

*Comune di Faenza*

*Regione Emilia Romagna*

## INTEGRAZIONE SISMICA

*Oggetto: PUA DI INIZIATIVA PRIVATA SCHEDA 9 "AREA TAMPIERI  
2" DEL PRG DI FAENZA.*

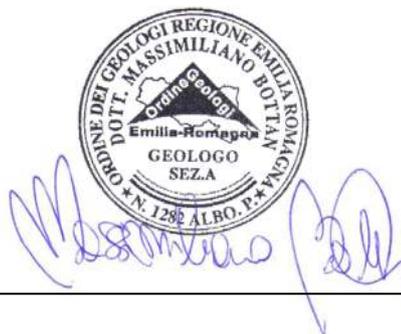
*Località: via San Cristoforo di Mezzeno – Faenza (RA)*

*Committente: Tampieri Financial Group Spa*

*Faenza Marzo 2023*

---

*Studio Associato di Ingegneria Geotecno  
dott. geol. Massimiliano Bottan  
Piazza San Rocco n°5  
Faenza – RA  
Tel 0546.25397 - fax 0546.667353  
E-mail: [m.bottan@tema.it](mailto:m.bottan@tema.it)*



## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	SINTESI DATI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI .....	3
3	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO.....	4
4	SISMICITA' DI RIFERIMENTO.....	5
5	ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA.....	8
6	CONCLUSIONI .....	15
7	ALLEGATI .....	17

## 1 INTRODUZIONE

La presente integrazione fa riferimento alla Relazione Geologica (“Studio Preliminare Geologico”) eseguita per il Piano Urbanistico Attuativo sull’area Tampieri 2 (Scheda 9 del PRG96), tra l’area della distilleria Tampieri di Faenza e l’Autostrada Adriatica A14.

L’attuale Integrazione sismica viene richiesta, dal Servizio Programmazione Territoriale della Provincia di Ravenna tramite l’Unione Della Romagna Faentina.

I riferimenti normativi sono: DGR 476/2021, DGR 564/2021, DGR 2193/2015, L.R. 19/2008 art.5, art. 32.5 POC, PRG96, RUE.

Altri riferimenti: Relazione Introduttiva 0581-A06-01 (Studio Tecnico Associato Moroni & D.L.), Schema di Urbanizzazione 0581-ED4-03 (Studio Tecnico Associato Moroni & D.L.).

## 2 SINTESI DATI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Dalla Relazione Geologica si riassumono i dati:

- Topografia: terreno agricolo, di media – bassa pianura alluvionale, con pendenze inferiori a 0,5%, variabili tra 22,00 e 23,00 m s.l.m.
- Strutture geomorfologiche: sepolte, accavallate ed interdigitate, con andamento tabulare o nastriforme; area con paleodossi di modesta rilevanza (art. 3.20c PTCP).
- Dissesti o movimenti: assenti.
- Geologia: AES8 (Subsistema di Ravenna, Età del Bronzo – Pleistocene sup.): letto dell’unità in contatto netto con Subsistema di Villa Verrucchio (AES7), tetto composto da suoli non calcarei di colore bruno, poco evoluti, parzialmente decarbonatati. Ghiaie alluvionali nella porzione più antica, da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati, con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi.
- Geotecnica (da 0,00 a 10,00 m da p.c. in sito): argilla e limo, con scarsi livelli sabbiosi. Sabbie ghiaiose presenti tra 22 e 30 m da p.c. Depositi di origine fluviale e alluvionale (Pleistocene superiore ed Olocene). Consistenze eterogenee, con variazioni tra valori bassi e medi.
- Sistema idrologico principale: fiume Lamone, che scorre su una piana alluvionale recente, sostenuto da sedimenti Pleistocenici, e dista dal sito 3,0 km circa.

- Sistema idrogeologico principale (profondità > -22.00 m da p.c.): sabbie ghiaiose ( $10^{-4} < K < 10^{-5}$  m/s), acquifero confinato, ampio e costante, ricarica per alimentazione collinare e pedocollinare.
- Sistema idrogeologico secondario (tra 0,00 e 22,00 m da p.c.): falde lenticolari, potenza decimetrica, composizione mista coesivo – granulare ( $10^{-6} < K < 10^{-7}$  m/s), ricarica stagionale, separate da livelli argillosi / argillosi limosi ( $K=10^{-8}$  m/s). Il primo livello di falda rilevabile si attesta tra -2,00 e -4,00 m, riferiti al piano campagna.

### 3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

È stata eseguita una campagna d'indagine geofisica con metodologia passiva HVRS digitale con stazione singola, con lo scopo di ricostruire, per l'area in oggetto, il profilo della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ( $V_{s30}$ ).

Il modello sismico monodimensionale costituisce, infatti, l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Negli allegati vengono riportati i grafici delle acquisizioni, delle elaborazioni ed il report del programma che dà un significato qualitativo all'elaborazione (*Allegato B*).

L'indagine tromografica digitale è stata effettuata con TROMINO®, che ottimizza la misura del microtremore sismico nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz. Il microtremore sismico, che per il sottosuolo ha frequenze proprie tra 0.8 e 20 Hz, agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del suolo e delle strutture, e viene misurato in superficie.

Lo strumento è costituito da un sensore, che è stato infisso nel terreno attraverso 3 piedini calibrati e secondo opportuni accorgimenti. Questo dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali, più un canale per il segnale GPS. Le frequenze di moto del terreno amplificate sono state convertite in forma digitale, organizzate e salvate su una memoria digitale. Da questa il segnale è stato trasferito ad un PC dove, mediante un codice di calcolo appositamente sviluppato, sono state archiviate, analizzate e revisionate.

Ripulito dal rumore di fondo antropico, il segnale è stato convertito ed analizzato, per ricavare le onde  $V_s$  per strati, introducendo i dati stratigrafici empirici, sino oltre 100 m di profondità. Da questo modello del sottosuolo si sono ricavate la  $V_s$  media nei primi 30 m di profondità.

Il sito presenta un picco fondamentale superficiale pari a 24,38 Hz. Il resto ha un'amplificazione bassa, dovuta alle alternanze tra terreni coesivi e depositi granulari. La

successione stratigrafica di dettaglio ha permesso di fittare la curva sintetica e determinare le Vs.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	61	0.40
1.20	0.90	110	0.42
4.90	3.70	170	0.42
10.90	6.00	255	0.43
18.90	8.00	235	0.45
80.90	62.00	300	0.45
inf.	inf.	450	0.45

da cui per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_s = 30 / \sum_i H_i / \sum_i V_i$$

dove  $H_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m inferiori alle fondazioni:

$$V_s (0.0-30.0) = 232 \text{ m/s [CAT: C]}$$

Valori di Vs30 pari a 232 m/s, classificano il terreno di fondazione come C, vedi tabella delle categorie dei suoli di fondazione (D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008) (*Allegato C*).

#### 4 SISMICITA' DI RIFERIMENTO

Il presente documento, integrante la valutazione preliminare di fattibilità geologica dell'intervento, è redatto al fine dell'acquisizione del parere di cui all'art. 5 della L.R. n. 19/2008 (Norme per la riduzione del rischio sismico).

