell'assetto tipo del sottosuolo, date le variazioni latero-verticali che spesso si riscontrano all'interno di una stessa zona.

Nella Zona 1, che coinvolge i depositi alluvionali pleistocenici morfologicamente rilevati rispetto ai terreni circostanti, al di sotto della copertura fine si rinvencono argille con ciottoli sino alla profondità di circa -6.00 m dal p.c., dove è presente un primo orizzonte grossolano costituito da ghiaie argillose, che si spingono fino a circa -19.00÷21.00 m dal p.c..

Al di sotto si rinviene un nuovo orizzonte fine argilloso-limo dello spessore di circa 5.00 m, in ricoprimento di un orizzonte grossolano a ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, interrotto tra le profondità di circa -28.00 e -31.00 m da un ulteriore livello argilloso-limoso. In questa zona la profondità del substrato marino (Sintema di Costamezzana) è individuata a circa -35.00 m da p.c..

La Zona 2 si estende su di un'ampia superficie e ricomprende interamente i settori orientale e settentrionale del Capoluogo, riconducibili all'apparato di conoide del T. Baganza. Sotto il profilo litostratigrafico al di sotto di una sottile coltre fine superficiale affiorano ghiaie argillose fino alla profondità di circa -6.00 m dal p.c., dove si rinvencono depositi grossolani a ghiaie prevalenti. Alla profondità di circa -12.00 m dal p.c. è presente un potente orizzonte di argille con ciottoli, che si spinge sino a circa -22.00 m di profondità, dove compaiono nuovamente depositi grossolani a ghiaie prevalenti, la cui continuità è stata accertata sino oltre -35.00 m dal p.c.. Il tetto del substrato marino si attesta a profondità comprese tra -25.00 e -35.00 m da p.c..

La Zona 3 è stata individuata nel settore sud-occidentale del Capoluogo nella fascia compresa tra i depositi alluvionali pleistocenici (Zona 1) a sud-ovest e la linea ferroviaria "Pontremolese" a nord-ovest. I depositi fini argilloso-limosi di copertura sono particolarmente potenti e si spingono sino a circa -15.00÷18.00 m dal p.c. con eccezione localmente di un livello di argille con ciottoli individuabile a profondità comprese tra -2.00 e -5.00 m dal p.c..

Al di sotto si riscontra la presenza di ghiaie argillose, in ricoprimento di un orizzonte argilloso con ciottoli dello spessore di circa 8.00 m. Più in profondità compaiono nuovamente depositi grossolani a ghiaie prevalenti, la cui continuità è stata accertata sino oltre -35.00 m dal p.c.. Il tetto del Sintema di Costamezzana è situato ad una profondità di circa -10.00 m da p.c..

Infine la Zona 4 si estende nel settore nord-occidentale del Capoluogo ed è approssimativamente delimitata dalla linea ferroviaria "Pontremolese" a sud-ovest e dal tracciato



del Rio Manubiola a nord-est. In superficie è presente un potente pacco di depositi fini argilloso-limosi (circa 8.00÷10.00 m), in ricoprimento di depositi grossolani costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose, fino alla profondità di circa -21.00 m dal p.c., dove è presente un orizzonte argilloso, talvolta alternato a ghiaie limose, che si spinge a profondità superiori a -35.00 m dal piano campagna. Anche in questa zona il tetto del Sintema di Costamezzana è situato ad una profondità di poco superiore a -10.00 m da p.c.

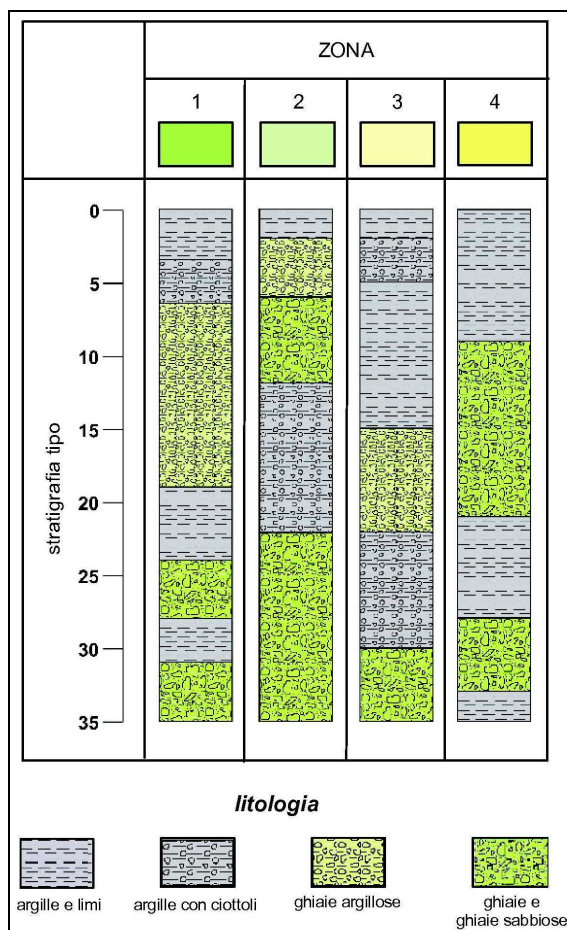


Fig. 10 – colonne stratigrafiche tipo dell'areale di Collecchio

#### 4.1.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione unica è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 3B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3.

L'esame dei valori di frequenza del picco principale evidenzia una buona correlazione con le caratteristiche stratigrafiche delle zone in cui è stato suddiviso l'areale oggetto di studio.



In particolare la Zona 1 è caratterizzata da picchi di frequenza prossimi a 4 Hz (Fig. 11), riconducibile al contrasto di impedenza generato dal livello ghiaioso situato alla profondità indicativa di -25.00 m da p.c.. Ulteriori picchi significativi, particolarmente nella prova HVSR7, interessano le frequenze tra 10 e 20 Hz ed indicano la presenza di livelli ghiaiosi superficiali.

Non sono invece stati presi in considerazione i picchi della prova HVSR14 superiori a 30 Hz, in quanto generati da sorgenti antropiche.

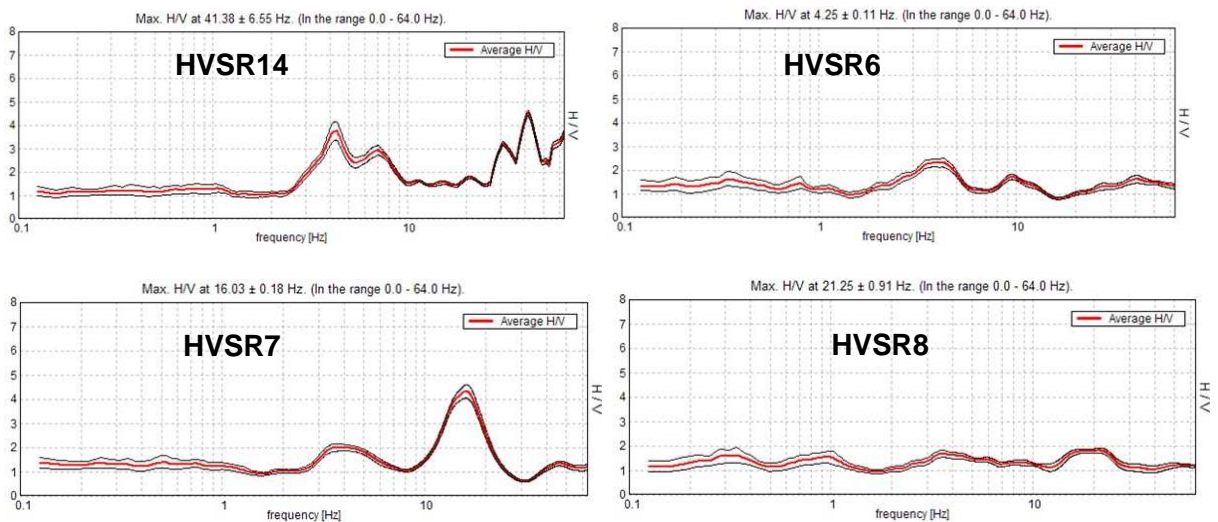
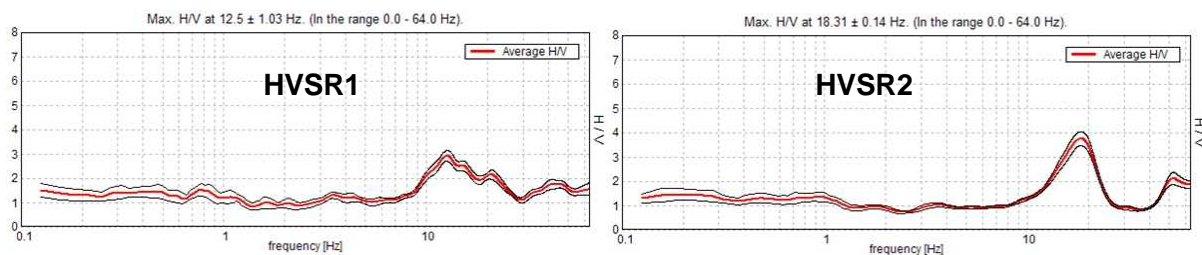


Fig. 11 – Curve H/V delle indagini eseguite nella Zona 1 dell'areale di Collecchio

Nella Zona 2 i picchi di frequenza significativi risultano sempre localizzati tra 10 e 20 Hz (Fig. 12), essendo l'areale caratterizzato da spessi orizzonti ghiaiosi situati a ridotta profondità dal piano campagna. A frequenze più basse non si evidenziano picchi significativi, data la preponderanza di ghiaie e l'assenza di livelli fini di spessore significativo.

Solamente alla frequenza di circa 4 Hz si riscontra un accenno di picco, probabilmente associabile alla presenza dell'orizzonte di ghiaie situato alla profondità di circa -25.00 m da p.c., più addensato rispetto ai sedimenti granulari sovrastanti e che potrebbe marcare il passaggio ai sedimenti del Sintema di Costamezzana.



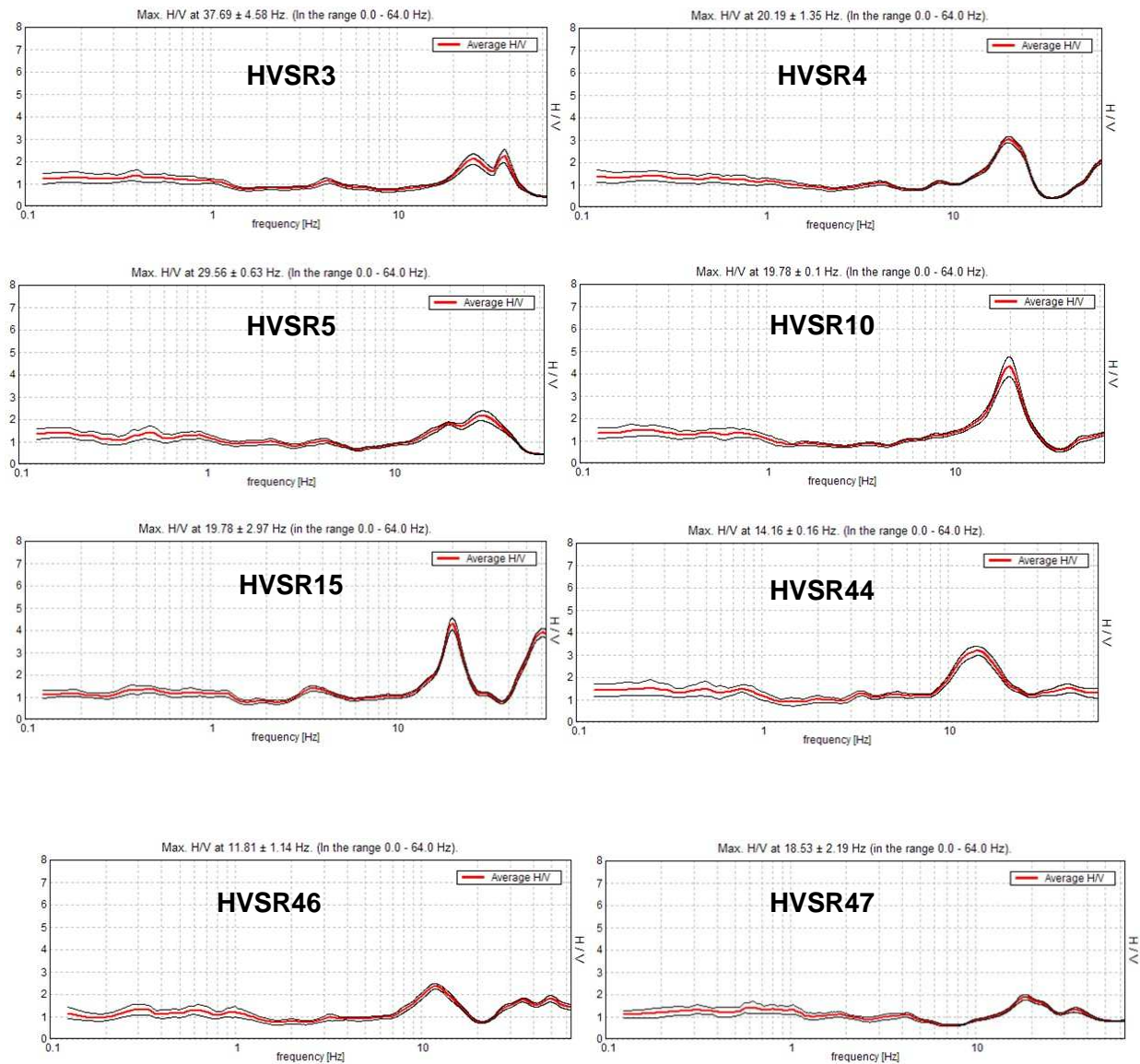


Fig. 12 – Curve H/V delle indagini eseguite nella Zona 2 dell'areale di Collecchio

Nel settore sud-occidentale del Capoluogo (Zona 3) in prevalenza si riscontrano picchi che ricadono tra le frequenze di 3÷5 Hz, con ampiezza della curva H/V di circa 3.5÷4.0 (Fig. 13), generati da uno strato ghiaioso presente ad una profondità di circa -18.00÷20.00 m da p.c..

