



Comune di Pianoro
Bologna



UNIONE DEI COMUNI
SAVENA - IDICE



CITTÀ
METROPOLITANA
DI BOLOGNA

COMUNE DI PIANORO

CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PERCORSO CICLOPEDONALE NEL PARCO FLUVIALE DEL TORRENTE SAVENA

PROGETTISTI:

Ing. Pierpaolo Freo



Via San Donato 85
40127 Bologna
tel +39 051 331037
studio@saperetecnico.it

COLLABORATORI:

Dott. Ing. Ettore Volta Beccadelli Grimaldi

Via Carlo Goldoni 16
40033 Casalecchio di Reno, Bologna
+39 051 18899096
evbg@fastwebnet.it - etторе.volta@unibo.it

Ing. Michela Campesato

Via del Piano 2758
40059 Medicina, Bologna
+39 333 8963201
michela.campesato@gmail.com

Ing. Francesca Ricchiuto

Via San Donato 85
40127 Bologna
tel +39 051 331037
studio@saperetecnico.it

Ing. Matteo Emmi

Via Cracovia 17/C
40139 Bologna
+39 347 2583580
ing.emmi@fastwebnet.it

COMMITTENTE:

Comune di Pianoro
Piazza dei Martiri 1
40065 Pianoro (BO)

IL SINDACO:

Gabriele Minghetti

RESPONSABILE UNICO
DEL PROCEDIMENTO:
Arch. Loredana Maniscalco

COLLABORATORE:
Geom. Fabio Guidetti

ELABORATO N.

PD_GE

Relazione geologica

DATA:

MARZO 2018

SCALA:

-

AGGIORNAMENTI

Data			
Tecnico			

Sostituisce dis.:

Sostituito da:



COMUNE DI PIANORO (BO)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED
ECONOMICA DEL PERCORSO CICLO
PEDONALE LUNGO IL SAVENA.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA.

Committente:

- Sapere Tecnico
- Ing. Pierpaolo Freo



Codice Lavoro: 2017.096/RG

Revisione 0.0 Novembre 2017

GEO-PROBE

— **Studio Geologico Associato** —

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051.613.51.18

email: geoprobe@geo-probe.com

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	57
3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE	72
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI	189
Prova sismica 1.....	204
Prova sismica 2.....	209
5. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	217
6. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	239

ALLEGATI:

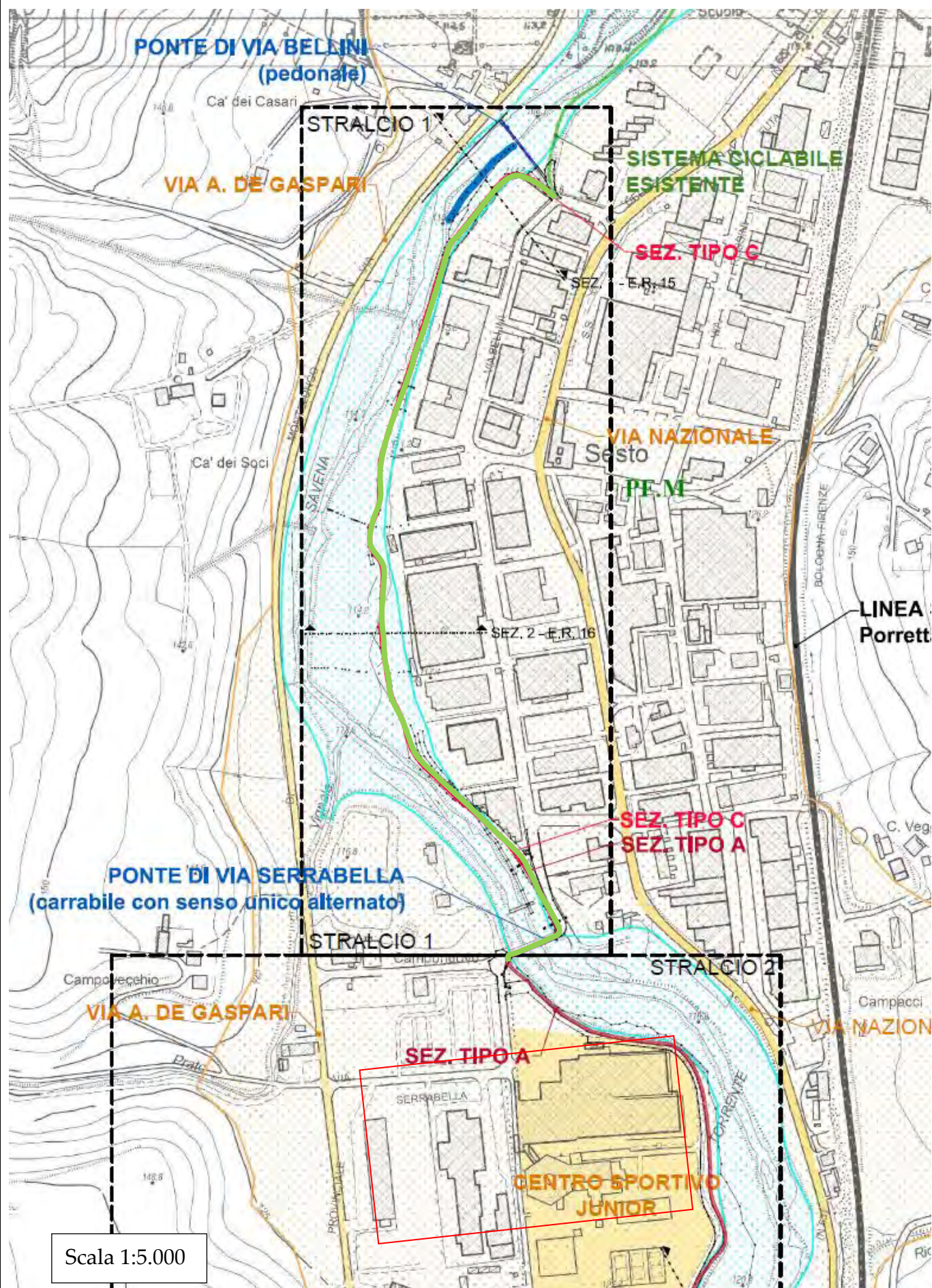
- ubicazione indagine geognostica e sismica;
- stratigrafia trivellazione a secco;
- diagrammi penetrometria statica;
- stratigrafia sondaggio a carotaggio continuo;
- indagine sismica.