In materia di pericolosità sismica il Comune di Faenza dispone dello studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento [*Sangiorgi S., Righini T., Milito A., 2015*] (Delibera n. 1919/2013 Giunta RER, approvazione RER certificazione di conformità Prot. 253147 10/04/2018). aggiornando i precedenti livelli di approfondimento (*Marabini S., PSC 2009*). In seguito al DGR 2193/2015 sono stati aggiornati gli indirizzi di studi di microzonazione sismica, come segue:

- definizione di un ulteriore parametro di amplificazione riferito all'intensità spettrale di Housner (per l'intervallo di periodo  $T$  compreso tra 0,5 s e 1,5 s);

- definizione dell'input sismico (ag al sito di riferimento) che ora è definito in base ai valori di pericolosità sismica elaborati dall'INGV per tutto il territorio nazionale sui punti di una griglia di passo pari a 0,05° (reticolo analogo a quello previsto per le NTC 2008);
- predisposizione di cartografie delle frequenze naturali (per gli studi “livello 1”);
- stralcio degli approfondimenti di “livello 3” per la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Il Comune di Faenza è stato classificato in zona sismica di seconda categoria. Tale classificazione (vedi fig. 1), secondo 4 classi a pericolosità sismica decrescente (zona 1: elevata sismicità, zona 2: media sismicità, ecc.) individua ciascuna zona secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Per la zona 2 il valore di picco risulta pari a 0,25g.

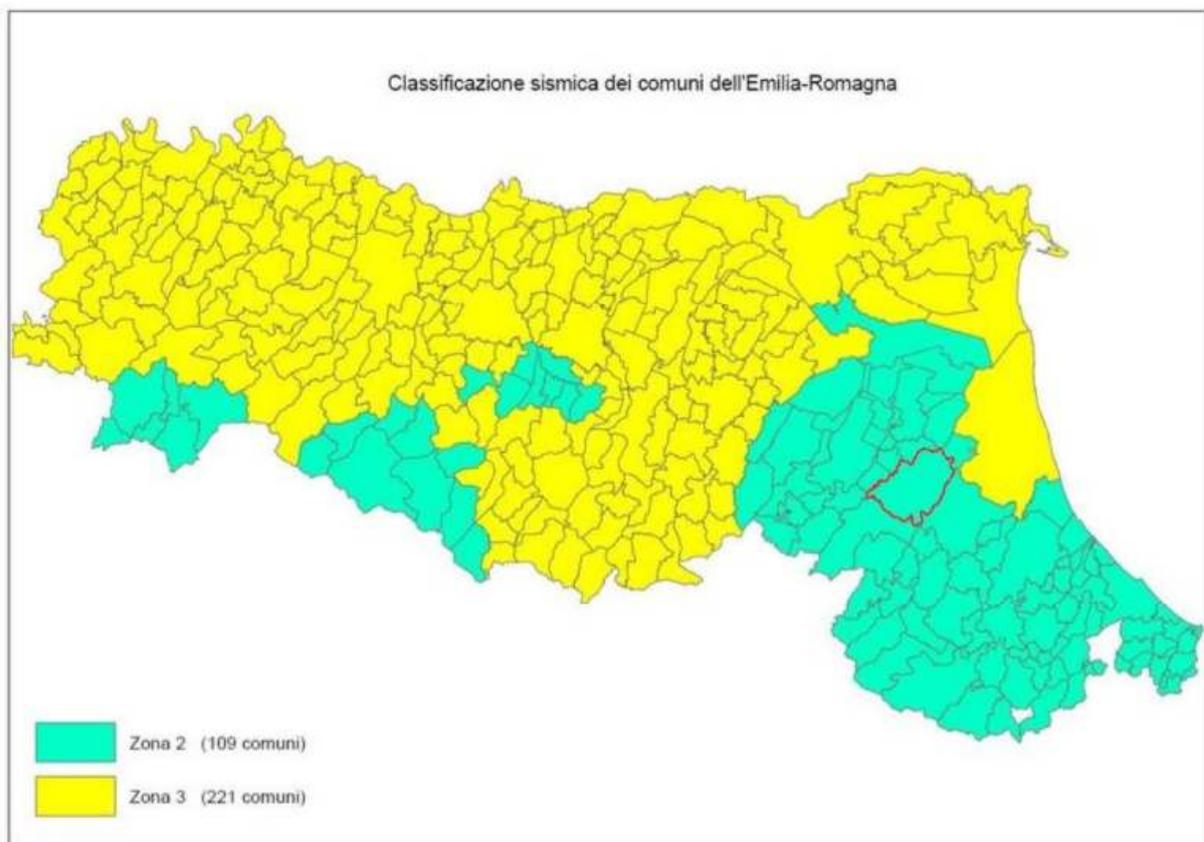


Fig 1: riclassificazione sismica dei Comuni dell'Emilia-Romagna (OPCM 3274/2003)

Il Comune di Faenza è soggetto ad una sismicità media rispetto alla realtà nazionale, con terremoti storici che hanno causato effetti di intensità ( $I_s$ ) fino a 8 della scala MCS (*Mercalli-Cancani-Seiberg*) e magnitudo massima ( $M_w$ =Magnitudo Momento) pari a 5,88.

Dal punto di vista tettonico – strutturale, il sistema di faglie del margine avanzato e sepolto dell'arco appenninico, connesse all'orogenesi appenninica (strutture geologicamente "attive"), determinano la sismicità del territorio e rientrano nelle sorgenti sismogenetiche composite (DISS Working Group, 2015). Il sito è collocato nella fascia sismogenetica composta ITCS011 "Ascensione – Armaia", con Magnitudo max (Mw) 6.0 e nella sorgente sismogenetica individuale ITIS100 "Bagnacavallo" con Magnitudo max (Mw) 5.8 (fig. 2).