Ulteriori picchi, quasi sempre di minor ampiezza rispetto ai precedenti, si riscontrano nell'intervallo di frequenze 10÷20 Hz, riconducibili a livelli ghiaioso-argillosi superficiali, dovuti a sedimentazioni del reticolo idrografico secondario. Solo la prova HVSR11 evidenzia il picco di maggior ampiezza a frequenze elevate, mostrando affinità con gli spettri della Zona 2: tale prova infatti ricade in una fascia che può essere considerata di transizione tra le due zone.

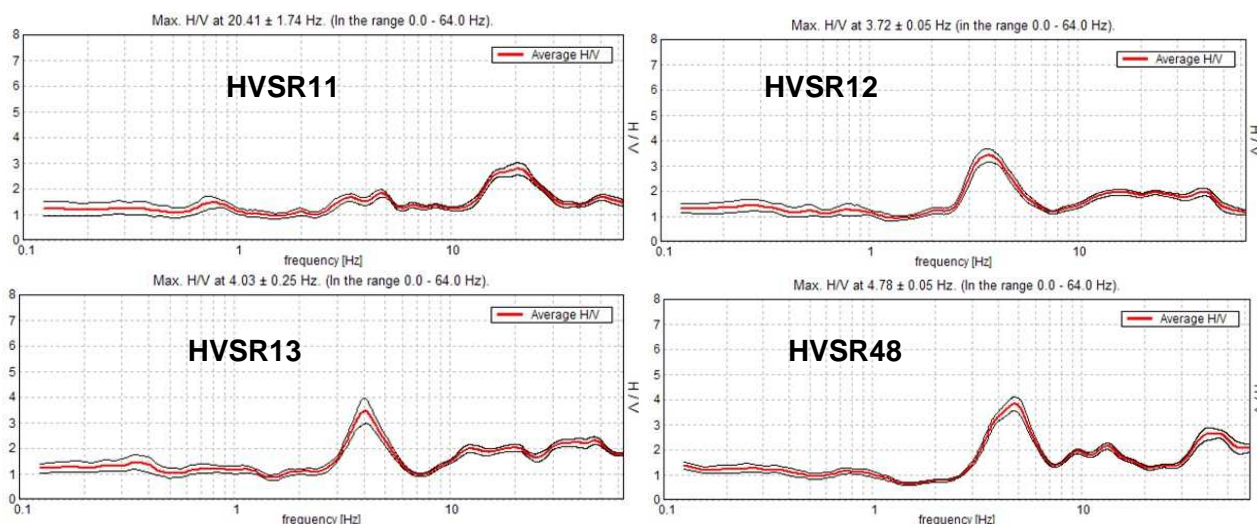


Fig. 13 – Curve H/V delle indagini eseguite nella Zona 3 dell'areale di Collecchio

Infine nella Zona 4 (Fig. 14) si registra un primo picco alla frequenza di circa 3 Hz, che può essere associato ad un pacco ghiaioso situato alla profondità di circa -25.00 m da p.c..

Gli altri picchi a frequenze più elevate, sono correlabili alle lenti ghiaiose più superficiali che caratterizzano questo areale.

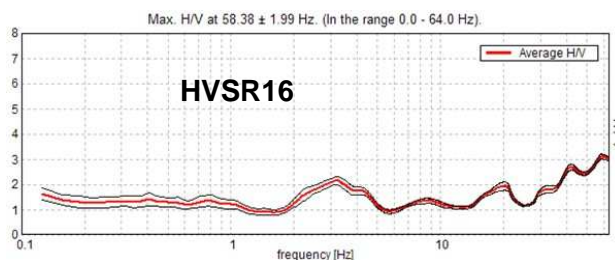


Fig. 14 – Curve H/V delle indagini eseguite nella Zona 4 dell'areale di Collecchio

#### 4.1.7 Microzone omogenee in prospettiva sismica

L'areale in studio è caratterizzato da quattro distinte microzone omogenee, costituite da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (Tav. 3C).

##### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

### Amplificazione topografica

La maggior parte del territorio indagato è caratterizzato da una morfologia subpianeggiante e solo in corrispondenza delle scarpate che delimitano i depositi alluvionali terrazzati di età pleistocenica si registrano netti incrementi di pendenza della superficie topografica.

Tuttavia tali scarpate, pur presentando talvolta inclinazioni superiori a 20°, sono caratterizzate da dislivelli inferiori a 30 metri e di conseguenza non danno luogo amplificazioni del moto sismico per effetti topografici.

### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi significativi entro i primi 20 metri di sottosuolo.

### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, consente di escludere l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

In considerazione delle risultanze sopra descritte l'areale dovrà essere assoggettato ad approfondimenti di 2° livello.

## **4.2 PONTE SCODOGNA**

### **4.2.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca in posizione sud-occidentale rispetto al Capoluogo, sviluppandosi lungo la Strada Statale n° 62 della Cisa, in corrispondenza dell'attraversamento del T. Scodogna (cfr. Tav. 1).

### **4.2.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti appartengono al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Più in particolare l'areale in studio ricade su terreni attribuiti al Subsintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Si tratta di alternanze di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m

In cartografia sono stati altresì distinti i depositi in evoluzione affioranti nell'alveo del T Scodogna.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 113 e 117 m s.l.m., mostra una pendenza generale orientata verso i quadranti occidentali nel settore in sinistra Scodogna, e verso il quadrante nord-occidentale nel settore in destra Scodogna.

L'idrografia locale è rappresentata dal T. Scodogna che sviluppa il suo tracciato con andamento SE-NW, per poi confluire più a valle nel F. Taro.

### **4.2.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità massima di circa -10.00 m da p.c.. Tale profondità tende a ridursi sensibilmente spostandosi verso sud, dove affiora lungo il versante collinare il Gruppo Acquifero C (Sintema di Costamezzana). In questa zona l'acquifero B risulta mancante, in quanto completamente eroso.

Con riferimento allo "*Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche*" a cura di Gianmarco Di



Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra  $-8.00 \div 10.00$  m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso i quadranti settentrionali.

#### **4.2.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini**

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav 4A).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°4 misure HVSR a stazione s ingola (Tav. 4A).

#### **4.2.5 Litostratimetria**

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie da una copertura fine argilloso-limosa di  $4.00 \div 5.00$  m di spessore, in ricoprimento di depositi argillosi con ciottoli, che si spingono sino a circa  $-10.00$  m dal p.c., dove si rinvenivano nuovamente depositi argilloso-limosi di potenza stimabile attorno ai  $5.00$  m (Fig. 15).

Al di sotto è presente un primo livello grossolano a ghiaie e ghiaie sabbiose, che si spinge fino alla profondità di circa  $-20.00$  m dal p.c., dove si riscontra la presenza di un orizzonte fine argilloso-limoso dello spessore di qualche metro.

Segue un secondo livello grossolano simile al precedente ma di maggiore spessore (circa  $10.00$  m), che a sua volta ricopre depositi argilloso-sabbiosi.

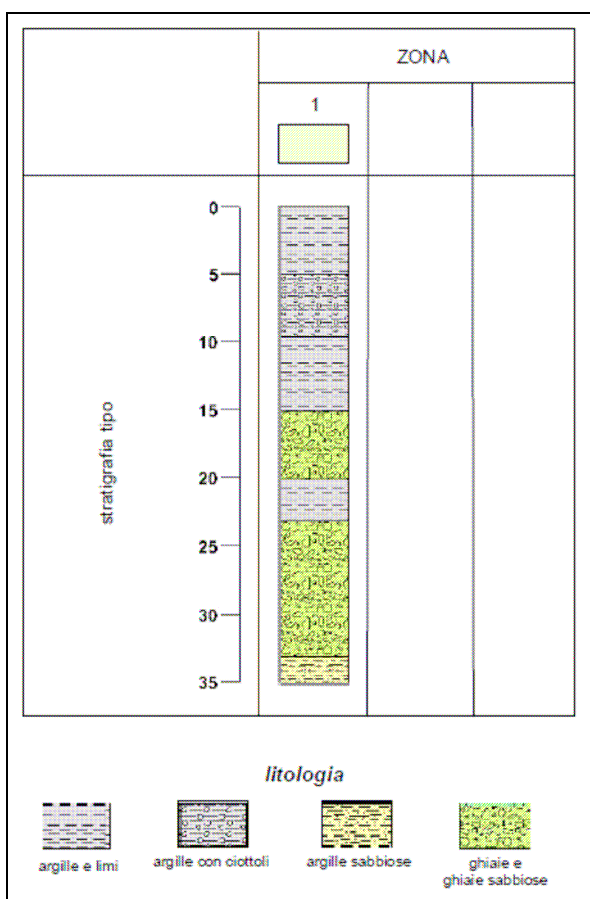


Fig. 15 – colonna stratigrafica tipo dell'areale di Ponte Scodogna

#### 4.2.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 4B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, indicando rispettivamente zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi a media frequenza (3.5÷6.0 Hz) con ampiezza della curva H/V compresa tra 2 e 3 (Fig. 16), indotti dalla presenza di un primo livello ghiaioso, il cui tetto si colloca alla profondità di 15.00÷18.00 m rispetto al piano campagna. Ulteriori picchi di minore ampiezza a frequenze maggiori (11.2-17.0 Hz) sono riconducibili a livelli grossolani superficiali, probabilmente connessi alla deposizione operata dal T. Scodogna.

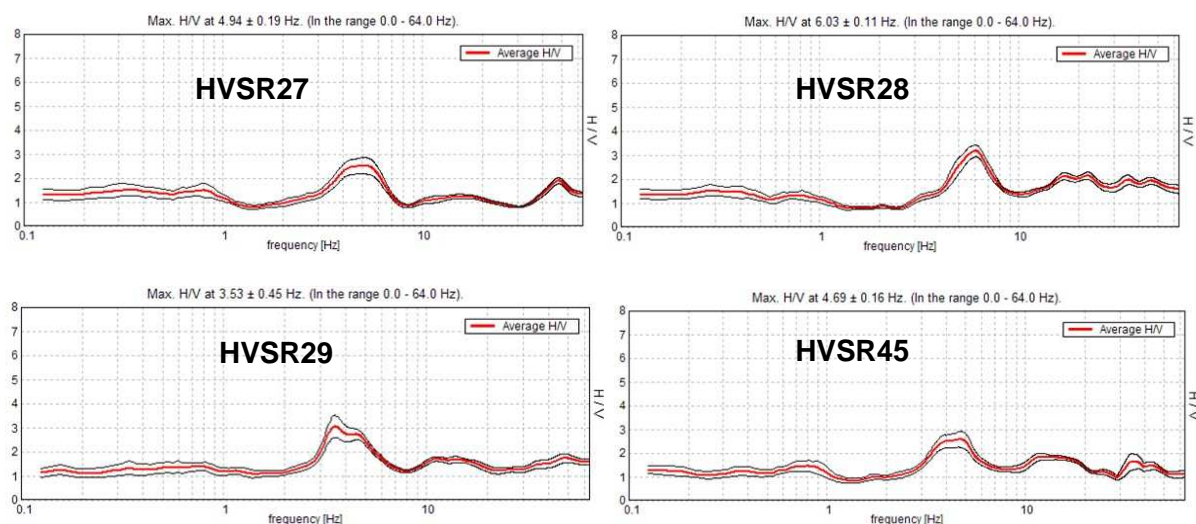


Fig. 16 – Curve H/V delle indagini eseguite nell'areale di Ponte Scodogna

#### 4.2.7 Microzone omogenee in prospettiva sismica

L'areale in studio è caratterizzato da un'unica microzona omogenea, costituita da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (Tav. 4C).

##### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

##### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante del comparto, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

##### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi significativi entro i primi 20 metri di sottosuolo.

##### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, consente di escludere l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

In considerazione delle risultanze sopra descritte l'areale dovrà essere assoggettato ad approfondimenti di 2° livello.



## 4.3 GAIANO

### 4.3.1 Inquadramento geografico

L'areale in studio si colloca nel settore sud-occidentale del territorio comunale, sviluppandosi lateralmente alla S.S. n° 62 "della Cisa" nella fascia compresa tra i rilievi collinari a sud-est e la linea ferroviaria "Pontremolese" a nord-ovest (cfr. Tav. 1).