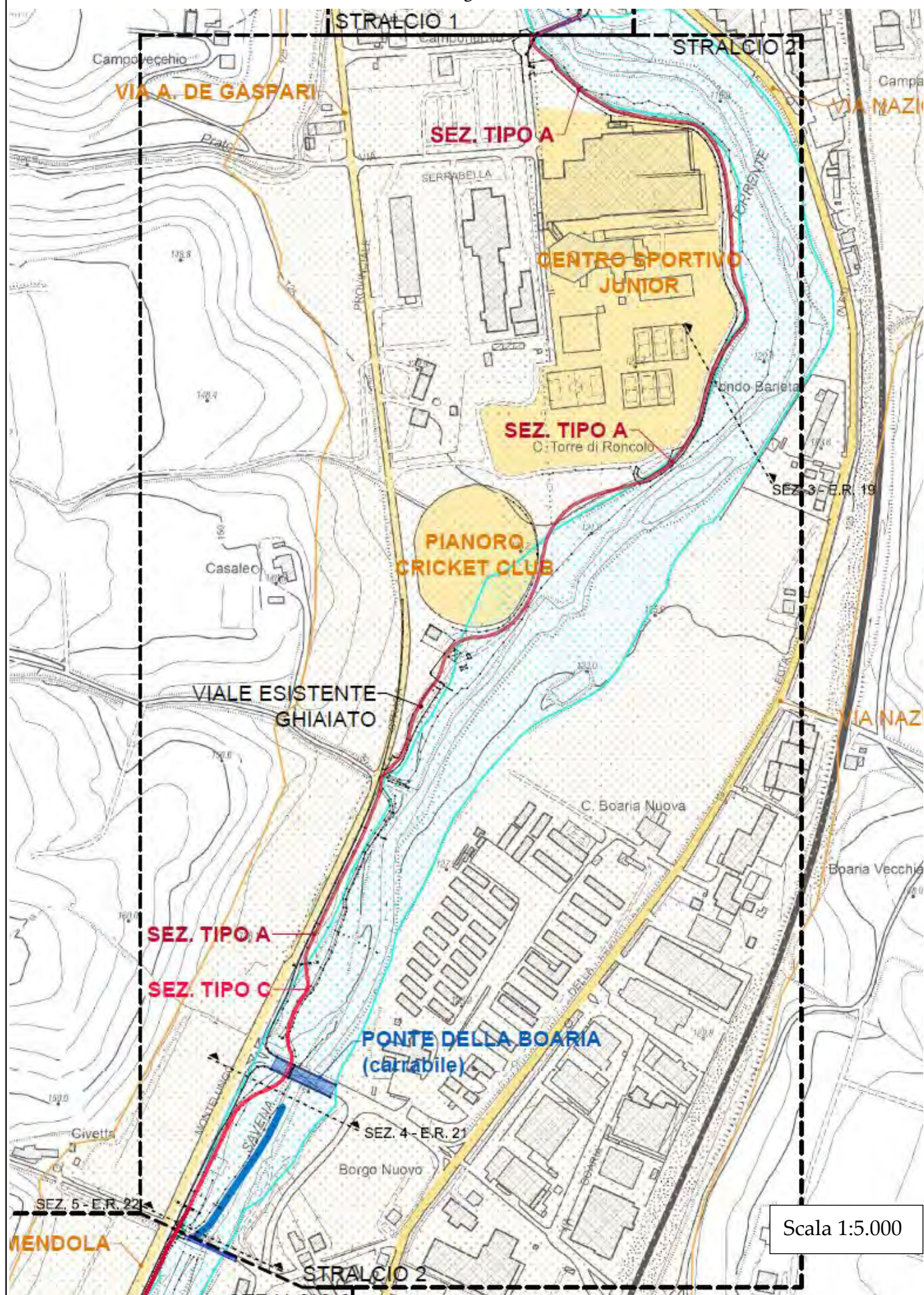
* * *

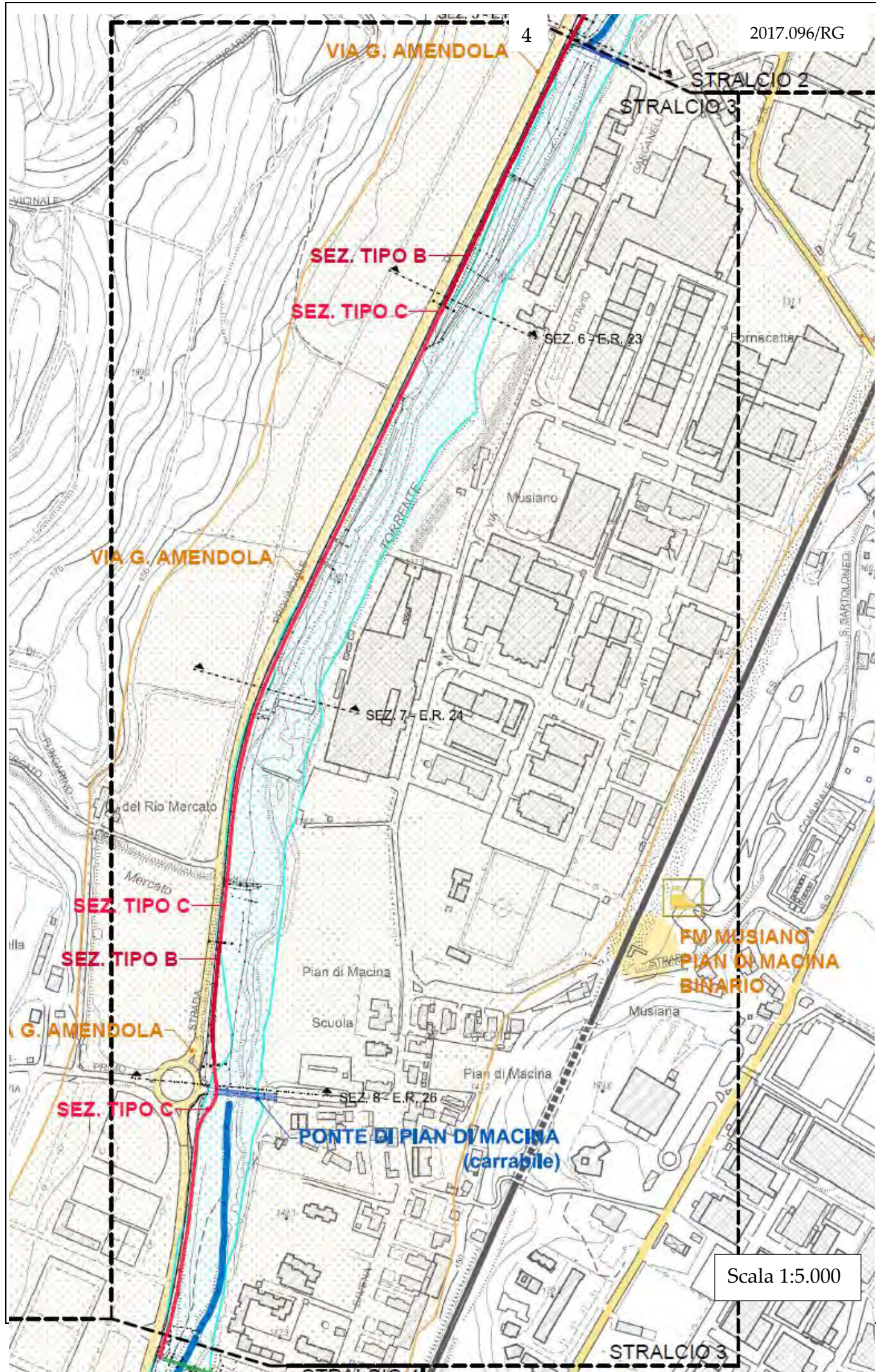
1. PREMESSA

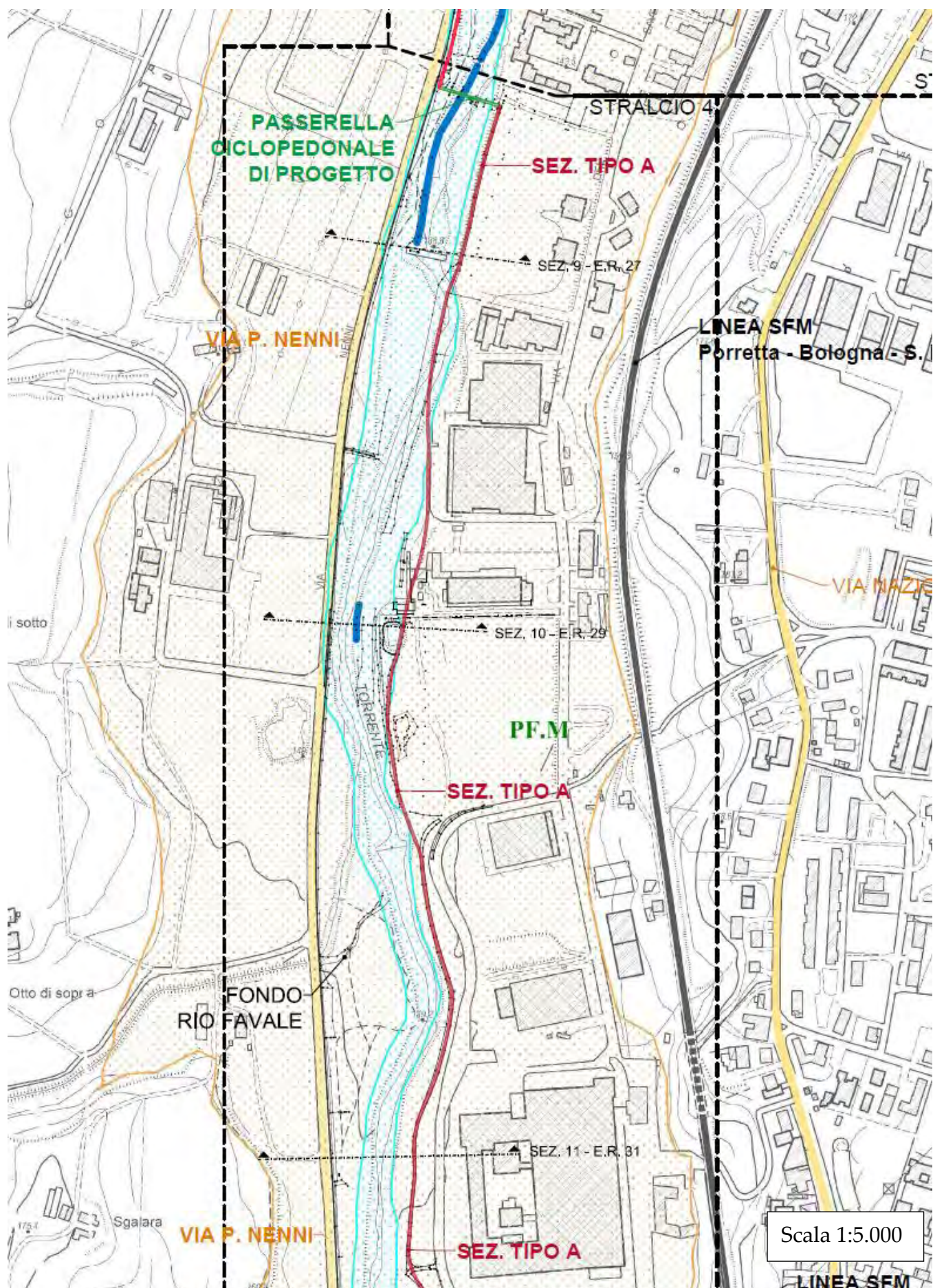
A seguito dell'incarico ricevuto dall'Ing. Pierpaolo Freo, si trasmette, in conformità con le normative vigenti, la seguente relazione geologica e sismica riguardante lo i terreni del primo sottosuolo di un'area dove è in progetto la costruzione di una pista ciclabile.

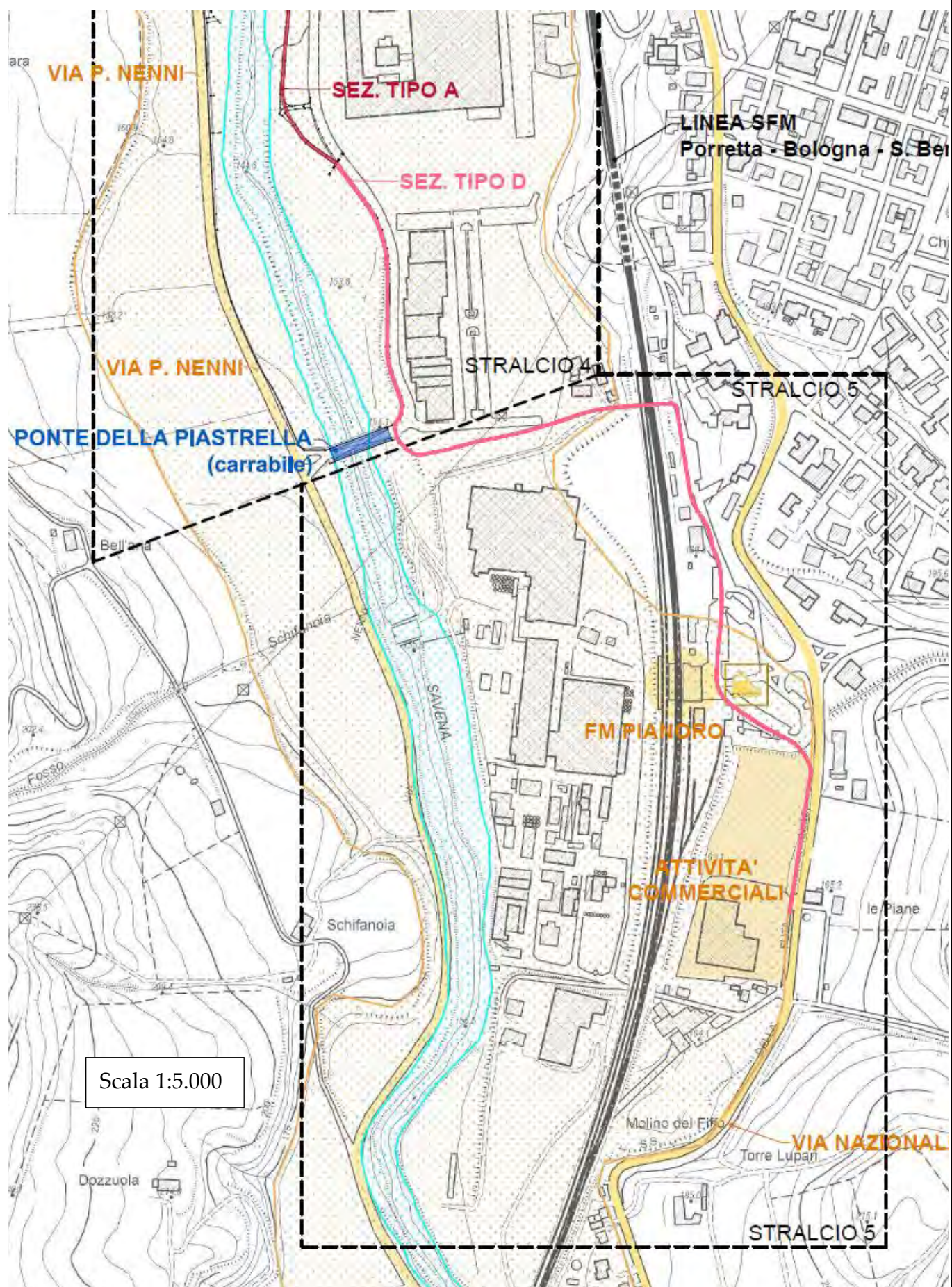
L'area in esame si estende tra la frazione di Sesto (Ponte ciclabile pedonale di via Bellini) e Pianoro Nuova (via Pietro Nenni all'altezza del ponte ferroviario) in Comune di Pianoro (BO), (TAV. 1: estratto C.T.R. Scala 1:5.000; elementi n. 221133 – San Bartolomeo, 221134 – Rastignano e 238014 – Pianoro Nuova).











2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". D.M. 11 Marzo 1988.
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL. PP. n. 30483, 24 Settembre 1988.
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, Maggio 1990 (edizione provvisoria).
- Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica, Settembre 1988.
- ISRM International Society for Rock Mechanics: Rock characterization testing and monitoring suggested methods - Commission on Testing Methods; 1981.
- "Norme tecniche per le costruzioni". D.M. 14 Gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/08, supplemento ordinario n. 30).
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 617/2009.
- Delibera dell'Assemblea legislativa Regione Emilia Romagna progr. N. 112 – oggetto n. 3121 del 2 maggio 2007.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 1661/2009 del 2 novembre 2009.
- Ordinanza del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 70 del 13/11/2012.
- "Raccomandazioni per la redazione della relazione geologica ai sensi delle N.C.T." a cura del Centro Studi del C.N.G.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 2193/2015 del 21 dicembre 2015.