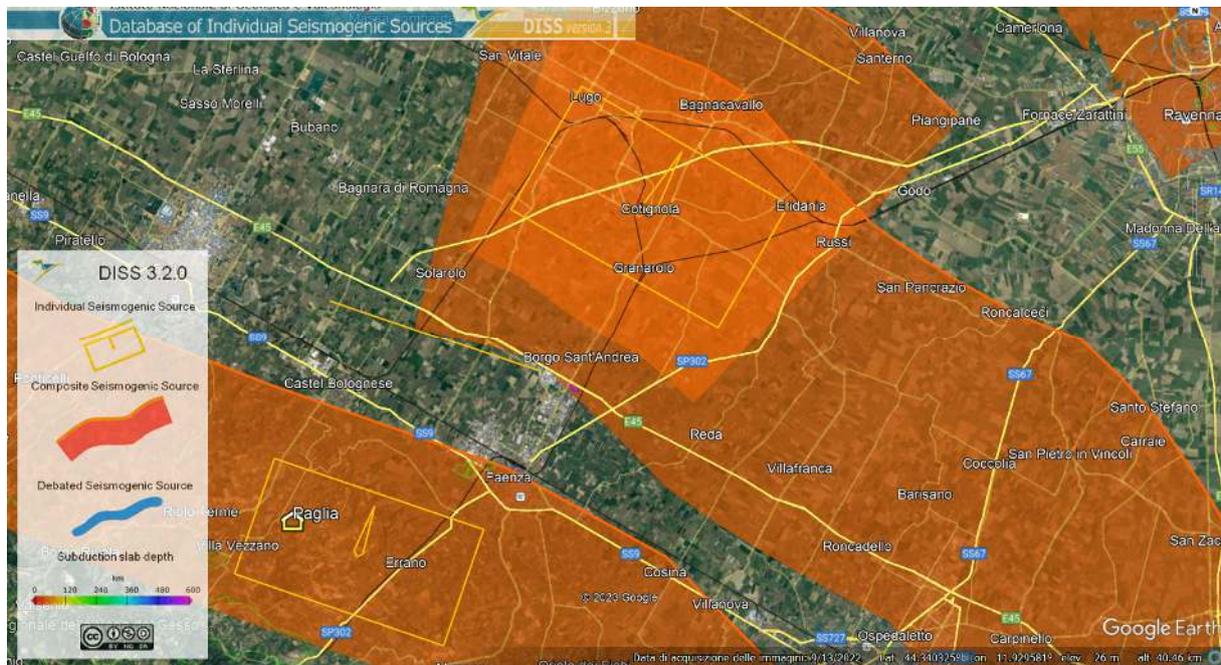


Fig. 2: Sorgenti sismogenetiche del database DISS 3.2.0

Sulla base degli indirizzi regionali per gli studi di microzonazione sismica e sulla pericolosità di base elaborata da INGV (O.P.C.M. 3519/2006) si può calcolare, per ogni Comune, gli accelerogrammi e lo spettro di risposta, riferito ad un periodo di ritorno di 475 anni e con smorzamento pari al 5%, nonché i valori di PGA normalizzati e riferiti al suolo rigido.

Nel Comune di Faenza la PGA di riferimento su suolo rigido attribuita dalla Regione (Allegato A4 D.A.L. 112/2007) risulta 0,205g. Questo valore unico è calcolato mediando i dati di INGV alla scala nazionale (Gruppo di lavoro MPS04, 2004), sintetizzati nella Mappa di Pericolosità sismica nazionale MPS04 (fig. 3), che descrive anch'essa la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido e pianeggiante, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, i cui valori però sono riferiti ad ogni punto di una griglia di calcolo costruita sul territorio nazionale con una densità di circa un punto ogni 5 km. Tale mappa è diventata riferimento ufficiale per il territorio nazionale con l'O.P.C.M. 3519/2006. L'area in esame appartiene alla zona sismogenetica 912, dove lo studio indica un valore di Mw max di 6,14.

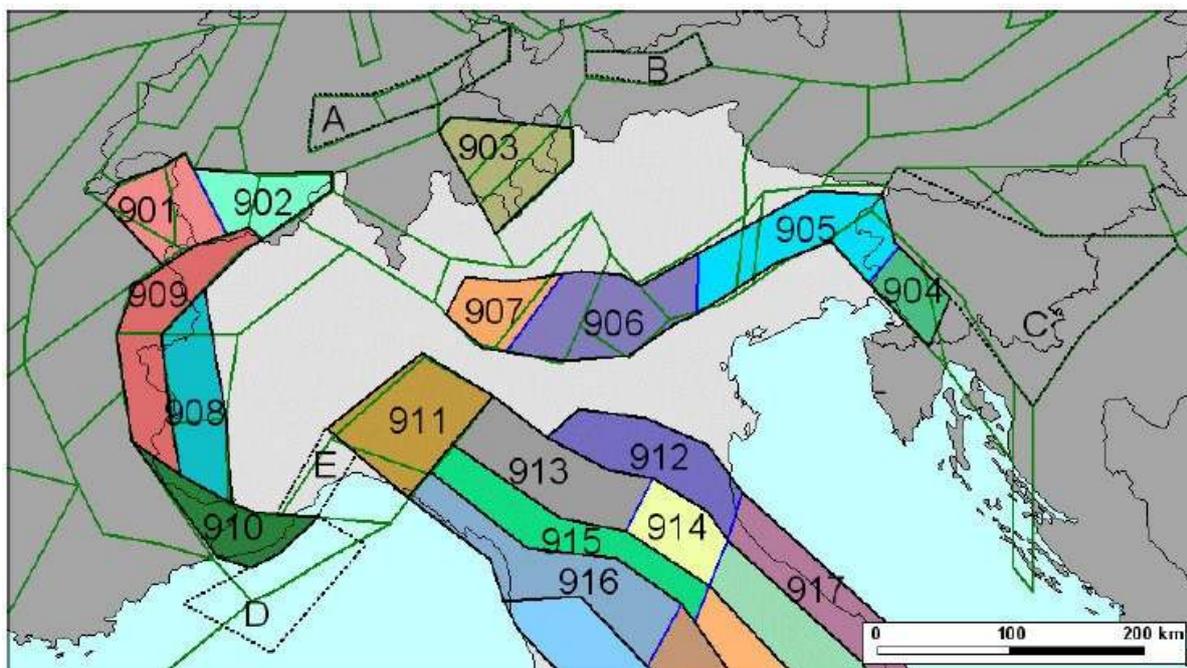


Fig. 3: Zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9

## 5 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA

In riferimento alle ultime normative sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (DGR 476/2021 e DGR 564/21), L'Unione della Romagna Faentina ha realizzato lo studio di microzonazione sismica di terzo livello. Il Comune di Faenza ha così prodotto la seguente cartografia [scala 1:10.000]:

- A. Carta delle indagini
- B. Carta geologico-tecnica, per la Microzonazione sismica: elementi geologici e morfologici locali d'interesse per l'analisi della pericolosità sismica, in particolare quelli che possono modificare il moto sismico in superficie. Legenda: terreni di copertura, substrato geologico, forme di superficie e sepolte, zone di instabilità, elementi tettonico – strutturali, elementi geologici e idrogeologici. [Fig. B]
- C. Carta delle frequenze naturali dei terreni, da indagini speditive di sismica passiva (HVSr sulle vibrazioni ambientali): punti di misura, risultato della prova (valore del picco più significativo nell'intervallo 0.2÷20 Hz, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale  $f_0$ , e di altri picchi significativi o indicazione dell'assenza di picchi).
- D. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – MOPS. Legenda: zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, zone di attenzione per l'instabilità, forme di superficie e sepolte, punti di misura di rumore ambientale. [Fig. D]
- E. Carta delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ : punti di misura con indicazione la metodologia di indagine e il valore di  $V_{SH}$  (in m/s).
- F. Carta della microzonazione sismica di Livello 3 (a). Legenda: zone suscettibili di amplificazioni locali [Fa (PGA)], zone di attenzione per instabilità. [Fig. F]

- G. Carta della microzonazione sismica di Livello 3 (b). Legenda: zone suscettibili di amplificazioni locali [Fa ( $SI_{0.1-0.5s}$ )], zone di attenzione per instabilità. [Fig. G]
- H. Carta della microzonazione sismica di Livello 3 (c). Legenda: zone suscettibili di amplificazioni locali [Fa ( $SI_{0.5-1.0s}$ )], zone di attenzione per instabilità. [Fig. H]

Di seguito gli estratti utili di queste Carte dalle zonizzazioni prodotte nell'ambito degli studi di microzonazione sismica (III livello di approfondimento).