### 4.3.2 Geologia e geomorfologia

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti appartengono al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Più in particolare l'areale in studio ricade su terreni attribuiti al Subsintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Si tratta di alternanze di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

A sud-est dell'abitato, in corrispondenza del versante collinare, affiorano depositi argillosi attribuiti alla Formazione pliocenica delle Argille Azzurre. Si tratta di depositi distali di piattaforma e di bacino costituiti da peliti marnose, grigio-azzurre massive a frattura concoide, in genere a stratificazione poco evidente, con rari livelli sabbioso-siltosi per lo più concentrati nella porzione basale della formazione e rari livelli siltosi in quella superiore.

Sotto il profilo geomorfologico l'areale della zona di fondovalle, si colloca a quote comprese tra un minimo di 114÷115 m s.l.m. della località S. Paolo nel settore nord-occidentale, ad un massimo di 150 m s.l.m. della località La Ripa.

La pendenza generale è orientata verso il quadrante nord-occidentale nel settore compreso tra i rilievi collinari e la S.S. 62, mentre nel settore ad ovest della strada statale la pendenza è rivolta verso i quadranti settentrionali. Viceversa immediatamente a SW dell'abitato si sviluppa, con netta rottura di pendenza, il versante collinare caratterizzato da una inclinazione media pari a 15°. Localmente tale versante è interessato da movimenti gravitativi attivi, che mobilizzano la parte superficiale alterata delle Argille Azzurre.

L'idrografia locale è costituita da una rete di canali poco incisi, che drenano le acque in scorrimento verso nord.

### 4.3.3 Idrogeologia

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa  $-6.00 \div 10.00$  m da p.c.. Tali depositi poggiano direttamente sulla formazione delle Argille Azzurre che, in virtù delle caratteristiche di impermeabilità, costituiscono il limite basale alla circolazione idrica sotterranea.

Con riferimento allo *“Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche”* a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra  $-3.00 \div 4.00$  m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso i quadranti settentrionali.

### 4.3.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche disponibili presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ed eseguite in passato nell'areale a corredo della progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi (Tav. 5A).

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°4 misure HVSR a stazione singola (Tav. 5A).

### 4.3.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale di fondovalle è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine argillosa-limosa, che ricopre depositi grossolani di natura ghiaiosa (Fig. 17). Lungo il versante posto a SE dell'abitato, affiora in substrato argilloso pliocenico.

Il differente assetto litostratimetrico dei terreni ha permesso di distinguere tre settori, denominati, procedendo da sud-est verso nord-ovest, Zona 1, Zona 2 e Zona 3, che costituiscono le aree di microzonazione rappresentate in Tav. 5C.

La Zona 1 è rappresentata dal versante collinare dove affiora direttamente il substrato argilloso pliocenico delle Argille Azzurre, caratterizzato in superficie da una coltre di alterazione, talvolta mobilizzata da locali fenomeni gravitativi.

La fascia di fondovalle a ridosso del versante costituisce la Zona 2, dove sono presenti depositi alluvionali del F. Taro di limitata potenza, che mascherano il substrato argilloso pliocenico. In questa zona l'assetto litostratimetrico dei terreni è caratterizzato da una coltre superficiale fine della potenza di 8.00÷10.00 m, in parte originata dagli apporti colluviali provenienti dall'adiacente versante. Al di sotto è presente un orizzonte ghiaioso

Nel settore nord-occidentale (Zona 3) al di sotto della copertura fine di ridotto spessore prevalgono termini grossolani (ghiaie prevalenti ed in subordine sabbie) sino alla profondità di circa -6.00 m dal p.c.. Oltre tale profondità affiorano i depositi argillosi sovraconsolidati pliocenici delle Argille Azzurre, al cui tetto è presente generalmente una porzione degli stessi alterata.

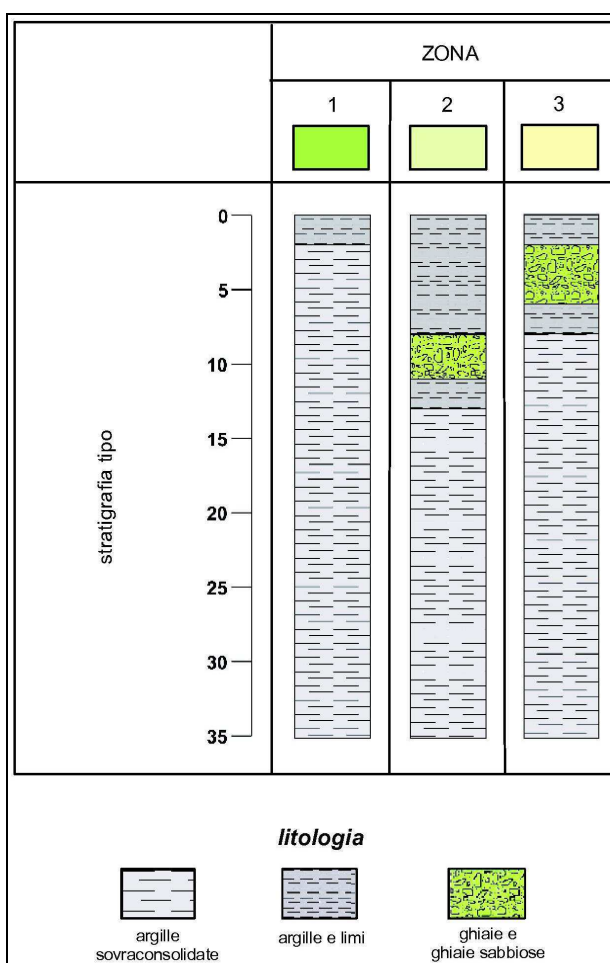


Fig. 17 – Colonne stratigrafiche tipo dell'areale di Gaiano

#### 4.3.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 5B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, indicando rispettivamente zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Le misure HVSR23, HVSR24 e HVSR26, effettuate nella zona di fondovalle, sono caratterizzate da picchi ad alta frequenza (19÷28.1 Hz) con ampiezza della curva H/V compresa tra 2 e 3 (Fig. 18), indotti dalla presenza del livello ghiaioso presente nella coltre alluvionale. L'assottigliamento di spessore e l'approfondimento relativo (in rapporto alla quota del piano campagna) che tale livello subisce spostandosi verso il versante collinare, determina una riduzione dell'ampiezza del picco e la migrazione dello stesso verso frequenze leggermente più basse. In particolare è da rilevare che queste tre misure evidenziano un rapporto H/V inferiore a 1 nell'intervallo di frequenza 4÷10 Hz, indice di una inversione di velocità delle onde di taglio caratterizzante la porzione superiore delle Argille Azzurre.

Ulteriori picchi di minore ampiezza sono presenti a frequenze minori comprese tra 1 e 1.2 Hz che, dato il notevole spessore delle Argille Azzurre, possono essere ricondotti a contrasti di impedenza più profondi interni alla stessa formazione.

La misura HVSR25, effettuata nella parte terminale del versante, evidenzia anch'essa un picco ad alta frequenza, la cui origine può essere correlata al passaggio coltre superficiale allentata/substrato delle Argille Azzurre. In particolare la curva H/V di questa prova si differenzia dalle precedenti, in quanto non evidenzia inversioni di velocità nell'intervallo di frequenza 4÷10 Hz, data l'assenza della coltre alluvionale.

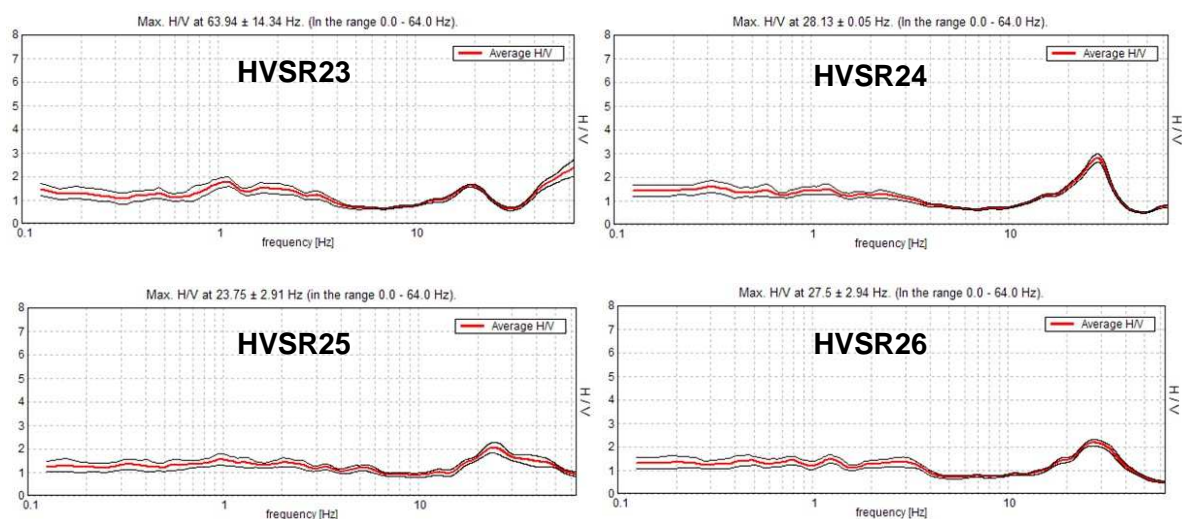


Fig. 18 – Curve H/V delle indagini eseguite nell'areale di Gaiano

#### **4.3.7 Microzone omogenee in prospettiva sismica**

L'areale in studio è caratterizzato da 3 microzone omogenee, costituite da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (Tav. 5C).

L'unica eccezione è rappresentata da un piccolo corpo di frana attivo che interessa una porzione di versante ad est del centro abitato.

##### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

##### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante della maggior parte dell'areale di fondovalle, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

L'assenza di effetti topografici può essere estesa anche alla fascia di versante a SE dell'abitato (Zona 1), dove il pendio raggiunge una inclinazione media di circa 15°.

##### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi significativi entro i primi 20 metri di sottosuolo.

##### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, consente di escludere l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

In considerazione delle risultanze sopra descritte l'areale dovrà essere assoggettato ad approfondimenti di 2° livello.

## 4.4 OZZANO TARO

### 4.4.1 Inquadramento geografico

L'areale in studio si colloca all'estremità sud-occidentale del territorio comunale sviluppandosi lungo la S.S. n°62 della "Cisa", nella fascia compresa tra i rilievi collinari a sud-est e la linea ferroviaria "Pontremolese" a nord-ovest (cfr. Tav. 1). Nella fascia esterna alla linea ferroviaria si sono sviluppate le attività produttive.

### 4.4.2 Geologia e geomorfologia

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti appartengono in prevalenza al Sintema Emiliano-Romagnolo.

Più in particolare il settore morfologicamente più rilevato su cui sorge il quartiere residenziale di via Barbieri (zona SE dell'abitato), ricade su depositi argillosi attribuiti alla Formazione pliocenica delle Argille Azzurre. Si tratta di depositi distali di piattaforma e di bacino costituiti da peliti marnose, grigio-azzurre massive a frattura concoide, in genere a stratificazione poco evidente, con rari livelli sabbioso-siltosi per lo più concentrati nella porzione basale della formazione e rari livelli siltosi in quella superiore.

Più in basso affiorano depositi attribuiti al Subsintema di Villa Verucchio – Unità di Vignola. Si tratta di depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi. Inoltre vi sono depositi del reticolo idrografico secondario costituiti da limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie. Il profilo di alterazione presenta uno spessore fino ad 1.5÷2.0 m.

Ad ovest della Statale della Cisa affiorano terreni attribuiti al Subsintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.), che spostandosi in direzione dell'attuale corso del F. Taro vengono poi sostituiti da sedimenti più recenti (Unità Modena).

Si tratta di alternanze di argille, argille limose e ghiaie, connesse alla sedimentazione operata nel corso dell'Olocene dai corsi d'acqua di origine appenninica. L'Unità Modena si differenzia dagli altri depositi per la presenza di un suolo di ridotto spessore (inferiore a 100 cm), caratterizzato da un grado di alterazione molto basso, data l'età più recente di deposizione (*Post-VI secolo d.C.*).

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Sotto il profilo geomorfologico l'areale, si colloca a quote comprese tra un minimo di 125 m s.l.m. della località Qualatico nel settore nord-occidentale, ad un massimo di 170 m s.l.m. della località Cantonaccio.

La pendenza generale è orientata verso i quadranti settentrionali. Quali elementi geomorfologici di rilievo spiccano la scarpata di terrazzo su cui si sviluppa la statale della Cisa e la conoide inattiva che si sviluppa allo sbocco nel fondovalle del Rio delle Valli.

L'idrografia locale è costituita da una serie di rii che incidono il versante collinare e recapitano le loro acque del F. Taro situato in direzione NW a circa 1,2 km dall'abitato.

#### **4.4.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, che presentano una limitata potenza e poggiano direttamente sulla formazione delle Argille Azzurre. In virtù delle caratteristiche di impermeabilità delle Argille Azzurre, esse costituiscono il limite basale alla circolazione idrica sotterranea.

Con riferimento allo "Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche" a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -5.00÷6.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso i quadranti settentrionali.

#### **4.4.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini**

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche disponibili presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ed eseguite in passato nell'areale a corredo della progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi (Tav. 6A).