Scala 1:5.000

Scala 1:5.000

3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE

L'area in esame si sviluppa da una quota media di circa 114,00 (frazione Sesto) a 164,00 m s.l.m. (via Nenni – ponte ferroviario), costeggiando il fondovalle Savena; la lunghezza del tracciato si sviluppa in maniera equivalente tra destra e sinistra idrografica.

La litologia del primo sottosuolo, come segnalato nella Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo di cui di seguito si riportano degli stralci dell'area di interesse, è rappresentata prevalentemente dai depositi alluvionali terrazzati depositati dal Torrente Savena (**AES8a**), costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie in spessori assai limitati, ricoperti da una coltre pedogenizzata di natura limo argillosa.

Queste coltri quaternarie ricoprono il substrato locale caratterizzato in prevalenza da formazioni del Dominio Padano (**FAA** - Formazione delle Argille Azzurre e **ADO2** Formazione di Monte Adone – Membro delle Ganzole) e nella porzione più settentrionale, dalle successioni epiliguri (**MMP** – Formazioni di Monte Piano e **LOI** – Formazione di Loiano).

Nel dettaglio procedendo da Nord verso Sud le coltri alluvionali ricoprono inizialmente terreni ascritti alla formazione di Monte Piano in destra idrografica e di Loiano in sinistra poi già in corrispondenza dello stralcio 2, si entra nella litologia del Dominio Padano.

Le argille azzurre costituenti il substrato (**FAA**) sono visibili a valle dei salti idraulici dove l'alveo è maggiormente soggetto all'erosione.

Dopo il ponte stradale di Pian di Macina i terreni costituenti il substrato assumono caratteristiche più grossolane; le sabbie cementate appartenenti alla Formazione di Monte Adone subentrano ai terreni argillosi e conseguentemente portano a una decisa modifica nel rimodellamento del paesaggio.

La presenza di formazioni a tessitura argillosa (**FAA**) genera per la prima parte del tracciato un aspetto morfologico caratterizzato da versanti con fianchi ad acclività media, in corrispondenza dei quali non sono infrequenti delle coltri franose quiescenti e dei depositi di versante (**a₂÷a₃**), che in corrispondenza delle zone a minore acclività, raggiungono spessori considerevoli.

Oltre Pian di Macina il cambio litologico corrispondente al passaggio fra termini argillosi e sabbioso arenitici contribuisce a inasprire leggermente il paesaggio; i fianchi si presentano a maggiore acclività con tratti in forte pendenza laddove il substrato pliocenico medio inferiore (**ADO2**) risulta pressoché affiorante.

L'idrografia primaria è rappresentata dal Torrente Savena mentre quella secondaria da piccoli rii e fossi di scolo, che raccolgono le acque provenienti dai versanti e le confluiscono verso il collettore principale.

I caratteri idrogeologici del sito in esame dipendono sostanzialmente dalle caratteristiche litologiche dei vari complessi geologici presenti; sulla base delle unità litostratigrafiche sopra descritte, possono essere distinte tre differenti unità idrogeologiche:

- 1) Unità associata ai terreni liguri ed epiliguri;
- 2) Unità associata ai depositi alluvionali recenti;
- 3) Unità associata ai depositi alluvionali terrazzati.

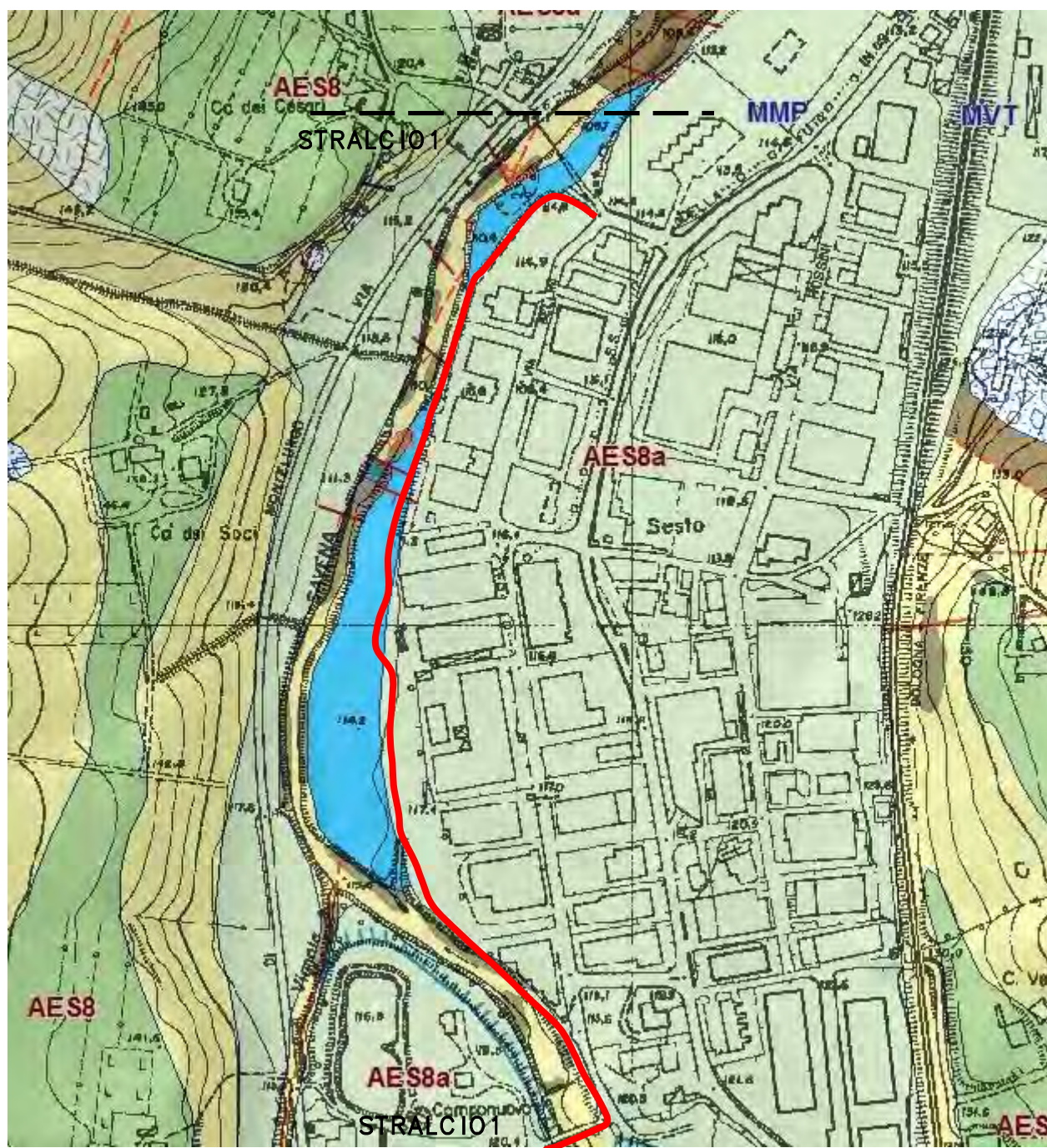
Dal punto di vista idrogeologico l'elemento di maggiore interesse, sia per estensione areale che per affioramento, è costituito dai depositi alluvionali terrazzati, caratterizzati da una permeabilità da media a medio elevata in funzione della distribuzione granulometrica.

Ai sedimenti grossolani (sabbie e ghiaie) può in alcuni casi essere associata una falda sospesa sostenuta dal sottostante bedrock di natura prevalentemente argillosa e/o marnosa, pressoché impermeabile, e alimentata dalle acque di percolazione superficiale.

Le unità associate ai terreni liguri ed epiliguri sono in genere caratterizzate da sorgenti che seguono l'andamento dei principali lineamenti tettonici; la trasmissività dell'acquifero è legata al rapporto tra la frazione areacea e quella pelitica e determina generalmente una permeabilità medio bassa.