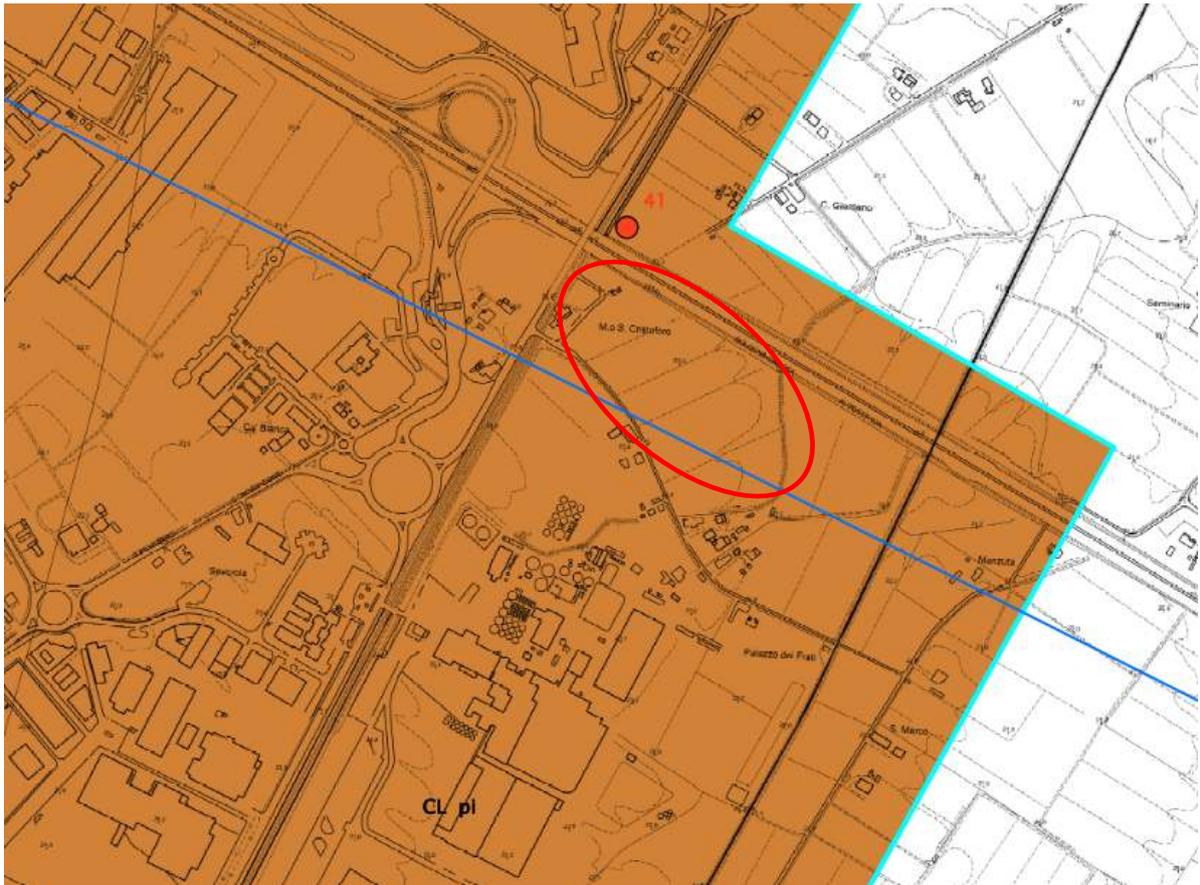


Fig. B: Carta geologico-tecnica del Comune di Faenza (Studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Tav2d1)

### Terreni di copertura

<b>RI</b>	Terreni contenenti resti di attività antropica (ri).
<b>SW</b>	Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Ambiente deposizionale di terrazzo fluviale (tf).
<b>SM</b>	Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Ambienti deposizionali di terrazzo fluviale (tf) o piana inondabile (pi).
<b>SC</b>	Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla. Ambiente deposizionale di argine/barre/canali (es).
<b>ML</b>	Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: limi inorganici, sabbie fini limose o argillose e limi argillosi di bassa plasticità. Ambienti deposizionali di terrazzo fluviale (tf) o piana inondabile (pi).
<b>CL</b>	Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille limose e argille sabbiose. Ambienti deposizionali di terrazzo fluviale (tf) o piana inondabile (pi).

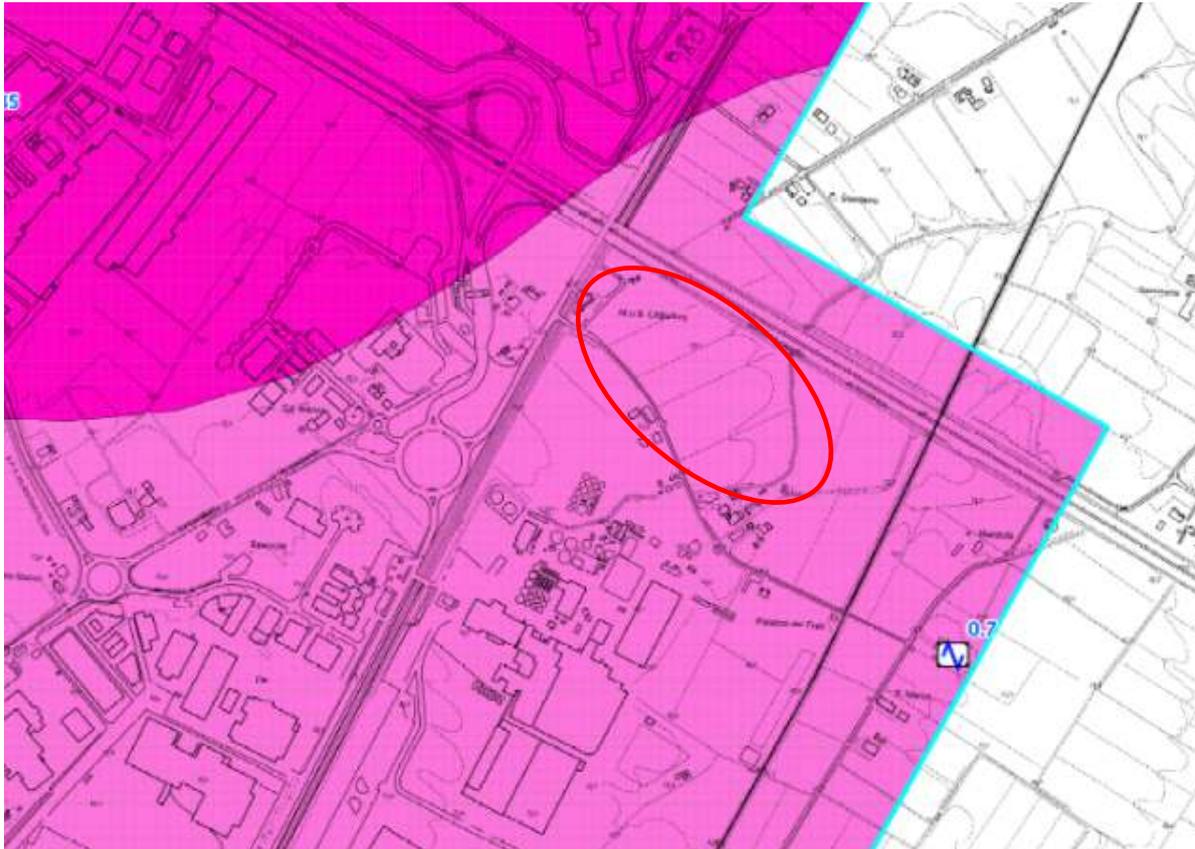


Fig. D: Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica del Comune di Faenza, MOPS (Studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Tav4d1\_MS01)