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°6 misure HVSR a stazione singola e n°1 indagine geofisica sismica di tipo MASW (Ozzano Taro – Campo sportivo) (Tav. 6A).

#### 4.4.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato dalla presenza di un substrato argilloso pliocenico, affiorante nel versante posto a SE dell'abitato.

Nella zona di fondovalle il substrato argilloso è ricoperto da depositi alluvionali connessi alla sedimentazione del F. Taro avvenuta in epoche differenti, che ha dato origine ad una serie di terrazzi alluvionali via via più recenti spostandosi in direzione dell'attuale corso del fiume (Fig. 19).

L'areale in studio è stato suddiviso in quattro settori, denominati Zona 1, Zona 2, Zona 3, e Zona 4 procedendo da sud-est verso nord-ovest, che costituiscono le aree di microzonazione rappresentate in Tav. 6C.

Il settore sud-orientale (Zona 1) è rappresentato dal versante collinare dove affiora direttamente il substrato argilloso pliocenico delle Argille Azzurre, caratterizzato in superficie da una coltre di alterazione.

La Zona 2 ricomprende il terrazzamento pleistocenico (Unità di Niviano), in cui è presente una copertura fine argilloso-limosa che si spinge mediamente sino a  $-5.00$  m dal p.c., sovrapposta ad un livello di ghiaie e ghiaie argillose della potenza di circa 7 metri. Il substrato è costituito dalle Argille Azzurre.

Nella Zona 3, che si snoda circa all'altezza della Statale della Cisa e ricomprende il Subsistema di Ravenna, la copertura fine superficiale presenta uno spessore di circa  $3.00 \div 4.00$  m e ricopre un orizzonte grossolano di ghiaie e ghiaie sabbiose, che si spingono sino a circa  $-7.00$  m dal p.c. dove affiora il substrato argilloso marino.

Infine la Zona 4 è caratterizzata per l'assenza della copertura fine superficiale (Unità di Modena) e per l'affioramento dei depositi grossolani, che presentano una potenza di circa  $7.00 \div 8.00$  m anch'essi in ricoprimento diretto del substrato argilloso.



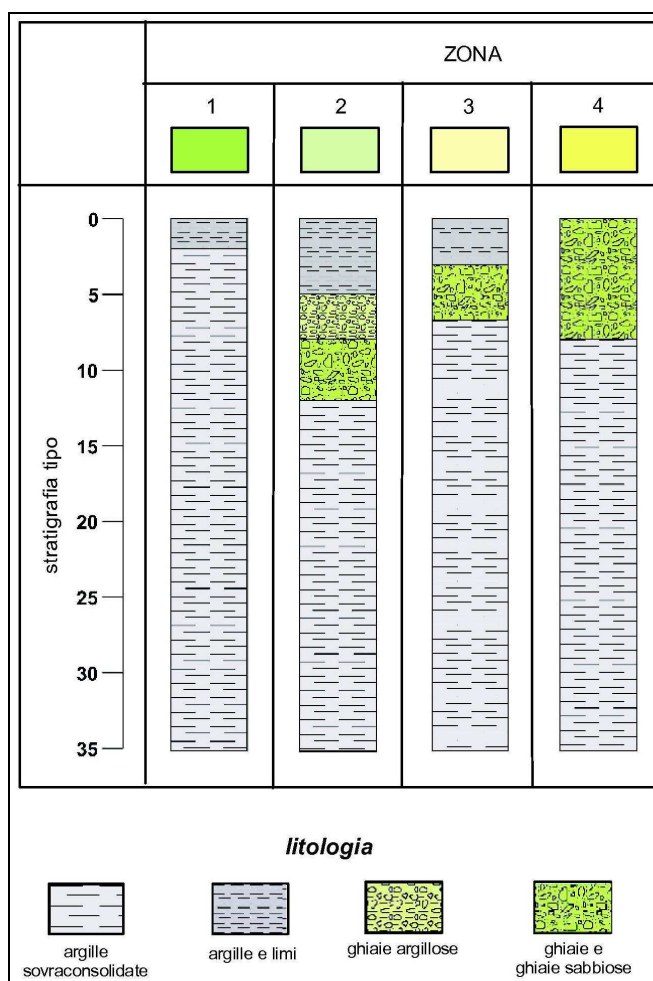


Fig. 19 – colonne stratigrafiche tipo dell'areale di Ozzano Taro

#### 4.4.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 6B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, indicando rispettivamente zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Le misure HVSR19 e HVSR21 (Fig. 20), effettuate sul versante costituito dalle Argille Azzurre (Zona 1), sono caratterizzate da picchi ad alta frequenza (15÷20 Hz) e di ampiezza compresa tra 2 e 3, generati dall'alterazione della porzione superficiale (circa 2÷3 m) della formazione. Gli ulteriori picchi che si rinvergono a frequenze più basse, possono essere attribuiti a contrasti di impedenza presenti all'interno della stessa formazione, dato il notevole spessore delle Argille Azzurre di diverse centinaia di metri.

La misura HVS18, ricade nella Zona 2 corrispondente al terrazzamento alluvionale pleistocenico ed evidenzia anch'essa picchi ad alta frequenza simili ai precedenti, ma correlabili al livello ghiaioso generalmente presente a profondità di  $-3.00 \div 5.00$  m da p.c..

Le misure HVS17, HVS22 e HVS20 (anche se quest'ultima prossima al limite di zona), ricadono nella Zona 3, dominio dei sedimenti alluvionali del Subsistema di Ravenna. Similmente alla precedente zona, i picchi di frequenze con ampiezze maggiori sono confinati a frequenze elevate, data la presenza di un livello ghiaioso a limitata profondità.

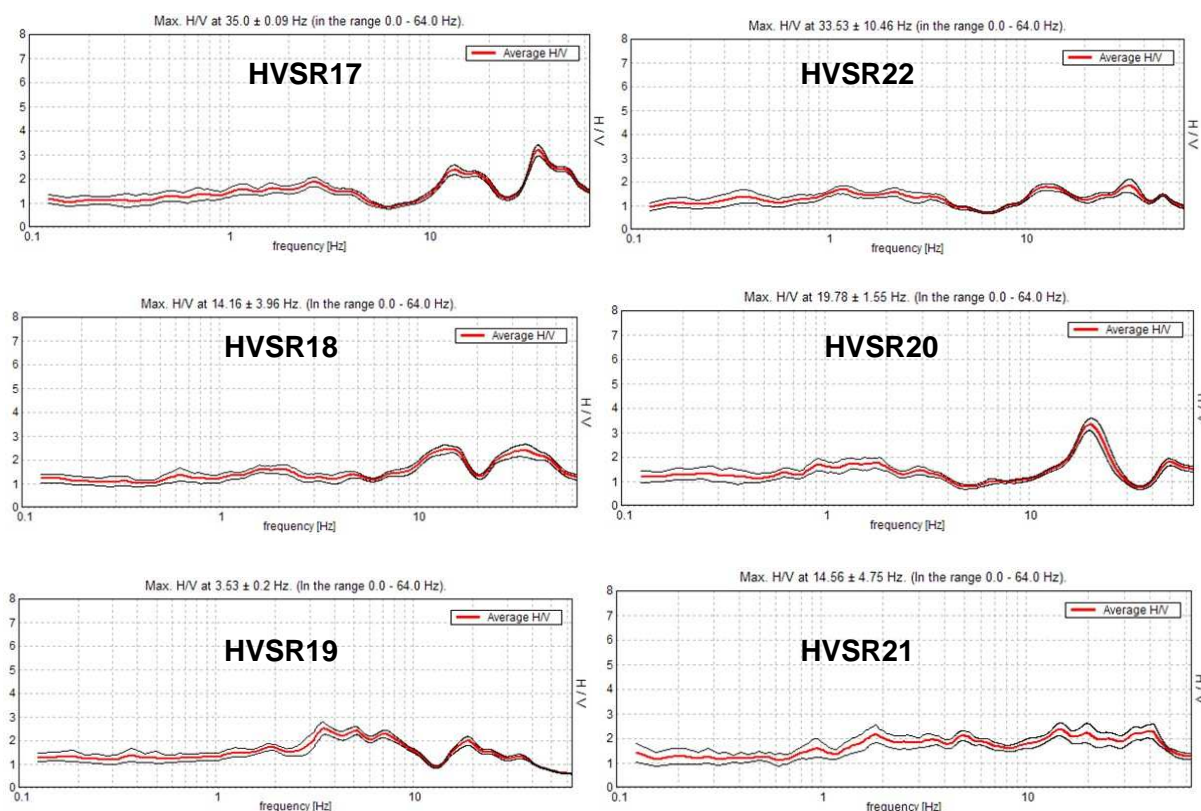


Fig. 20 – Curve H/V delle indagini eseguite nell'areale di Ozzano Taro

#### 4.4.7 Microzone omogenee in prospettiva sismica

L'areale in studio è caratterizzato da 4 distinte microzone omogenee, costituite da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (Tav. 6C).

##### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di un substrato argilloso marino, ricoperto nella zona di fondovalle da depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell'areale di fondovalle in esame, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico. Tale condizione non si manifesta nemmeno nel settore sud-orientale dell'area in studio, in quanto lungo il pendio è caratterizzato da una inclinazione media pari a circa 12°.

### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi significativi entro i primi 20 metri di sottosuolo.

### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, consente di escludere l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

In considerazione delle risultanze sopra descritte l'areale dovrà essere assoggettato ad approfondimenti di 2° livello.

## 4.5 MADREGOLO

### 4.5.1 Inquadramento geografico

L'areale in studio si colloca nel settore settentrionale del territorio comunale. L'abitato di Madregolo si è sviluppato lungo la S.P. n°49 di Collecchio (cfr. Tav. 1).

### 4.5.2 Geologia e geomorfologia

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono costituiti da sedimenti alluvionali della conoide del F. Taro appartenenti all'unità stratigrafica del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Più in particolare il settore prospiciente la strada provinciale ricade su terreni attribuiti al Subintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Viceversa i terreni affioranti nel settore occidentale sono riferibili all'Unità di Modena.

Si tratta di alternanze di argille, argille limose e ghiaie, connesse alla sedimentazione operata nel corso dell'Olocene dal F. Taro, il cui attuale corso si colloca circa 1 km ad ovest del centro abitato. L'Unità Modena si differenzia dagli altri depositi per la presenza di un suolo di ridotto spessore (inferiore a 100 cm), caratterizzato da un grado di alterazione molto basso, data l'età più recente di deposizione (*Post-VI secolo d.C.*).

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per trascinamento avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Sotto il profilo geomorfologico l'areale, situato a quote comprese tra 77 e 70 m s.l.m., mostra una pendenza generale orientata verso il quadrante nord-orientale.

L'idrografia locale è rappresentata dal canale degli Otto Mulini, che si snoda a nord-ovest del centro abitato con andamento circa SW-NE.

### 4.5.3 Idrogeologia

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa -20.00 m da p.c..

Con riferimento allo "*Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche*" a cura di Gianmarco Di

Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra  $-6.00 \div 8.00$  m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso i quadranti settentrionali.

#### **4.5.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini**

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche disponibili presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ed eseguite in passato nell'areale a corredo della progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi (Tav. 7A).

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°4 misure HVSR a stazione singola (Tav. 7A).

#### **4.5.5 Litostratimetria**

L'assetto litostratimetrico della maggior parte dell'areale (Zona 2) è caratterizzato in un superficie da una coltre fine di natura argilloso-limosa (circa 4 m), in ricoprimento di un potente orizzonte di depositi grossolani costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti che si spingono sino a circa  $-23$  m dal p.c. (Fig. 21).

Al di sotto si rinviene un livello argilloso-limoso dello spessore di circa 5 m, che ricopre un livello di minore potenza (circa 3 m) costituito da ghiaie argillose. La sequenza prosegue con un ulteriore livello di pari spessore di depositi argilloso-limosi, in ricoprimento di un più profondo orizzonte a ghiaie prevalenti, che si spinge a profondità superiori a  $-35.00$  m dal p.c..

Il settore ad ovest del Canale Otto Mulini (Zona 1) si differenzia sostanzialmente dal resto dell'areale per il minor spessore della coltre argilloso-limosa superficiale, che ricopre ghiaie argillose dello spessore di qualche metro, a loro volta sovrapposte ad un potente pacco di depositi grossolani costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti.

In questa zona la profondità del substrato marino (Sintema di Costamezzana) è situato a profondità di circa  $-20.00$  m da p.c..