I sedimenti alluvionali recenti legati all'attività del T. Savena, sono in genere caratterizzati da una permeabilità variabile in funzione della distribuzione granulometrica e possono contenere modeste falde sospese in corrispondenza dei livelli ghiaiosi; la permeabilità risulta generalmente media.

TAV. 2 - CARTA GEO-LITOLOGICA – Stralcio 1 Sesto



— Tracciato in progetto

Scala 1: 5.000

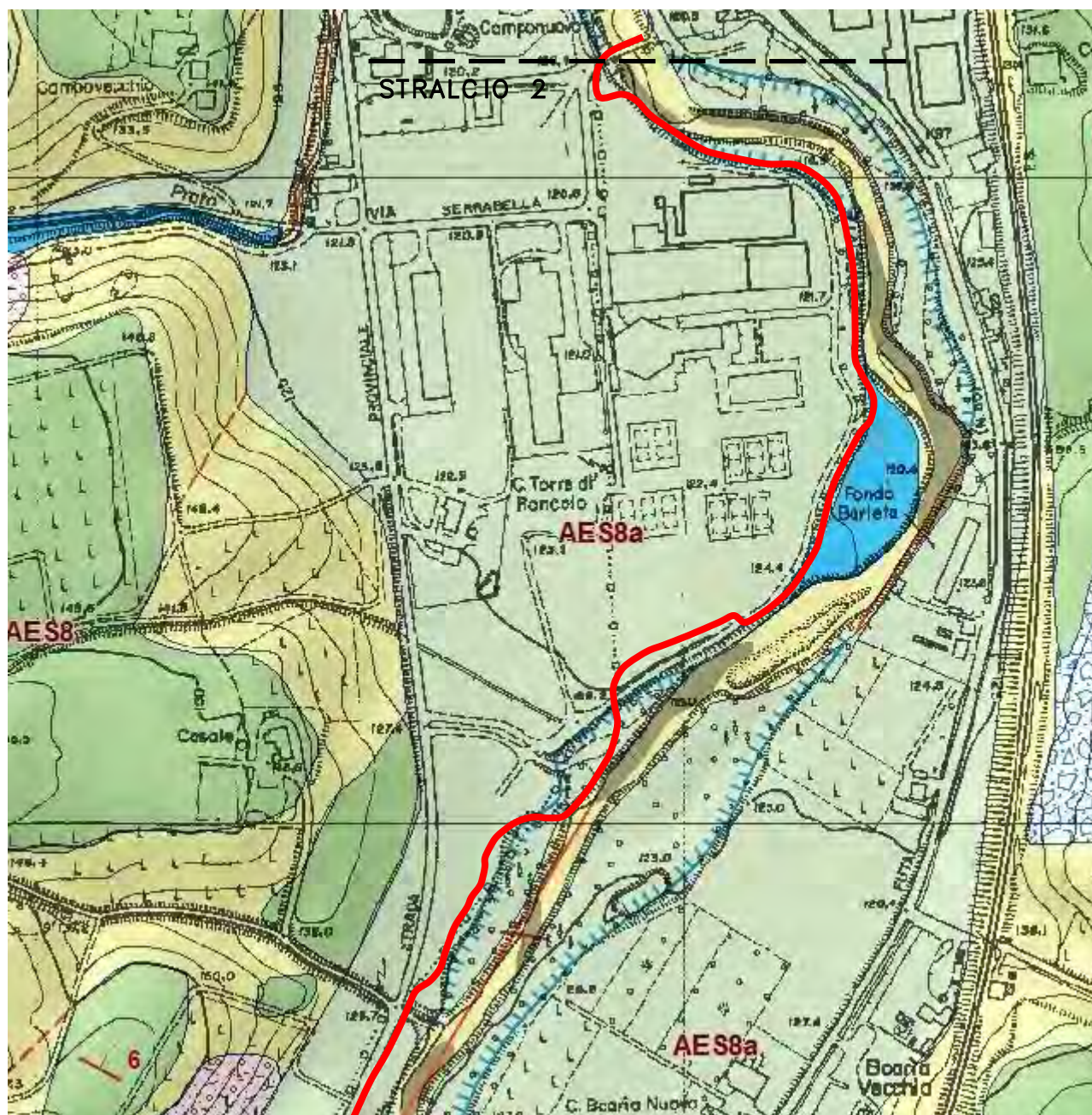
AES8 Subsistema di Ravenna;

AES8a Subsistema di Ravenna (Unità di Modena);

MMP Formazione di Pantano;

LOI Formazione di Loiano.

TAV. 3 - CARTA GEO-LITOLOGICA – Stralcio 2.1 Boaria Vecchia

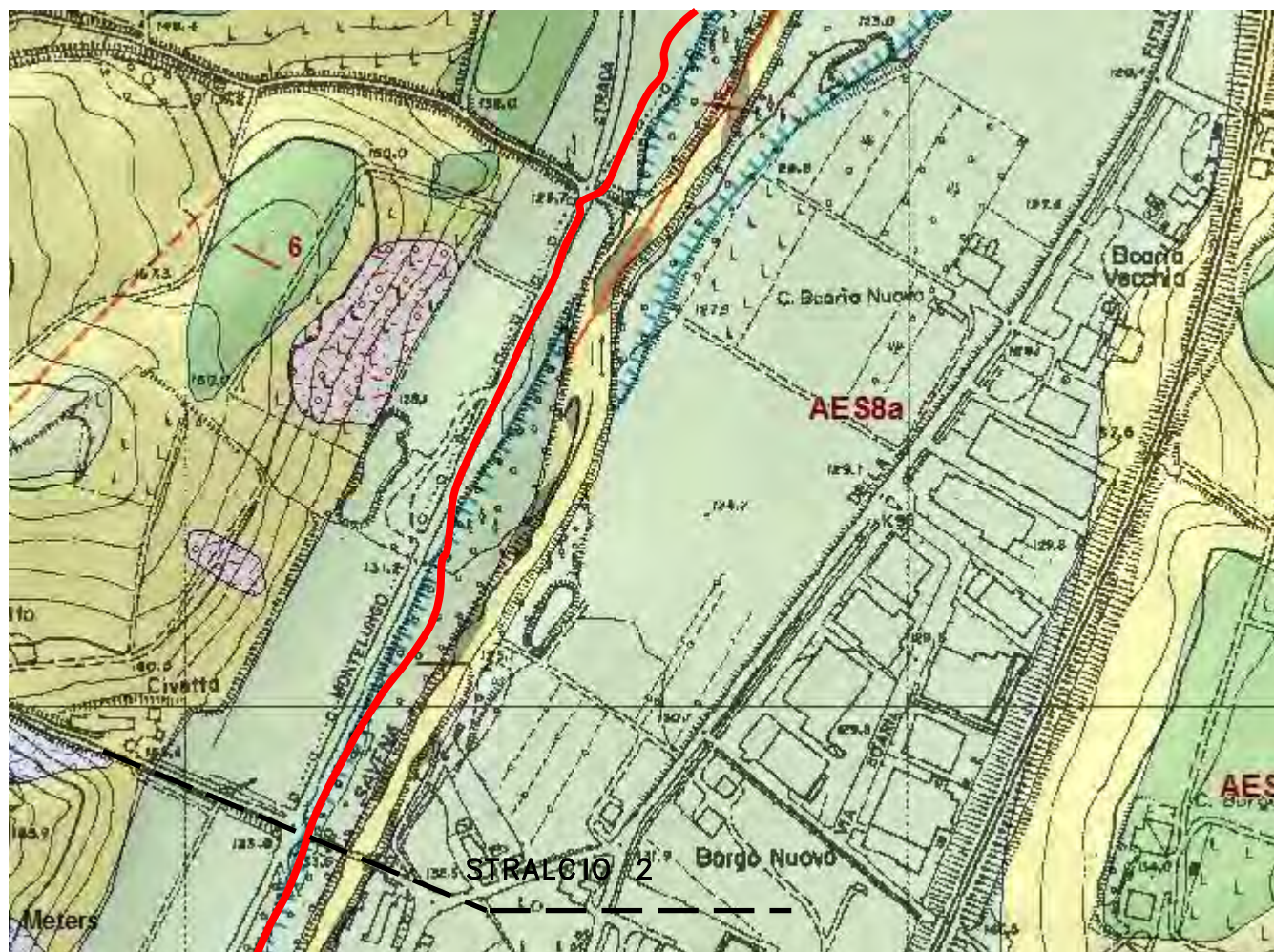


— Tracciato in progetto

Scala 1: 5.000

- AES8** *Subsintema di Ravenna;*
AES8a *Subsintema di Ravenna (Unità di Modena);*
FAA *Formazione Argille Azzurre.*