## Zone di attenzione per instabilità

<b>2018</b>	<p>ZA_LQ1 – Zona di attenzione per liquefazione.</p> <p>Zona 2018 – Conoide terrazzata e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti, con livelli sabbiosi e/o ghiaiosi saturi (AES8, AES8a), sovrastanti ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7, AEI). Spessore coperture alluvionali fini: H=20 m.</p>
<b>2019</b>	<p>ZA_LQ1 – Zona di attenzione per liquefazione.</p> <p>Zona 2019 – Conoide terrazzata e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti, con livelli sabbiosi e/o ghiaiosi saturi (AES8, AES8a), sovrastanti ghiaie a profondità variabili tra 15-20 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità <math>\geq 120</math> m (Pianura 2).</p>
<b>2022</b>	<p>ZA_LQ1 – Zona di attenzione per liquefazione.</p> <p>Zona 2022 – Conoide terrazzata con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti, con livelli sabbiosi saturi (AES8), sovrastanti ghiaie e/o ghiaie sabbiose a profondità variabili tra 10-20 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità <math>\geq 120</math> m (Pianura 2).</p>
<b>2023</b>	<p>ZA_LQ1 – Zona di attenzione per liquefazione.</p> <p>Zona 2023 – Conoide terrazzata con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno consistenti, con livelli sabbiosi saturi (AES8), sovrastanti ghiaie e/o sabbie a profondità variabile tra 15-25 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità <math>\geq 120</math> m (Pianura 2).</p>
<b>2025</b>	<p>ZA_LQ1 – Zona di attenzione per liquefazione.</p> <p>Zona 2025 – Media e bassa pianura con successioni di alluvioni prevalentemente fini (AES8, AES8a), con locali intervalli di sabbie e/o sabbie ghiaiose sature nei primi 25 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità <math>\geq 120</math> m (Pianura 2).</p>
<b>2026</b>	<p>ZA_LQ1 – Zona di attenzione per liquefazione.</p> <p>Zona 2026 – Bassa pianura con successioni di alluvioni prevalentemente fini (AES8, AES8a), con locali intervalli di sabbie sature nei primi 30 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità <math>\geq 120</math> m (Pianura 2).</p>
<b>3080</b>	<p>Area suscettibile di cedimenti differenziali per tombamento di ex-cava.</p>

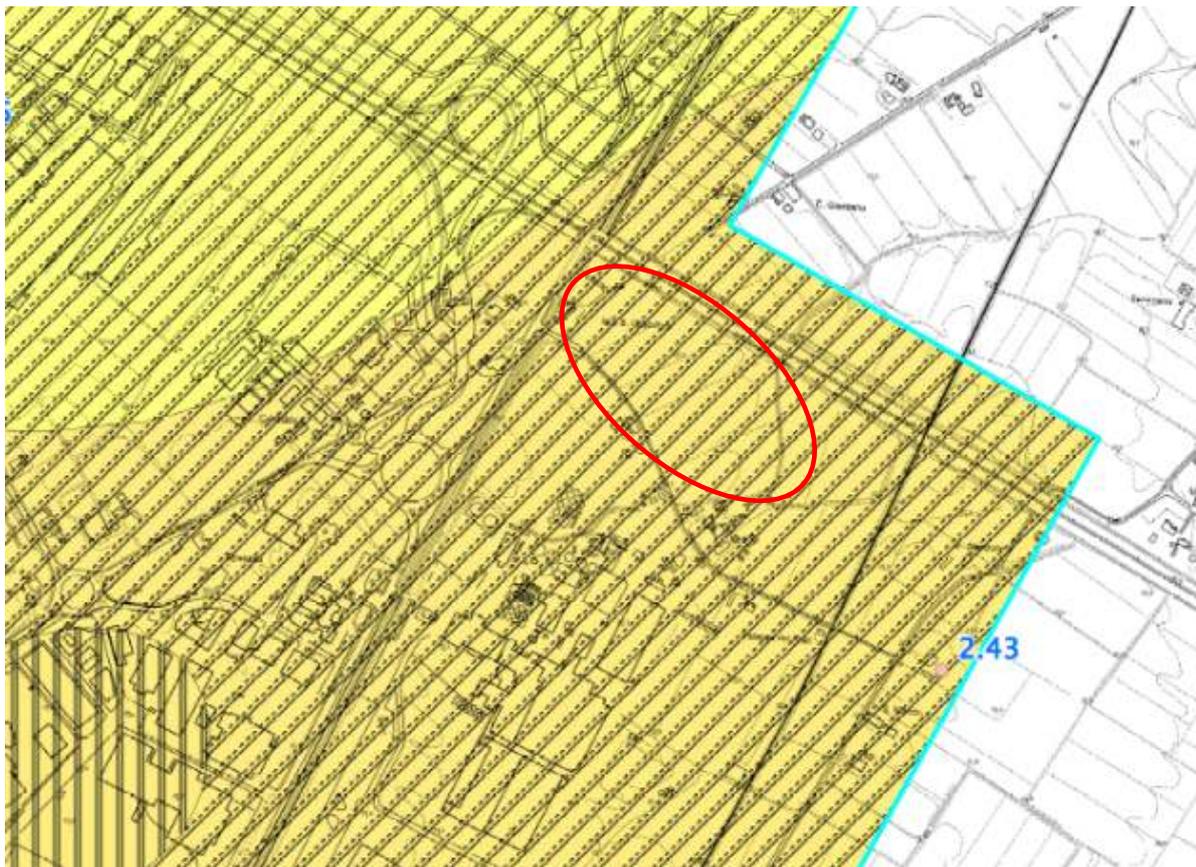
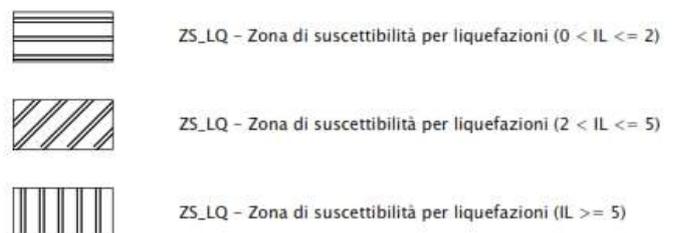


Fig. F: Carta di microzonazione sismica di terzo livello Fa (PGA) del Comune di Faenza (Studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Tav6d1\_MS03)