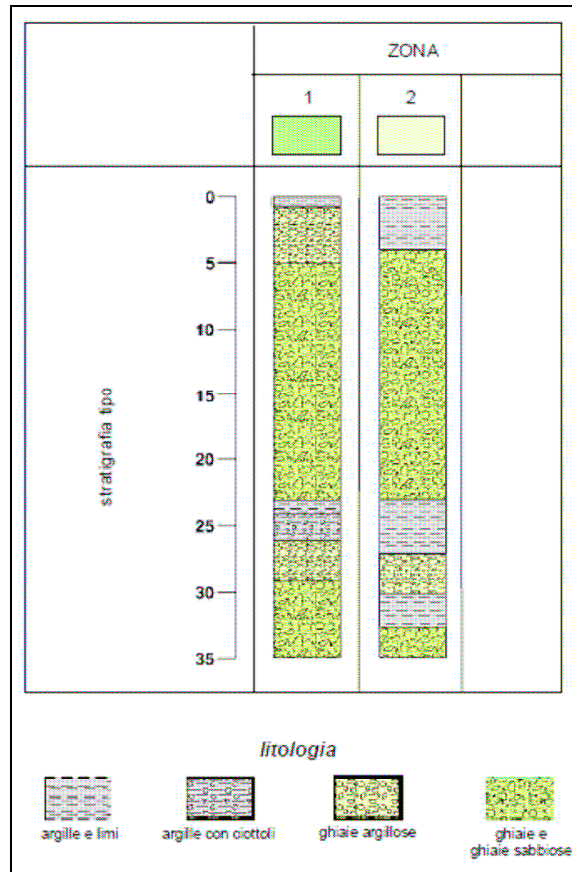


Fig. 21 – colonne stratigrafiche tipo dell'areale di Madregolo

#### 4.5.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 7B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, indicando rispettivamente zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi ad alta frequenza (8.4÷16 Hz) con ampiezza della curva H/V compresa tra 2 e 3, con eccezione della prova HVSR43 in cui il picco raggiunge valori prossimi a 4 (Fig. 22).

I picchi presenti alle frequenze di 13÷15 Hz sono indotti dalla presenza di un primo livello ghiaioso superficiale di spessore >10 m, il cui tetto si colloca a ridotta profondità rispetto al piano campagna. Gli ulteriori picchi a frequenze più basse possono essere correlati ad intercalazioni fini entro i depositi grossolani, caratterizzate dalla presenza di materiali argilloso-limosi talvolta preponderanti rispetto alla frazione grossolana.



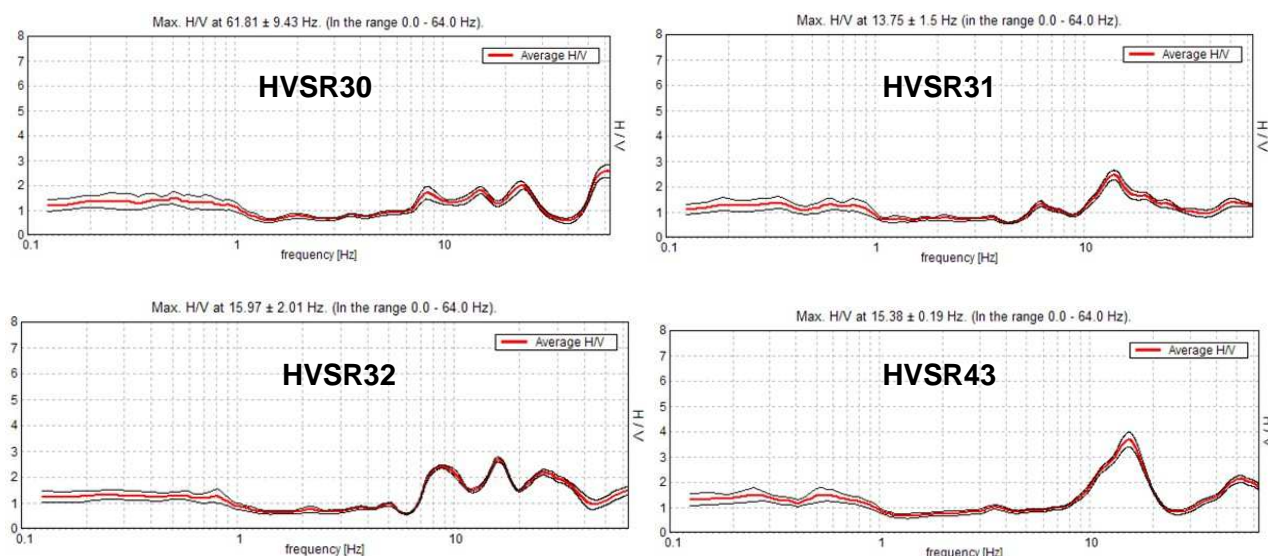


Fig. 22 – Curve H/V delle indagini eseguite nell'areale di Madregolo

#### 4.5.7 Microzone omogenee in prospettiva sismica

L'areale in studio è caratterizzato da due distinte microzone omogenee, costituite da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (Tav. 7C).

##### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

##### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante del comparto, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

##### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi significativi entro i primi 20 metri di sottosuolo.

##### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, consente di escludere l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

In considerazione delle risultanze sopra descritte l'areale dovrà essere assoggettato ad approfondimenti di 2° livello.



## **4.6 SAN MARTINO SINZANO**

### **4.6.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca nel settore orientale del territorio comunale, all'intersezione tra la strada comunale di San Martino Sinzano e la strada comunale Pavesi (cfr. Tav. 1).

### **4.6.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono costituiti da sedimenti alluvionali della conoide del T. Baganza appartenenti all'unità stratigrafica del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Più in particolare il settore su cui ricade il centro abitato di San Martino Sinzano ricade su terreni attribuiti al Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.). Si tratta di alternanze di argille, argille limose e ghiaie, connesse alla sedimentazione operata nel corso dell'Olocene dal T. Baganza, le cui divagazioni sono testimoniate dalle numerose tracce di alvei fluviali abbandonati presenti nell'areale (v. Tav. 2 fuori testo). L'attuale corso del torrente si snoda a circa 1,4 km ad est dell'abitato.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Viceversa il settore nord-occidentale è interessato dall'affioramento di terreni riferibili al Subsistema di Villa Verrucchio – Unità di Niviano (Pleistocene sup.). Si tratta di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e può raggiungere i 4÷5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo è di circa 15 metri.

Tali depositi affiorano a causa della struttura anticlinale sepolta di Stradella, che ha innalzato i depositi sottostanti.

Sotto il profilo geomorfologico l'areale, situato a quote comprese tra 117 e 106 m s.l.m., mostra una pendenza generale orientata verso i quadranti settentrionali. L'idrografia locale è rappresentata da una fitta rete di canali irrigui orientata con la pendenza del territorio.

#### **4.6.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa -15.00 m da p.c., a causa della presenza della struttura anticlinalica di Stradella.

Con riferimento a dati bibliografici (Relazione annuale corpi idrici sotterranei 2000-2001 - Ass. Ambiente e Difesa del Suolo della Provincia di Parma), la falda risulta caratterizzata da una direzione di flusso prevalente verso N e da una soggiacenza di circa -10.00 m da p.c..

#### **4.6.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini**

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche disponibili presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ed eseguite in passato nell'areale a corredo della progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi (Tav. 8A).

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°2 misure HVSR a stazione singola (Tav. 8A).

#### **4.6.5 Litostratimetria**

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato da una copertura fine argilloso-limosa di limitata potenza, in ricoprimento di un primo livello grossolano a ghiaie e sabbie prevalenti, che si spinge alla profondità di circa -6.00 m dal p.c., dove si riscontra la presenza di un orizzonte fine argilloso-limoso di circa 3.00 m di spessore (Fig. 23).

Al di sotto è presente un secondo livello grossolano simile al precedente ma di maggiore spessore (circa 9.00÷10.00 m), che a sua volta ricopre un potente pacco di depositi argillosi con ciottoli la cui base è individuabile a circa -32.00 m dal p.c..

A questa profondità compare un terzo livello di depositi a ghiaie e sabbie prevalenti sino alla quota di -36.00 m da p.c., cui fanno seguito depositi argillosi di spessore pari a circa 7 metri.

In questa zona la profondità del substrato marino (Sintema di Costamezzana) è situato a profondità di circa -20÷25 m da p.c..

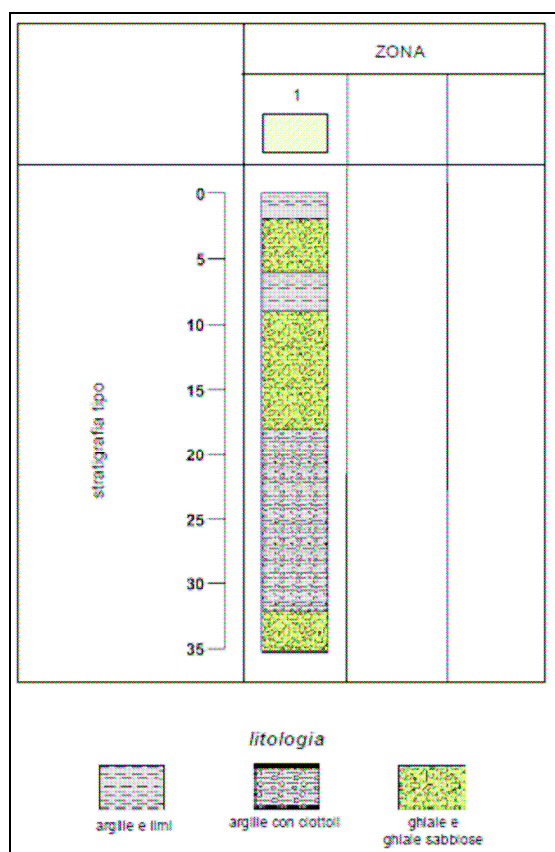


Fig. 23 – colonna stratigrafica tipo dell'areale di S. Martino Sinzano

#### 4.6.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 8B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, indicando rispettivamente zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi ad alta frequenza (circa >20 Hz) con ampiezza della curva H/V inferiore a 2 (Fig. 24), indotti dalla presenza di un livello ghiaioso superficiale di spessore >10 m, il cui tetto si colloca a ridotta profondità rispetto al piano campagna. Ulteriori picchi di minore ampiezza sono presenti a frequenze minori comprese tra 3 e 10 Hz, riconducibili ai livelli ghiaiosi sottostanti.

Il confronto delle due misure HVSR evidenzia l'elevata variabilità litostratimetrica dei depositi dell'areale, dovuta ad una sedimentazione di tipo torrentizio, con frequenti divagazioni di tracciato del corso d'acqua.

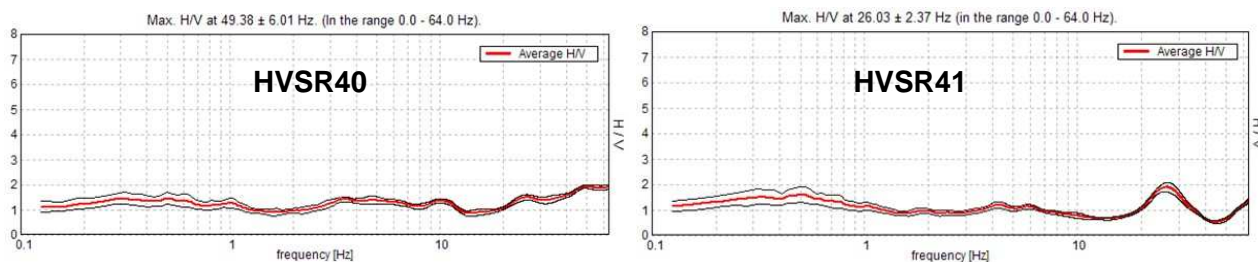


Fig. 24 – Curve H/V delle indagini eseguite nell'areale di San Martino Sinzano

#### 4.6.7 Microzone omogenee in prospettiva sismica

L'areale in studio è caratterizzato da un'unica microzona omogenea, costituita da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (Tav. 8C).

##### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

##### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante del comparto, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

##### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi significativi entro i primi 20 metri di sottosuolo.

##### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, consente di escludere l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

In considerazione delle risultanze sopra descritte l'areale dovrà essere assoggettato ad approfondimenti di 2° livello.

## 4.7 STRADELLA – LEMIGNANO

### 4.7.1 Inquadramento geografico

L'areale in studio si colloca nel settore nord-orientale del territorio comunale, lungo la principale direttrice stradale rappresentata dalla Strada Statale n°62 della Cisa (cfr. Tav. 1).

### 4.7.2 Geologia e geomorfologia

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono costituiti da sedimenti alluvionali di conoide appartenenti all'unità stratigrafica del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Più in particolare i settori su cui ricadono i centri abitati di Stradella e Lemignano ricadono su terreni attribuiti al Subsintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.). Si tratta di alternanze di argille, argille limose e ghiaie, connesse alla sedimentazione operata nel corso dell'Olocene dal T. Baganza.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Viceversa in una ristretta fascia, che si sviluppa attorno all'abitato di Stradella sui lati ovest, nord-ovest e nord, affiorano terreni riferibili al Subsintema di Villa Verucchio – Unità di Niviano (Pleistocene sup.).

Si tratta di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e può raggiungere i 4÷5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composta e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo è di circa 15 metri.

Tali depositi affiorano a causa della struttura anticlinale sepolta di Stradella, che appartiene ad una fascia articolata in direzione SE–NO, riconducibile al sistema del "Fronte di accavallamento esterno" (E.T.F.: *External Thrust Front*), articolato in grandi pieghe asimmetriche con andamento anticlinale, dislocate e deformate da faglie inverse e sovrascorrimenti, immergenti verso SSO con inclinazioni comprese tra i 15° e i 30°.