TAV. 4 - CARTA GEO-LITOLOGICA – Stralcio 2.2 Borgo Nuovo



— Tracciato in progetto

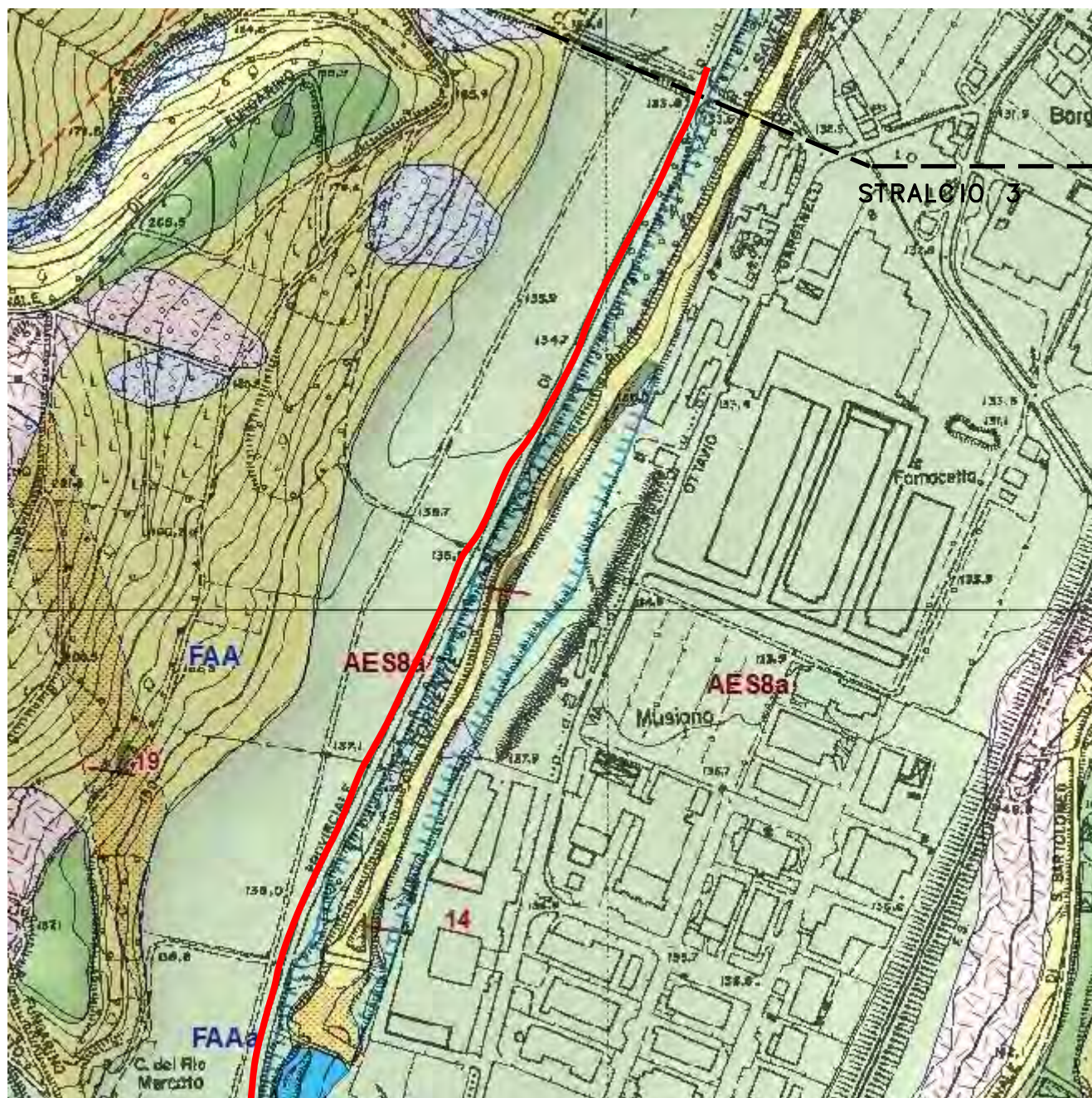
Scala 1: 5.000

AES8 *Subsintema di Ravenna;*

AES8a *Subsintema di Ravenna (Unità di Modena);*

FAA *Formazione Argille Azzurre.*

TAV. 5 - CARTA GEO-LITOLOGICA – Stralcio 3.1 Musiano

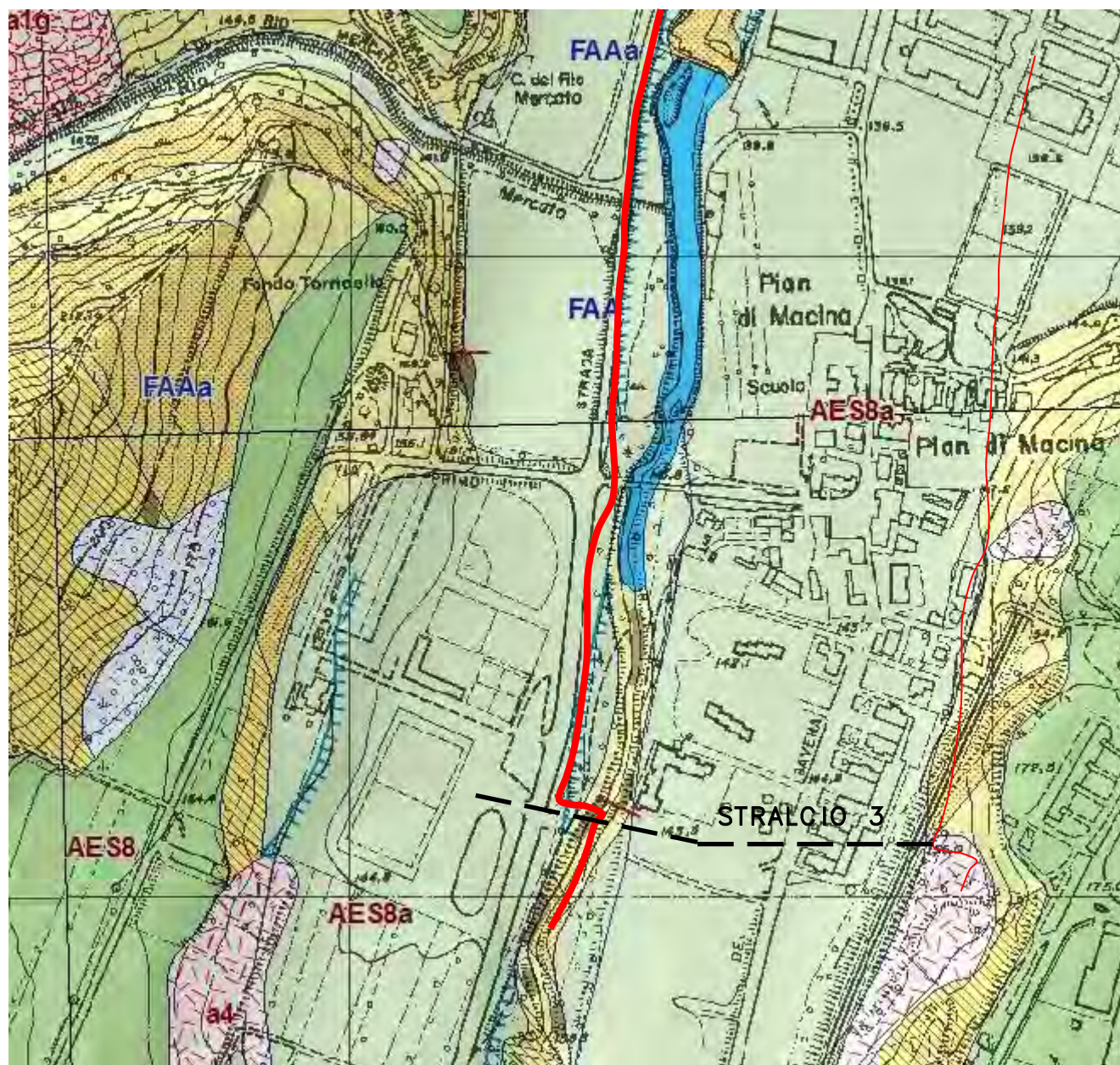


— Tracciato in progetto

Scala 1: 5.000

- AES8** *Subsintema di Ravenna;*
AES8a *Subsintema di Ravenna (Unità di Modena);*
FAA *Formazione Argille Azzurre.*