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



### Zone di attenzione per instabilità



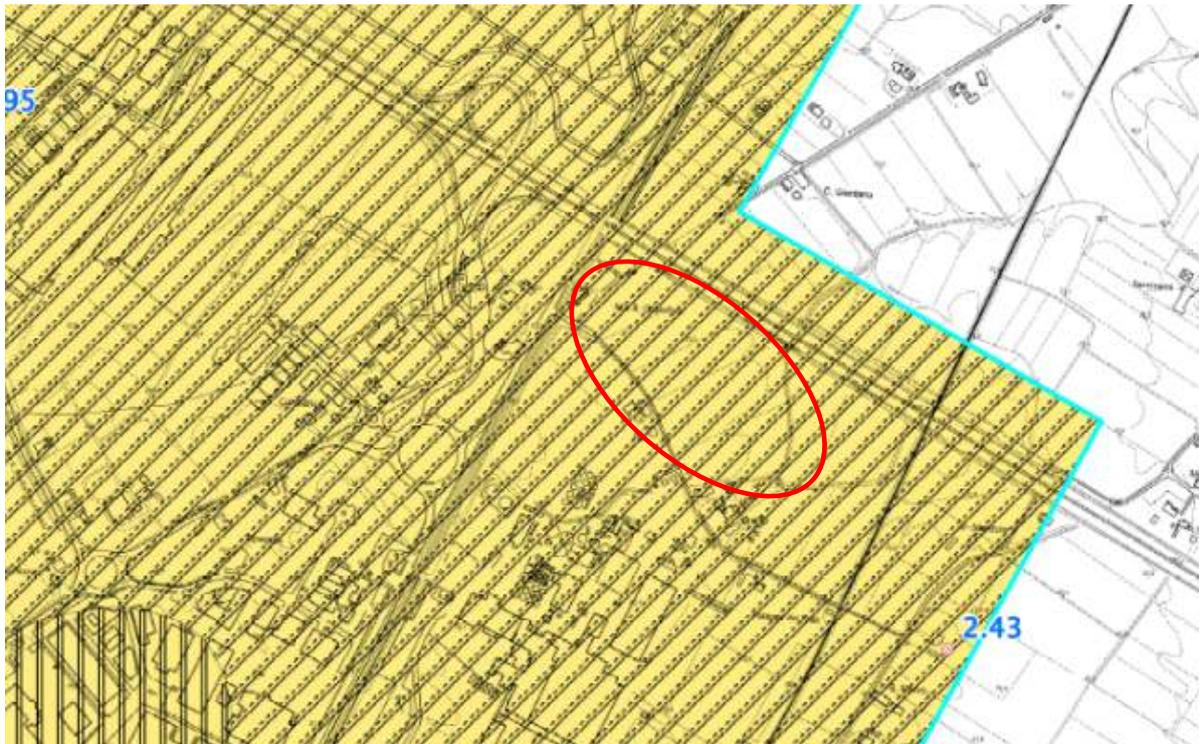


Fig. G: Carta di microzonazione sismica di terzo livello Fa (SI  $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) del Comune di Faenza (Studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Tav7d1\_MS03).

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Fa (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) = 1.1 - 1.2
	Fa (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) = 1.3 - 1.4
	Fa (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) = 1.5 - 1.6
	Fa (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) = 1.7 - 1.8
	Fa (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) = 1.9 - 2.0
	Fa (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) = 2.1 - 2.2
	Fa (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) = 2.3 - 2.4
	Fa (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) $\geq 2.5$

### Zone di attenzione per instabilità

	ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ( $0 < IL \leq 2$ )
	ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ( $2 < IL \leq 5$ )
	ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ( $IL \geq 5$ )

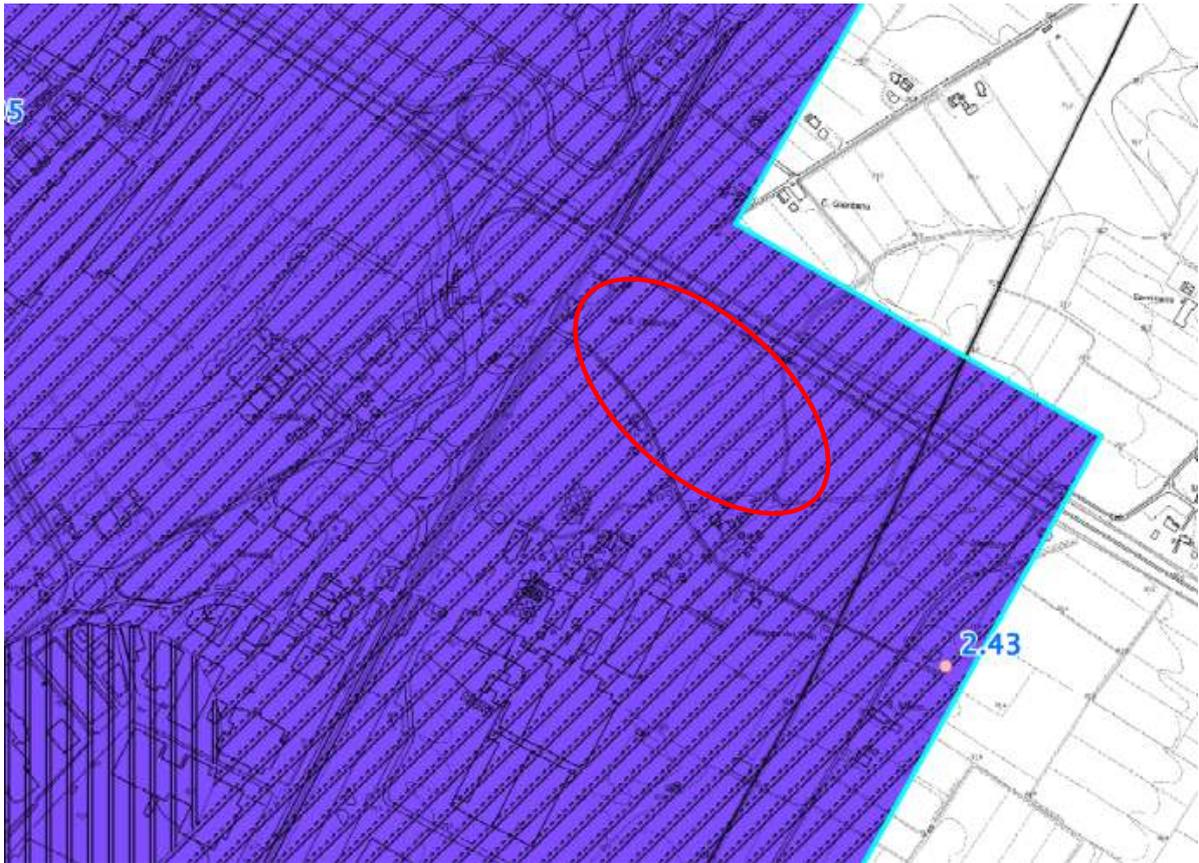
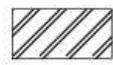


Fig. H: Carta di microzonazione sismica di terzo livello Fa (SI  $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) del Comune di Faenza (Studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Tav8d1\_MS03).

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Fa (SI $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) = 1.1 - 1.2
	Fa (SI $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) = 1.3 - 1.4
	Fa (SI $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) = 1.5 - 1.6
	Fa (SI $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) = 1.7 - 1.8
	Fa (SI $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) = 1.9 - 2.0
	Fa (SI $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) = 2.1 - 2.2
	Fa (SI $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) = 2.3 - 2.4
	Fa (SI $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) ≥ 2.5

### Zone di attenzione per instabilità

	ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ( $0 < IL \leq 2$ )
	ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ( $2 < IL \leq 5$ )
	ZS_LQ – Zona di suscettibilità per liquefazioni ( $IL \geq 5$ )

Per ricavare i fattori di amplificazione (FA), ovvero lo scuotimento sismico in rapporto alla categoria di suolo, si fa riferimento alle tabelle relative al settore geologico – geomorfologico d'appartenenza.

La scelta delle tabelle è fatta in funzione delle indagini geotecniche e sismiche, con cui si definisce lo spessore H del deposito di copertura e la velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato ( $V_{sH}$  e  $V_{s30}$ ) del deposito di copertura.

Sia dai dati delle indagini pregresse che da cartografia geologica e dai profili, il sito si trova in un ambiente di pianura. È presente una copertura di 20 m di terreno fine (limi, argille, sabbie), poco consolidato, poggiante su un orizzonte grossolano (sabbie, ghiaie, sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose); a profondità di 200 m si trova il substrato geologico pleistocenico di sabbie gialle (IMO). Le indagini sismiche hanno restituito una  $V_{s30}$  di 232 m/s.