Il sistema, sepolto dalla coltre alluvionale quaternaria, ha portato a evidenti processi di dislocazione per faglia e sollevamento del substrato mesozoico e mio–pliocenico fino ai depositi del Supersintema Quaternario Marino e alla base del sovrastante Sintema Emiliano–Romagnolo inferiore (*Pleistocene inferiore–medio*), che presentano una potenza inferiore rispetto al sottosuolo delle fasce di pianura interne ed esterne all'alto strutturale.

Sotto il profilo geomorfologico l'areale è situato a quote comprese tra i circa 105 m s.l.m. del settore meridionale e gli 85 m del settore nord-est in prossimità del confine con il territorio del Comune di Parma. La pendenza generale è orientata verso il quadrante nord-orientale. L'idrografia locale è rappresentata da una fitta rete di canali irrigui orientata con la pendenza del territorio.

Nell'areale sono riconoscibili le tracce di numerosi alvei fluviali abbandonati con andamento circa S-N.

#### **4.7.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa  $-15.00 \div 20.00$  m da p.c..

Con riferimento a dati bibliografici (Relazione annuale corpi idrici sotterranei 2000–2001 – Ass. Ambiente e Difesa del Suolo della Provincia di Parma), la falda risulta caratterizzata da una direzione di flusso prevalente verso N e da una soggiacenza di circa  $-10.00$  m da p.c..

#### **4.7.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini**

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche disponibili presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ed eseguite in passato nell'areale a corredo della progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi (Tav. 9A).

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°8 misure HVSR a stazione singola (Tav. 9A).

#### **4.7.5 Litostratimetria**

L'assetto litostratimetrico dell'areale (cfr. Fig. 25) è caratterizzato superficialmente da una copertura fine argilloso-limosa che, fatta eccezione per la fascia che borda l'abitato di Stradella (cfr. cap. 3.7.2), presenta un modesto spessore (circa 2.00 m). Al di sotto è presente un livello di ghiaie argillose che si spinge sino a circa  $-5.00$  m dal p.c., dove compare il tetto di un potente pacco di depositi grossolani costituito da ghiaie e ghiaie sabbiose, intercalate da sottili livelli argilloso-limosi.

Viceversa il sottosuolo della fascia che borda l'abitato di Stradella (denominato Zona 2), corrispondente all'area di affioramento delle alluvioni pleistoceniche dell'Unità di Niviano, si

caratterizza per una maggiore potenza della copertura fine superficiale (circa 6.00÷7.00 m), costituita da argille di colore giallastro, in ricoprimento di depositi a ghiaie sabbiose e ghiaie argillose con subordinate intercalazioni fini.

In questa zona la profondità del substrato marino (Sintema di Costamezzana) è situato a profondità di circa -30÷-35 m da p.c..

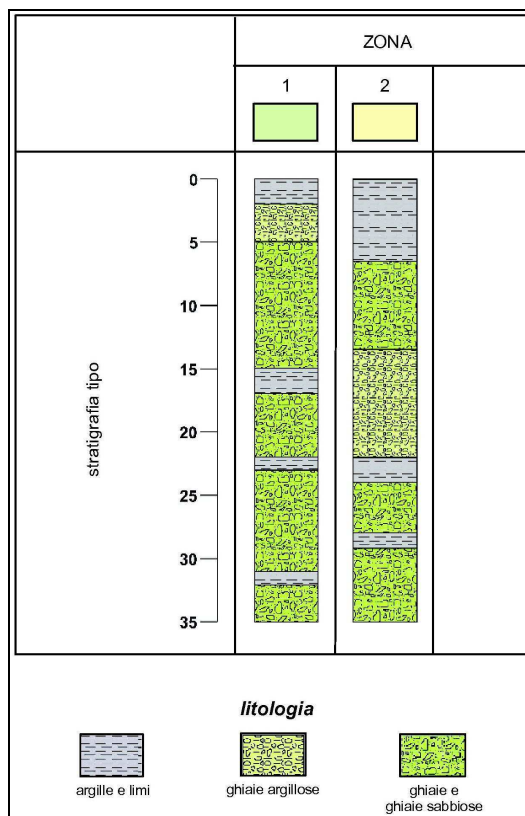


Fig. 25 – colonne stratigrafiche tipo dell'areale di Stradella - Lemignano

#### 4.7.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 9B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, indicando rispettivamente zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio di Lemignano è caratterizzato dalla presenza di depositi ghiaiosi situati a ridotta profondità (-2.00÷4.00 m rispetto al piano campagna), che generano picchi ad alta frequenza (>10 Hz) e con ampiezza della curva H/V inferiore a 3 (Fig. 26). A frequenze più basse non si osservano ulteriori picchi, indicando l'assenza di contrasti di impedenza significativi sino a profondità di circa 80 m (1 Hz).



Le misure effettuate nell'area di affioramento dei depositi alluvionali riferibili all'Unità di Niviano (Zona 2), evidenziano picchi localizzati a frequenze leggermente inferiori rispetto a quelli della Zona 1 (Fig. 27), con valori compresi all'incirca tra 8 e 10 Hz: in questa zona, infatti, lo spessore della copertura argillosa che maschera i depositi grossolani raggiunge spessori di 7-8 metri.

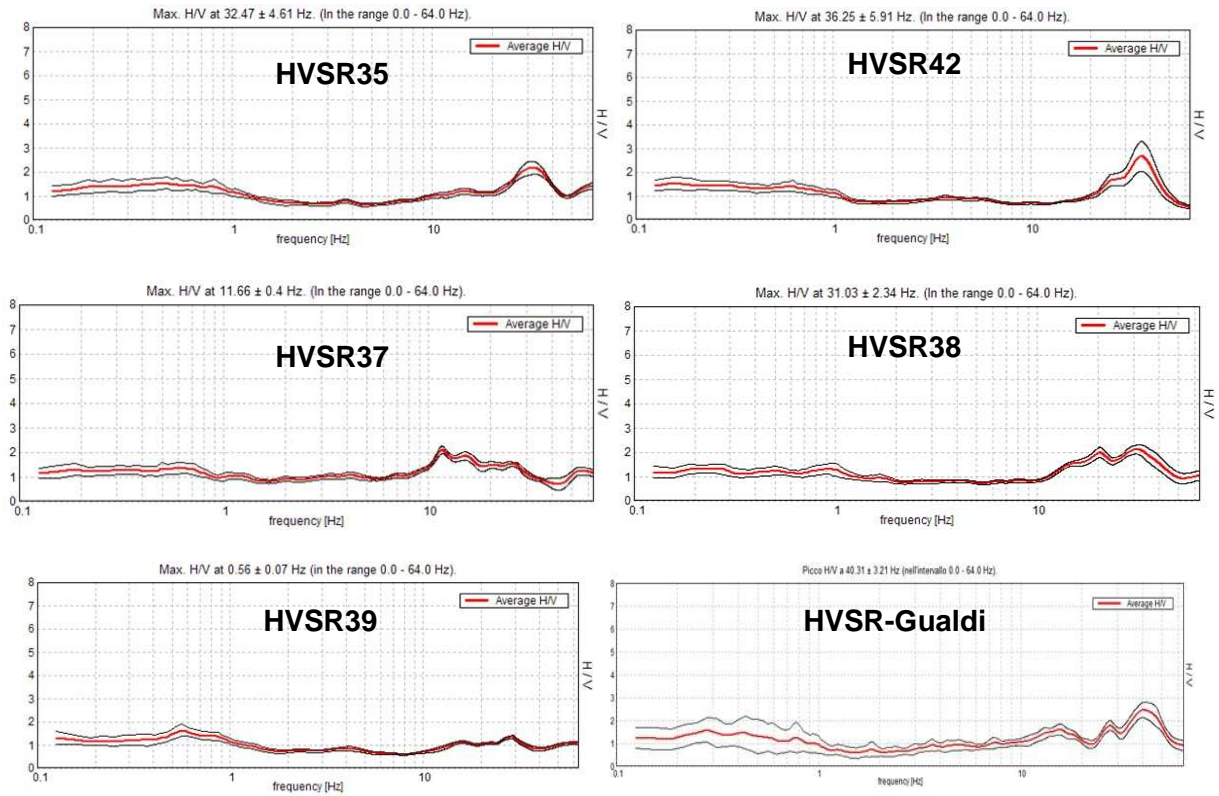


Fig. 26 – Curve H/V delle indagini eseguite nell'areale di Lemignano (Zona 1)

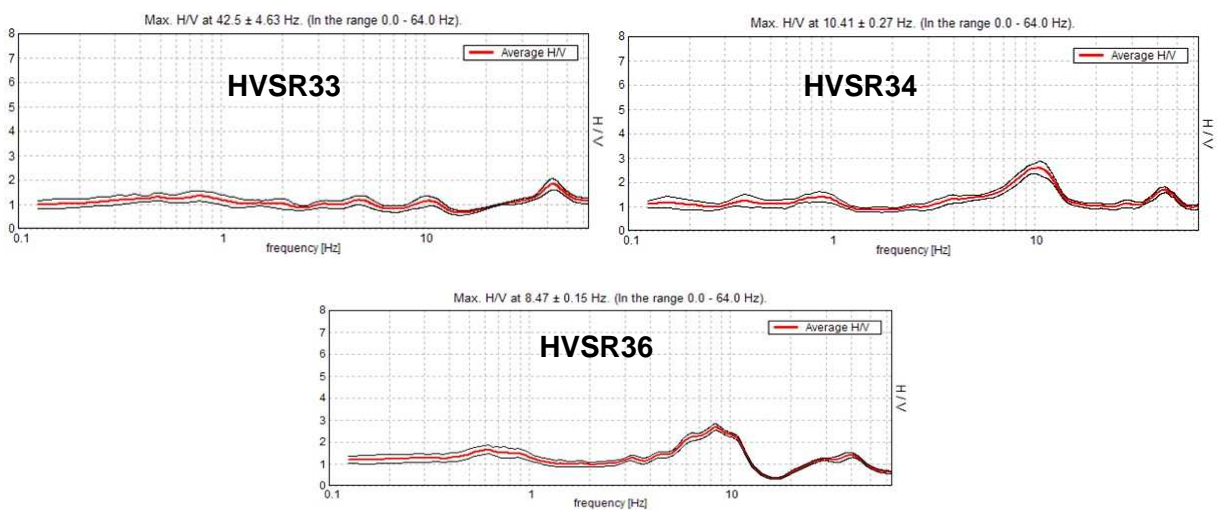


Fig. 27 – Curve H/V delle indagini eseguite nell'areale di Stradella (Zona 2)

#### **4.7.7 Microzone omogenee in prospettiva sismica**

L'areale in studio è caratterizzato da due distinte microzone omogenee, costituite da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (Tav. 9C).

##### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

##### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante del comparto, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

##### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi significativi entro i primi 20 metri di sottosuolo.

##### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, consente di escludere l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

In considerazione delle risultanze sopra descritte l'areale dovrà essere assoggettato ad approfondimenti di 2° livello.

## **5. MICROZONAZIONE SISMICA – SECONDO LIVELLO**

### **5.1 Collecchio Nord – via delle Nazioni Unite**

#### **5.1.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca all'estremità nord-est dell'abitato di Collecchio Capoluogo ed è delimitato sul lato settentrionale dal complesso sportivo del Parma Calcio e da via della Nazioni Unite e sul lato occidentale dal complesso ricreativo e commerciale "Ego-Village" (cfr. Tav. 1).

#### **5.1.2 Caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche**

Come descritto nel cap. 4.1 sotto il profilo geologico i depositi affioranti appartengono al Sintema Emiliano-Romagnolo Sup. – Subsintema di Ravenna.

Si tratta di alternanze di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1.00 m.

L'area si colloca alla quota media di 117 m s.l.m., mostrando una debole pendenza verso NNE.

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -5.00÷-6.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante settentrionale.

#### **5.1.3 Litostratimetria**

L'assetto litostratimetrico (Fig. 28) dell'areale è caratterizzato dalla presenza di un orizzonte superficiale limoso-argilloso di ridotto spessore (1.5÷2.0 m), in ricoprimento di depositi ghiaiosi che si spingono sino alla profondità indicativa di circa -14.00 m da p.c..

La porzione superiore di questi depositi grossolani è caratterizzata dalla presenza di una matrice limo-argillosa sino a circa -6.00 m da p.c..

Oltre la quota di -14.00 m da p.c. si ha il passaggio a sedimenti costituiti da argille e ghiaie in alternanza, per poi passare nuovamente a depositi prevalentemente ghiaiosi a partire da -24.00 m dal p.c..