TAV. 6 - CARTA GEO-LITOLOGICA – Stralcio 3.2 Pian di Macina



— Tracciato in progetto

Scala 1: 5.000

AES8 *Subsintema di Ravenna;*

AES8a *Subsintema di Ravenna (Unità di Modena);*

FAA *Formazione Argille Azzurre.*

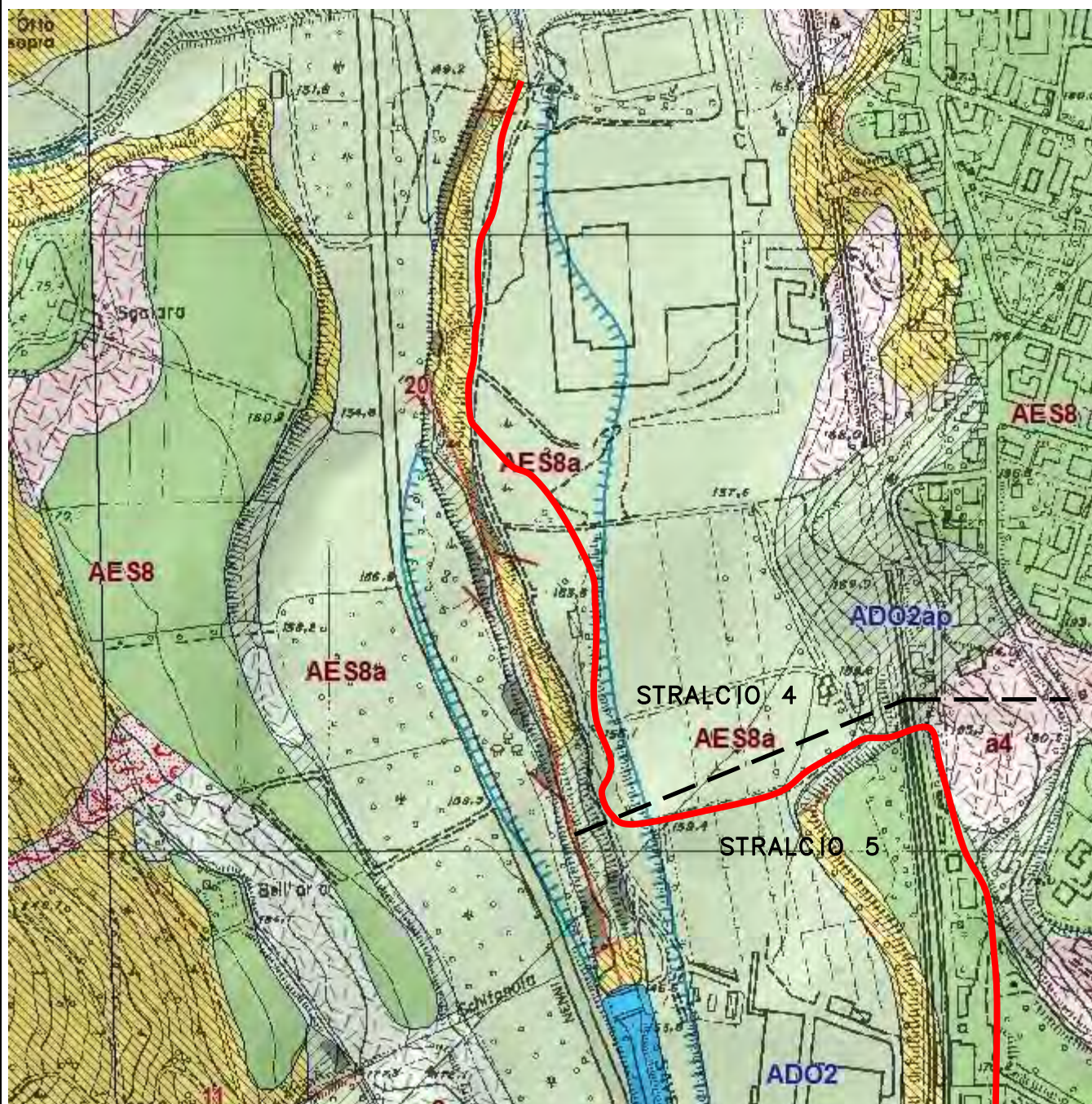
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono (051) 613.51.18



Scala 1: 5.000

AES8	<i>Subsintema di Ravenna;</i>
AES8a	<i>Subsintema di Ravenna (Unità di Modena);</i>
ADO2	<i>Formazione di Monte Adone;</i>
FAA	<i>Formazione Argille Azzurre.</i>