Per la pianura e la costa sono stati individuati diversi ambienti caratterizzati da differenti caratteristiche litostratigrafiche, in particolare da diversa profondità dell'orizzonte che costituisce il substrato rigido, che in pianura non sempre coincide con l'orizzonte caratterizzato da  $V_{s} \geq 800$  m/s.

Per la stima dei fattori di amplificazione (FA) sono state utilizzate le seguenti tabelle, riferite all'ambiente di PIANURA 2.

PIANURA 2: caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini;

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

Fattore di Amplificazione PGA

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

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

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

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

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di tabelle e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale. In prossimità di morfologie sepolte che comportano rapide variazioni della profondità del bedrock l'analisi monodimensionale, e quindi anche l'utilizzo di tabelle o abachi, può portare a sottostima della risposta sismica in superficie.

## 6 CONCLUSIONI

I dati di microzonazione sismica relativi all'area Tampieri 2 (Scheda 9, PRG96) sono i seguenti:

- **CLASSIFICAZIONE GEOLOGICO-TECNICA:**

CL pi (tratto est) – Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille limose e argille sabbiose. Ambiente deposizionale di piana inondabile (pi).

- **FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI**

Amplificazioni HVSR significative: 0.8÷0.9 Hz, 9÷10 Hz, 22÷25 Hz [*Allegato B*]

- **VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO**

Vs30: 232 m/s (categoria di sottosuolo di fondazione tipo C) [*Allegato B*]

- **INPUT SISMICO**

Accelerazione massima orizzontale di picco (T= 0) pari a 0,202.

Categoria sismica comunale: Zona 2 = 0,25g.

Categoria topografica: T1.

Magnitudo massima attesa: 5,88.

- **MICROZONE SISMICHE OMOGENEE (MOPS)**

Zone di attenzione per instabilità:

ZA\_LQ1 - Zona di attenzione per liquefazione.

Zona 2025 – Media e bassa pianura con successioni di alluvioni prevalentemente fini (AES<sub>8</sub>, AES<sub>8a</sub>), con locali intervalli di sabbie e/o sabbie ghiaiose nei primi 25 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità  $\geq 120$  m (Pianura 2).

- **MICROZONAZIONE SISMICA, FATTORI DI AMPLIFICAZIONE**

Coefficienti di amplificazione sismica, relativi alla fascia di velocità di 250 m/s, del MARGINE di tipo B:

Fa (PGA) = 1.7	Fa (SA1 0.1s < T <sub>0</sub> < 0.5s) = 1.8
Fa (SI1 0.1s < T <sub>0</sub> < 0.5s) = 1.9	Fa (SA2 0.4s < T <sub>0</sub> < 0.8s) = 2.4
Fa (SI2 0.5s < T <sub>0</sub> < 1.0s) = 2.7	Fa (SA3 0.7s < T <sub>0</sub> < 1.1s) = 2.8
Fa (SI3 0.5s < T <sub>0</sub> < 1.5s) = 2.9	Fa (SA4 0.5s < T <sub>0</sub> < 1.5s) = 2.7

Liquefacibilità dei terreni: ZS\_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni - Rischio potenziale "moderato" ( $2 < IL \leq 5$ ).

PRESCRIZIONE:

In fase di progettazione di opere bisognerà eseguire indagini approfondite e puntuali per la liquefazione dei terreni.

Faenza Marzo 2023



geol. Massimiliano Bottan

## 7 ALLEGATI

- A. *Corografia della “Scheda 9”, con ubicazione del punto di indagine HVSR.*
- B. *Prova d’indagine geofisica con metodologia passiva HVRS a stazione singola: dati strumentali, spettri di amplificazione, spettro H/V, time history elaborata, singole componenti dello spettro, curva sintetica e sperimentale, modello del sottosuolo e calcolo Vs30. Report in accordo con le linee guida SESAME 2005.*
- C. *Categorie di suolo di fondazione (D.M. 14.09.2005; D.M.14.01.2008).*



Contorni dell'area "Scheda 9".

# Allegato B

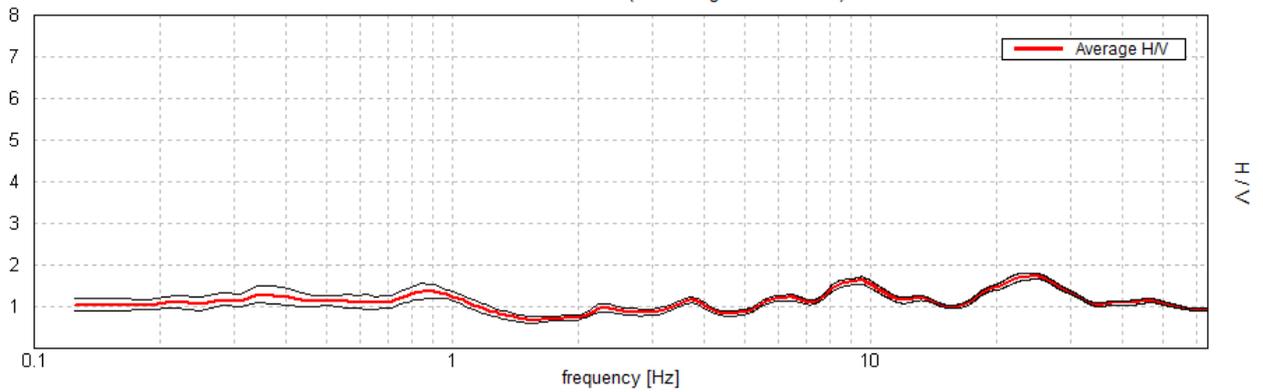
## TAMPIERI\_SCHEDA9

Instrument: TEP-0083/01-10  
Data format: 16 bit Full scale [mV]: 51  
Start recording: 16/03/2003 17:00:06 End recording: 16/03/2003 17:20:07  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

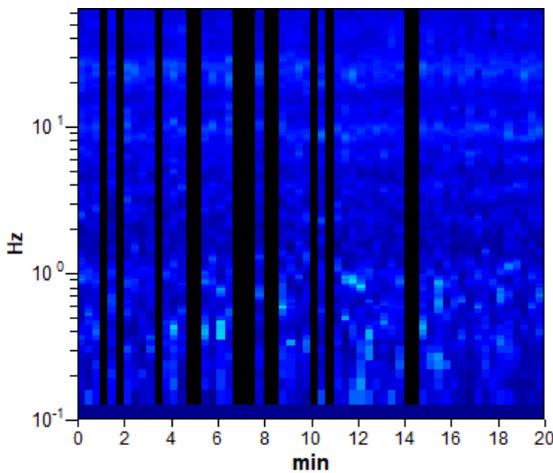
Trace length: 0h20'00". Analyzed 77% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

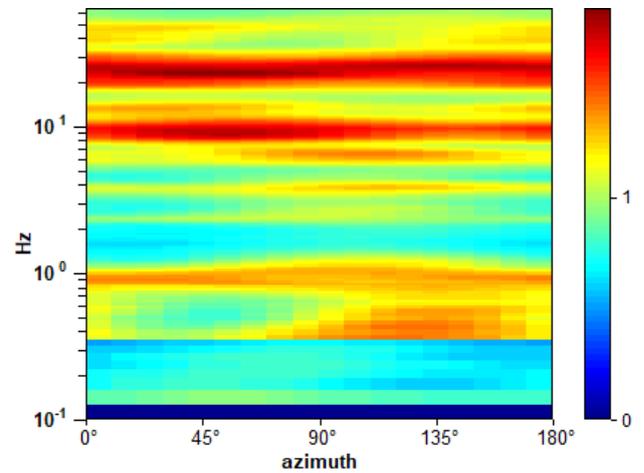
Max. H/V at  $24.38 \pm 6.97$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