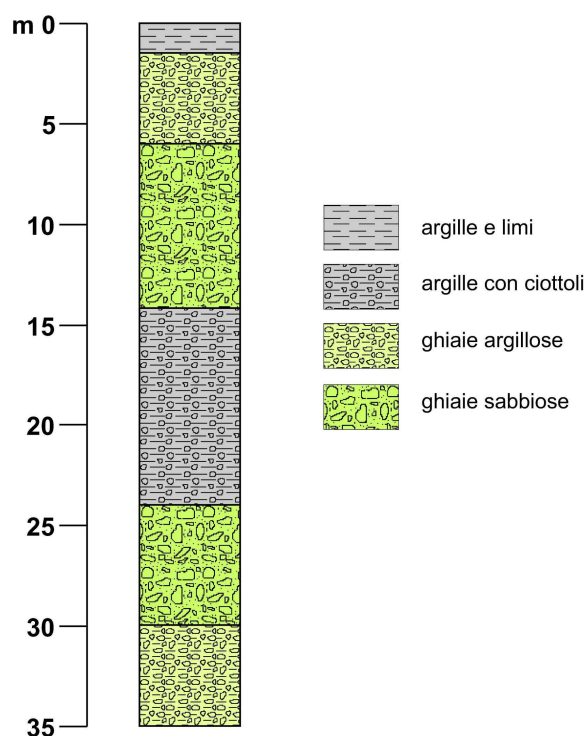


Fig. 28 – colonna stratigrafica tipo dell'areale di Collecchio nord – via delle Nazioni Unite

#### 5.1.4 Frequenze naturali dei terreni

Dall'analisi di Tav. 3B emerge che nell'areale in studio le frequenze naturali dei terreni sono caratterizzate da valori di picco ad alta frequenza, comprese tra 18.5 e 20.2 Hz, indotti da spessi orizzonti ghiaiosi situati a ridotta profondità dal piano campagna, mentre a frequenze più basse non si evidenziano picchi significativi.

Solamente alla frequenza di circa 4 Hz si riscontra un accenno di picco, preceduto da un pattern caratteristico delle inversioni di velocità, associabile alla presenza dell'orizzonte di ghiaie situato alla profondità di circa -24.00 m da p.c., più addensato rispetto ai sedimenti sovrastanti e che potrebbe marcare il passaggio ai sedimenti del Sistema di Costamezzana (Quaternario marino).

#### 5.1.5 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio, ottenuto attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW (Fig. 29) e tramite interpretazione delle prove HVSr (Fig. 30) eseguite nelle immediate adiacenze, evidenzia un graduale aumento della velocità dal piano campagna sino a circa - 3.00÷5.00 m di profondità, dove vengono raggiunte velocità di 400÷500 m/s a causa della presenza di depositi ghiaiosi.

In HVSR4, alla quota di -15.00 m dal p.c., si osserva una significativa inversione di velocità, con riduzione a valori di 400 m/s, determinate dal passaggio a depositi con significativa componente argilloso-limosa.

Alle profondità di circa -26.00 m in HVSR47 e di -24.00 m in HVSR4 si registra un nuovo significativo incremento di velocità con valori massimi di 600÷700 m/s riconducibili all'alto contrasto di impedenza dato dal tetto del Quaternario marino (Sintema di Costamezzana) considerabile bedrock sismico lento.

Tale contrasto di impedenza non risulta evidente nell'indagine MASW, probabilmente a causa di una scarsa risoluzione della prova per profondità superiori a 20 metri.

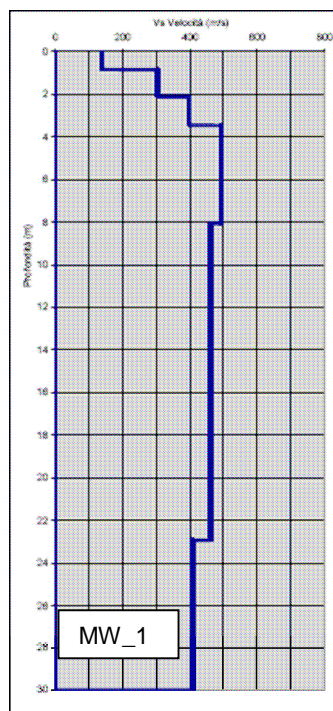


Fig. 29 – Profilo di velocità delle onde di taglio prova MASW areale di Collecchio Nord – via Nazioni Unite

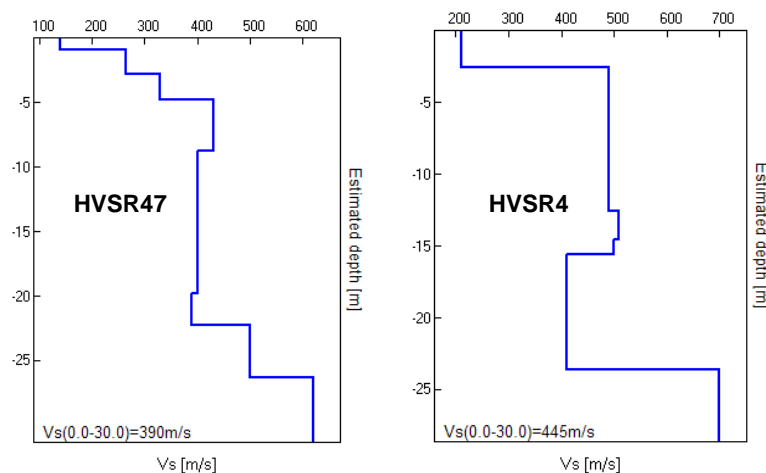


Fig. 30 – Profilo di velocità delle onde di taglio misure HVSR - areale di Collecchio Nord – via Nazioni Unite

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSR sono compresi tra un minimo di 390 m/s e un massimo di 445 m/s.

Considerando il Sintema di Costamezzana come substrato marino assimilabile ad un bedrock lento ( $V_s < 800$  m/s), sono stati determinati i seguenti valori di velocità media delle onde di taglio nella copertura alluvionale ( $V_{sH}$ ):

<i>misura</i>	<i>H (m)</i>	<i>V<sub>sH</sub> (m/s)</i>
HVSR4	23.6	405
HVSR47	26.3	371

Tab. 1 – Valori di  $V_{sH}$  nell'areale di Collecchio Nord – via delle Nazioni Unite

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l'areale di “Collecchio Nord – via delle Nazioni Unite” può essere attribuito alla categoria “**B**”.

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 10A.

### 5.1.6 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione

L'area in oggetto, sotto il profilo delle microzone omogenee in prospettiva sismica individuate nel corso del primo livello di approfondimento (v. Tav. 3C), ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Data la presenza di un substrato marino soggiacente alla copertura alluvionale, rappresentato dal Sintema di Costamezzana, con tetto a quote di -23.00÷26.00 m da p.c. l'attribuzione dei fattori di amplificazione è stata effettuata attraverso il parametro  $V_{sH}$ .

In particolare è stata utilizzata la tabella dei fattori di amplificazione relativi al margine appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s, assumendo in termini cautelativi come profilo di  $V_s$  rappresentativo dell'area quello relativo alla misura HVSR47.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da un'unica zona (Tav. 10B).

I fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 2:

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>1.9</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math>)</b>	<b>2.0</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1.0s</math>)</b>	<b>1.7</b>

Tab. 2 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di "Collecchio Nord – via delle Nazioni Unite"

Successivamente, a livello di predisposizione dei Piani Urbanistici Attuativi, dovranno essere eseguiti approfondimenti volti ad accertare l'esistenza dei fenomeni di inversione di velocità delle onde di taglio e le possibili implicazioni sotto il profilo della RSL.



## **5.2 Collecchio Sud-Ovest**

### **5.2.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca all'estremità sud-occidentale dell'abitato di Collecchio Capoluogo ed è delimitato sul lato sud-est dal tracciato storico della S.S. n° 62 della Cisa, a sud-ovest dalla bretella stradale di collegamento con la tangenziale e a nord-ovest dalla linea ferroviaria Pontremolese e dal binario di servizio alla vicina area militare della Rete P.O.L. (cfr. Tav. 1).

### **5.2.2 Caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche**

Come descritto nel cap. 3.1, sotto il profilo geologico i depositi affioranti appartengono al Sistema Emiliano-Romagnolo Sup. – Subsistema di Ravenna.

Si tratta di alternanze di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1.00 m.

L'area si colloca a quote comprese tra 111 e 113 m s.l.m., mostrando una debole pendenza verso il quadrante settentrionale.

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, con riferimento a dati di archivio relativi ad indagini geognostiche effettuate nell'areale, il tetto della falda risulta situato a profondità maggiori di -15.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante settentrionale.

### **5.2.3 Litostratimetria**

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato dalla presenza di una spessa coltre di depositi prevalentemente fini di natura argilloso-limosa, che si spinge a profondità di -16.00÷17.00 m da p.c. (Fig. 31).

Nella porzione superiore talvolta si riscontra la presenza di livelli lenticolari di argille con ciottoli.

Tali depositi ricoprono un orizzonte di ghiaie argillose e argille ghiaiose, la cui base è situata alla profondità di circa -28.00÷30.00 m da p.c. e al di sotto della quale sono presenti dei depositi ghiaiosi conglomeratici.

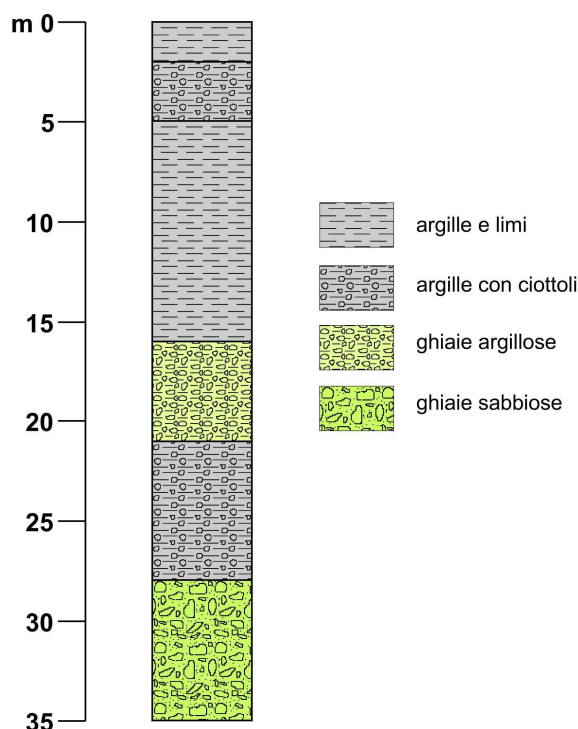


Fig. 31 – colonna stratigrafica tipo dell’areale di Collecchio Sud-Ovest

#### 5.2.4 Frequenze naturali dei terreni

Dall’analisi di Tav. 3B emerge che nell’areale in studio le frequenze naturali dei terreni sono caratterizzate da valori di picco a frequenze comprese tra 4.0 e 4.8 Hz, correlabili al contrasto di impedenza tra coltre superficiale di depositi fini e depositi ghiaiosi sottostanti.

Sono individuabili picchi secondari a frequenze maggiori di 10 Hz, di modesta ampiezza, probabilmente indotti dalle intercalazioni superficiali di argille con ciottoli.

Viceversa a frequenze inferiori a 4 Hz non sono presenti picchi significativi.

#### 5.2.5 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio, ottenuto attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW (Fig. 32) e tramite interpretazione delle prove HVSr (Fig. 33) eseguite in prossimità dell’areale in esame, evidenzia un graduale aumento della velocità dal piano campagna sino a circa –2.00 m di profondità, dove vengono raggiunte velocità comprese tra 200 e 320 m/s.

A profondità di –5.00÷7.50 in HVSr13 e HVSr14, di –10.50 m in MASW\_2 e di -15.00 in HVSr48 si osservano netti incrementi di velocità con valori massimi di 430÷590 m/s.

In corrispondenza della prova MASW si nota una modesta riduzione di velocità (450 m/s) alla profondità di -14.50 m dal p.c., per aumentare nuovamente a 480 m/s nel tratto compreso tra -19.50 e -30.00 m dal p.c..

Viceversa in HVSR48 e in HVSR13, rispettivamente alla quota di -19.00 e di -12.50 m dal p.c., si osservano significative inversioni di velocità, con riduzione a valori di 450 m/s in HVSR48 e addirittura a 280 m/s in HVSR13.

Nelle medesime prove alle profondità di -25.00 m in HVSR48 e di -21.00 m in HVSR13 si registra un nuovo significativo incremento di velocità con valori massimi di 650÷780 m/s riconducibili all'alto contrasto di impedenza dato dal tetto del Quaternario marino (Sintema di Costamezzana) considerevole bedrock sismico.

Viceversa in HVSR14 tale contrasto viene rilevato alla profondità di circa -36 m dal p.c.