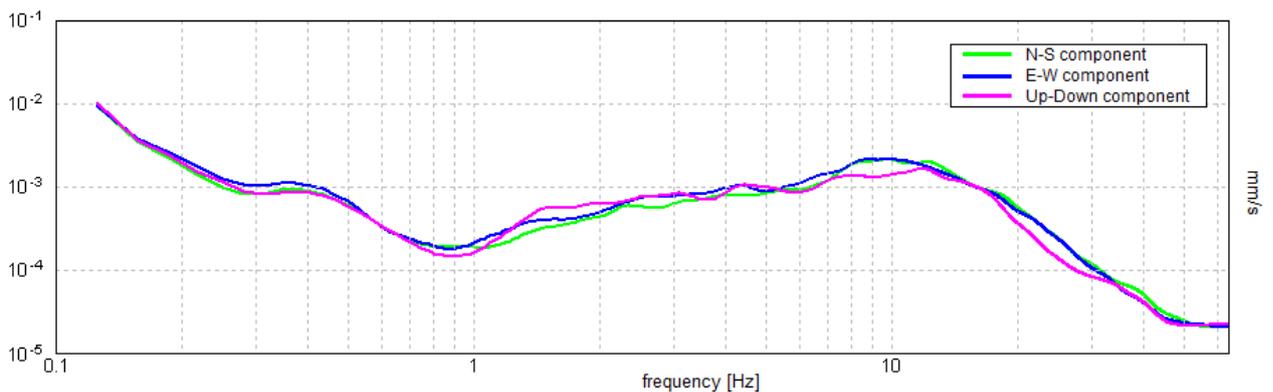
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V

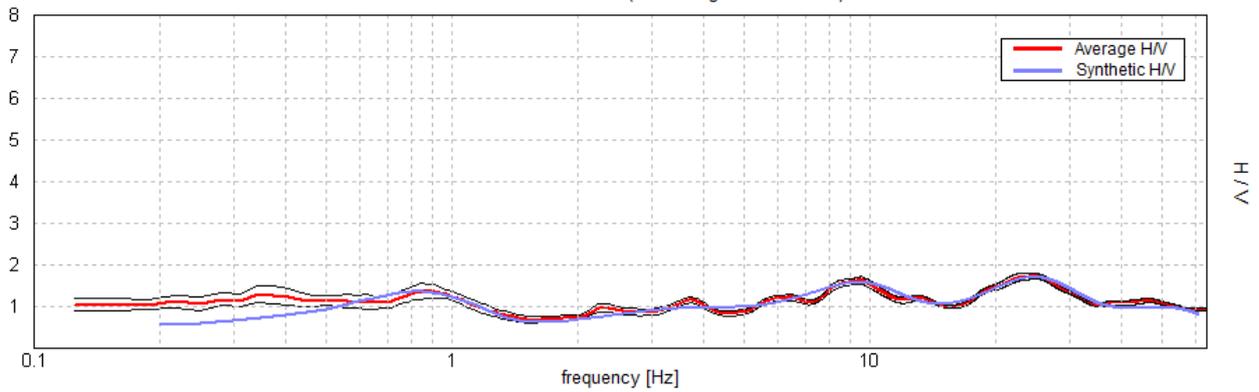


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



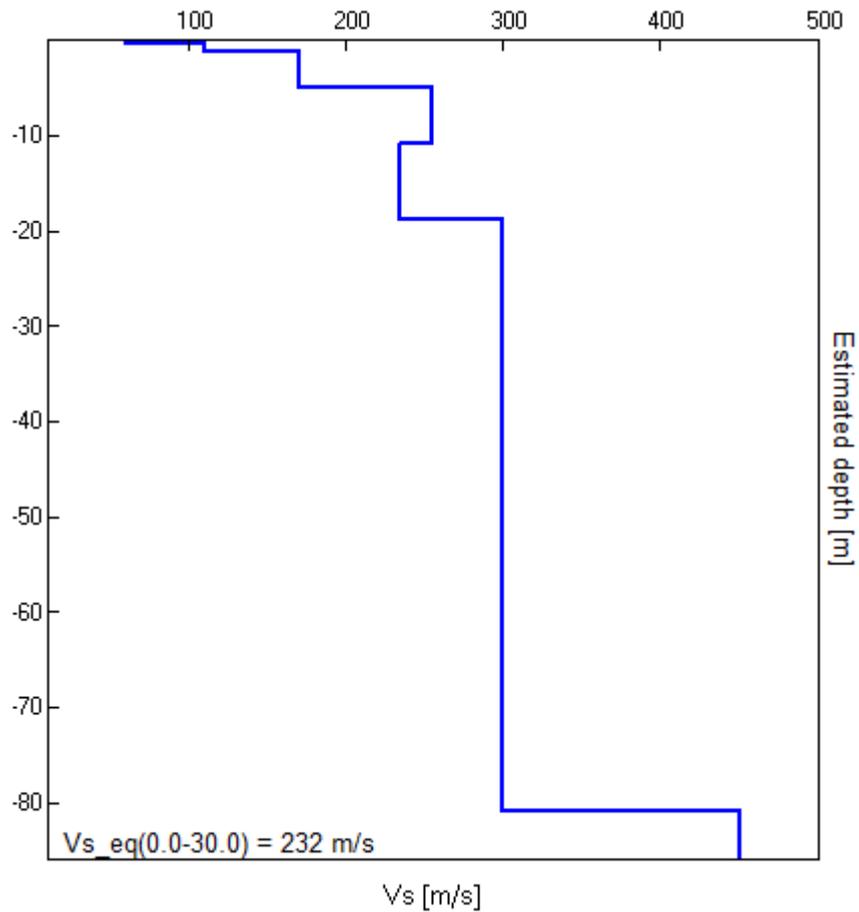
### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $24.38 \pm 6.97$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	61	0.40
1.20	0.90	110	0.42
4.90	3.70	170	0.42
10.90	6.00	255	0.43
18.90	8.00	235	0.45
80.90	62.00	300	0.45
inf.	inf.	450	0.45

$V_{s\_eq}(0.0-30.0) = 232$  m/s [CAT. C]



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 24.38 ± 6.97 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	24.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	22425.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1171 times	OK	
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists f in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0 / 2</math></b>			NO
<b>Exists f' in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f') &lt; A_0 / 2</math></b>			NO
$A_0 > 2$	1.73 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.28605  < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.97257 < 1.21875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0654 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Allegato C

### CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs30 (m/s)	NSPT	Cu (kPa)
A	<u>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	> 800	-	-
B	<u>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</u> , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	<u>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza</u> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri	180-360	15-50	70-250
D	<u>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</u>	<180	<15	<70
E	<u>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</u> , con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800m/s			
S1	<u>Depositi di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine (limi e argille) di bassa consistenza oppure almeno 3 m di torba o argille altamente organiche (CH)</u>	<100		10-20
S2	<u>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria si sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti</u>			

**Tabella:** categorie di suolo di fondazione (D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).