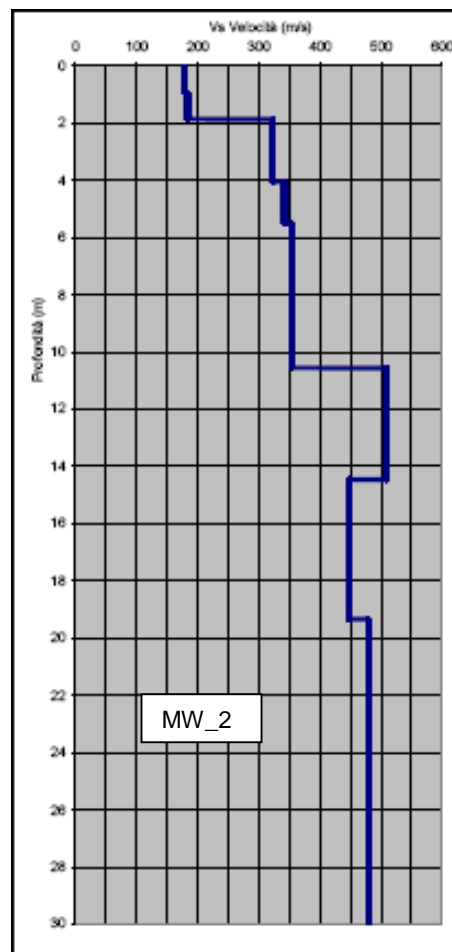


Fig. 32 – Profilo di velocità delle onde di taglio prova MASW\_2 - areale di Collecchio Sud-Ovest

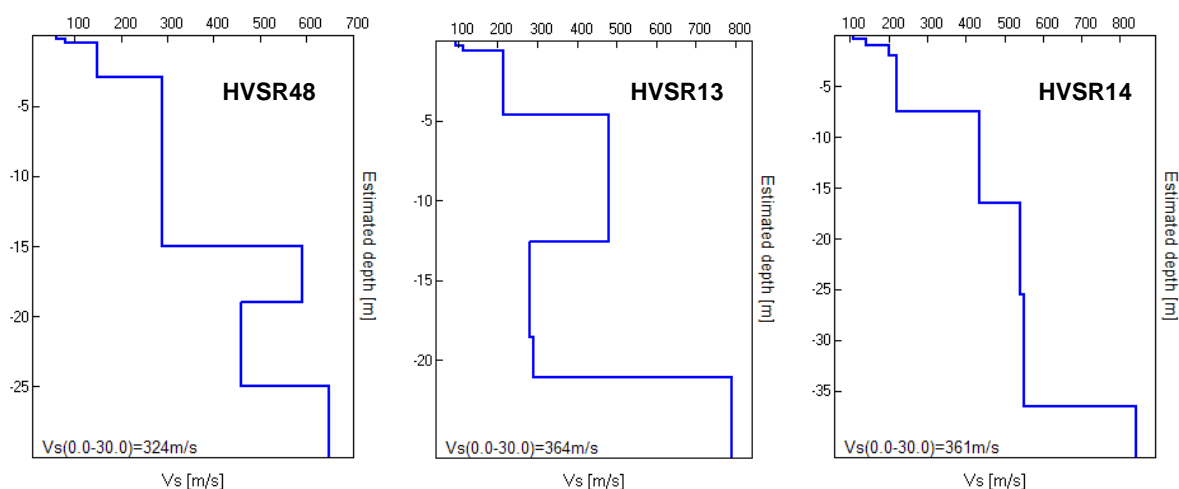


Fig. 33 – Profilo di velocità delle onde di taglio misura HVSR - areale di Collecchio Sud-Ovest

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSR sono compresi tra un minimo di 324 m/s e un massimo di 364 m/s, mentre la prova MW\_2 ha restituito una velocità pari a 393 m/s.

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l’areale di “Collecchio sud-ovest” può essere attribuito alla categoria “**B**”.

Considerando il Sintema di Costamezzana come substrato marino assimilabile ad un bedrock lento ( $V_s < 800$  m/s), sono stati determinati i seguenti valori di velocità media delle onde di taglio nella copertura alluvionale ( $V_{sH}$ ):

<i>misura</i>	<i>H (m)</i>	<i>V<sub>sH</sub> (m/s)</i>
HVSR13	21.1	297
HVSR14	16.5	283
HVSR48	25.0	294

Tab. 3 - Valori di  $V_{sH}$  nell’areale di Collecchio sud-ovest

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 11A e mostrano una discreta omogeneità sull’areale in studio relativamente alla velocità media delle onde di taglio nella copertura alluvionale.

## 5.2.6 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione

L'area in oggetto, sotto il profilo delle microzone omogenee in prospettiva sismica individuate nel corso del primo livello di approfondimento (v. Tav. 3C), ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Data la presenza di un substrato marino soggiacente alla copertura alluvionale, rappresentato dal Sintema di Costamezzana, con tetto a quote di -20.00÷25.00 m da p.c., l'attribuzione dei fattori di amplificazione è stata effettuata attraverso il parametro  $V_{sH}$ .

In particolare è stata utilizzata la tabella dei fattori di amplificazione relativi al margine appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_s < 800\text{m/s}$ , assumendo in termini cautelativi come profilo di  $V_s$  rappresentativo dell'area quello relativo alla misura HVSR48.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da un'unica zona (Tav. 11B).

I fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 4:

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>2.1</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.1\text{s} &lt; T_0 &lt; 0.5\text{s}</math>)</b>	<b>2,3</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.5\text{s} &lt; T_0 &lt; 1.0\text{s}</math>)</b>	<b>1.9</b>

Tab. 4 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di "Collecchio Sud-Ovest"

Successivamente, a livello di predisposizione dei Piani Urbanistici Attuativi, dovranno essere eseguiti approfondimenti volti ad accertare l'esistenza dei fenomeni di inversione di velocità delle onde di taglio e le possibili implicazioni sotto il profilo della RSL.

## **5.3 Ozzano Taro – Campo Sportivo**

### **5.3.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca sul limite orientale dell'abitato di Ozzano Taro ed è delimitata ad est dalla Strada comunale di Monticello e a nord e ad ovest da via dei Folli (cfr. Tav. 1).

### **5.3.2 Caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche**

Come descritto nel cap. 3.4, sotto il profilo geologico i depositi affioranti appartengono al Sintema Emiliano-Romagnolo Sup. – Subsintema di Villa Verucchio – Unità di Vignola.

Si tratta di depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi. Inoltre su base morfologica sono individuabili depositi di una conoide torrentizia inattiva.

Tali depositi sono sovrapposti ad un substrato marino, qui costituito dalla formazione marina pliocenica delle Argille Azzurre.

L'area si colloca a quote comprese tra 135 e 145 m s.l.m., con una modesta pendenza (~2÷3°) verso nord-ovest.

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -5.00÷6.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-occidentale.

### **5.3.3 Litostratimetria**

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine di natura argillosa-limosa dello spessore di circa 5.00 m, in ricoprimento di un livello di ghiaie argillose e ghiaie di potenza pari a circa 7 metri (Fig. 34).

Tali sedimenti costituiscono la coltre alluvionale terrazzata, che alla profondità di circa -12.00 m da p.c. ricopre il substrato argilloso sovraconsolidato delle Argille Azzurre.



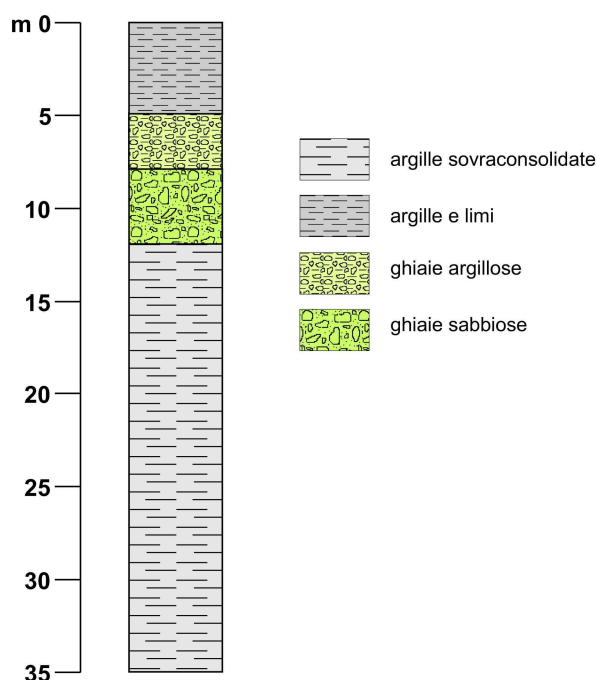


Fig. 34 – colonna stratigrafica tipo dell'areale di Ozzano Taro – campo sportivo

#### 5.3.4 Frequenze naturali dei terreni

Dall'analisi di Tav. 6B emerge che nell'areale in studio le frequenze naturali dei terreni sono caratterizzate da valori di picco ad alta frequenza, compresi tra 10 e 20 Hz, correlabili al contrasto di impedenza tra copertura fine e livello ghiaioso superficiale.

È presente un picco secondario a più bassa frequenza (3 Hz), che può essere associato ad un aumento della consistenza interno alla stessa formazione delle Argille Azzurre.

#### 5.3.5 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio, ottenuto attraverso il rilievo sismico con metodologia MASW (Fig. 35) e tramite interpretazione della prova HVSR (Fig. 36), evidenzia nel primo tratto velocità con valori iniziali di circa 200 m/s, sino ad arrivare a valori superiori a 400 m/s alla profondità di -5.00 m dal p.c..

In particolare, con riferimento alla sola MASW, alla profondità di -14.00 m da p.c. si raggiungono velocità pari a circa 700 m/s, attribuibili substrato marino della formazione delle Argille Azzurre.

La prova HVSR20 si distingue dalla MASW\_3 per il fatto che alla profondità di circa -9.00 m dal p.c. si manifesta una brusca riduzione di velocità (fenomeno di inversione) a circa 300 m/s, per poi dar vita ad un nuovo netto incremento di velocità (circa 600 m/s) alla profondità di -23.00 m dal p.c..

Va tuttavia precisato che la prova HVSR20 è stata eseguita alla distanza di circa 60 m a nord del campo sportivo, in un settore prossimo al passaggio tra depositi terrazzati dell'Unità di Niviano e depositi più recenti del Substema di Ravenna, che individuano due distinte microzone omogenee in prospettiva sismica (Tav. 6C).

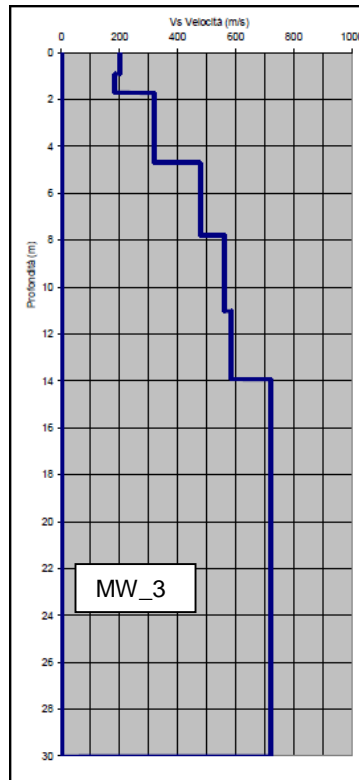


Fig. 35 – Profilo di velocità delle onde di taglio prova MASW\_3 Ozzano Taro “Campo sportivo”

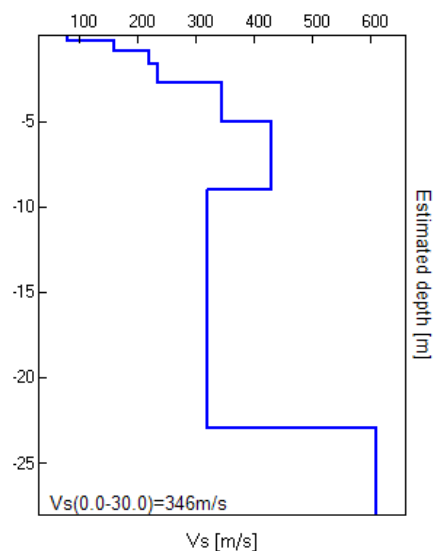


Fig. 36 – Profilo di velocità delle onde di taglio misura HVSR20 - areale di Ozzano Taro – Campo sportivo

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimato dalla prova HVSR sono pari a 346 m/s, mentre la prova MW\_3 ha restituito una velocità pari a 520 m/s.

Considerando rappresentativo dell'area oggetto di microzonazione il profilo di velocità ricavato dalla indagine MASW, la velocità media delle onde di taglio nei depositi di copertura ( $V_{sH}$ ), aventi spessore (H) di circa 14 m, risulta pari a 393 m/s.

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 "Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni", sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l'areale di Ozzano Taro – campo sportivo può essere attribuito alla categoria "B".

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 12A unitamente ai valori di  $V_{sH}$  ricavati tramite le misure HVSR a stazione singola e l'indagine MASW.

### 5.3.6 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione

L'area in oggetto, sotto il profilo delle microzone omogenee in prospettiva sismica individuate nel corso del primo livello di approfondimento (v. Tav. 6C), ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Il substrato marino, sottostante alla copertura alluvionale pleistocenica, è costituito dalle Argille Azzurre presenti alla profondità di circa -14.00 m da p.c. ed affioranti nel versante a monte dell'abitato di Ozzano Taro.

Trattandosi di un substrato con velocità delle onde di taglio inferiori a 800 m/s e situato a modesta profondità, l'attribuzione dei fattori di amplificazione è stata effettuata attraverso la tabella dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali, relativa al margine appennino con substrato lento.

Il valore di  $V_{sH}$  utilizzato è quello relativo alla indagine MASW (393 m/s con H = 14 m) e sotto il profilo della microzonazione di secondo livello l'areale in questione risulta caratterizzato da un'unica zona (Tav. 12B).

Pertanto i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame risultano i seguenti (Tab. 5):

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>1.6</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math>)</b>	<b>1.6</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1.0s</math>)</b>	<b>1.4</b>

Tab. 3 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di "Ozzano Taro – Campo sportivo"

Successivamente, a livello di predisposizione dei Piani Urbanistici Attuativi, dovranno essere eseguiti approfondimenti volti ad accertare l'esistenza dei fenomeni di inversione di velocità delle onde di taglio, l'entità del contrasto di impedenza all'interfaccia copertura alluvionale / substrato marino e le possibili implicazioni sotto il profilo della RSL.