TAV. 8 - CARTA GEO-LITOLOGICA – Stralcio 4 e 5 Pianoro Nuova

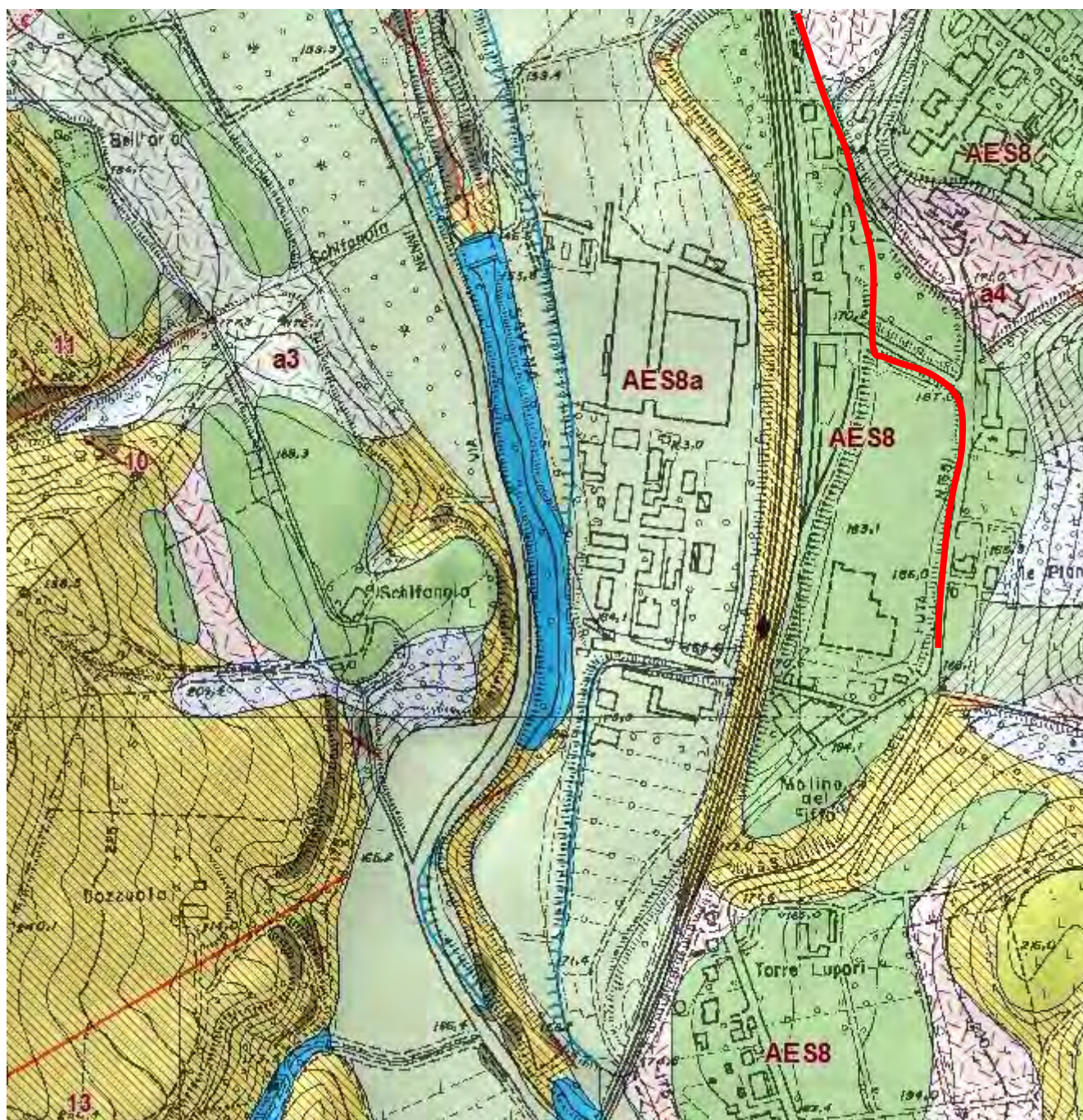


— Tracciato in progetto

Scala 1: 5.000

- AES8 *Subsistema di Ravenna;*
 AES8a *Subsistema di Ravenna (Unità di Modena);*
 ADO2 *Formazione di Monte Adone;*
 FAA *Formazione Argille Azzurre.*

TAV. 9 - CARTA GEO-LITOLOGICA – Stralcio 5 Molino del Fiffio



— Tracciato in progetto

Scala 1: 5.000

- AES8** *Subsistema di Ravenna;*
AES8a *Subsistema di Ravenna (Unità di Modena);*
ADO2 *Formazione di Monte Adone;*
FAA *Formazione Argille Azzurre.*

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Nel sito di indagine sono state effettuate due misure di microtremore della durata di 20' cad., allo scopo di definire le frequenze di risonanza fondamentali dei terreni del sottosuolo e, tramite inversione, di ricostruire il modello di sottosuolo in termini di profondità e velocità delle onde di taglio.

L'indagine sismica è stata condotta su terreno naturale duro e asciutto in condizioni meteo buone, in presenza di vento di debole entità tale da non creare disturbo durante la registrazione.

Gli spettri delle singole componenti del moto non mostrano particolari andamenti imputabili a fonti di rumore antropico; anche l'accoppiamento dello strumento con il terreno risulta di buona qualità, dato che le tre curve presentano un andamento concordante, pertanto i picchi evidenziati nel diagramma HVSR sono da considerarsi naturali.

La prima misurazione è stata eseguita al passaggio tra lo stralcio 3 e 4, località Pian di Macina, mentre la seconda all'interno dello stralcio 6, località Molino del Fiffo.

Per ancorare i diagrammi sono stati utilizzati gli esiti di indagini geognostiche eseguite in passato nelle stesse aree e in particolare di una penetrometria statica e una trivellazione a secco per la prova sismica 1 e di un sondaggio a carotaggio continuo per la prova sismica 2.

L'ubicazione dei punti indagati e i certificati di prova vengono riportati in allegato.

La definizione dei sismostrati in termini di velocità delle onde di taglio permettono di calcolare il parametro V_{s30} richiesto dall'attuale normativa, secondo l'equazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{si})$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo;

V_{si} = velocità dello strato i -esimo.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito, ricavabile dal diagramma HVSR rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di doppia risonanza.

Prova sismica 1

Il diagramma HVSR mostra un picco a 21,0 Hz generato dal passaggio tra i limi sabbiosi e le ghiaie evidenziato, in corrispondenza del sondaggio e della prova penetrometrica, ad una profondità media di 2,20 m, e un secondo picco a 3,7 Hz che delimita il passaggio al substrato inalterato.

Il primo picco è stato utilizzato per ancorare il diagramma H/V ai dati stratigrafici ricavando una curva H/V teorica che consente di stimare l'andamento della velocità sismica lungo la verticale indagata.

La buona sovrapposizione della curva sintetica H/V alla curva misurata, confermano la correttezza del modello di sottosuolo ottenuto con l'inversione.

Nel caso in esame al p.c. per i valori considerati la Vs30 risulta pari a 340 m/s.

Prova sismica 2

Il diagramma HVSR mostra un picco a 11,0 Hz generato dal passaggio tra le ghiaie e le argille limose e sabbiose evidenziato, in corrispondenza del sondaggio, ad una profondità media di 2,00 m.

Tale picco è stato utilizzato per ancorare il diagramma H/V ai dati stratigrafici ricavando una curva H/V teorica che consente di stimare l'andamento della velocità sismica lungo la verticale indagata.

La buona sovrapposizione della curva sintetica H/V alla curva misurata, confermano la correttezza del modello di sottosuolo ottenuto con l'inversione.

Nel caso in esame al p.c. per i valori considerati la Vs30 risulta pari a 258 m/s.

I terreni indagati, ricadono pertanto nella Categoria C, che comprende *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine”)*.

5. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA

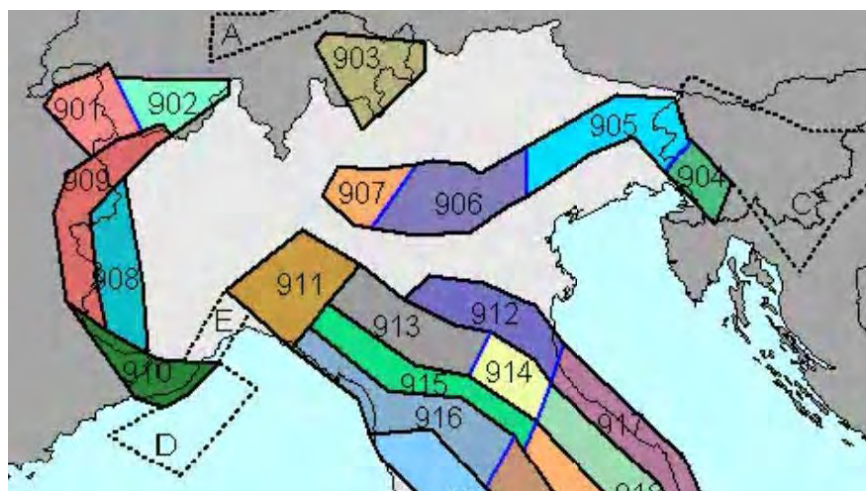
La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti di un sisma.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni ideali di sito di riferimento con superficie topografica orizzontale di categoria A.

Il Comune di Pianoro (TAV. 10 – Mappa di pericolosità sismica) presenta un'accelerazione al suolo tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni $PGA = 0,150 - 0,175g$.

La Magnitudo dell'area si ottiene, come riportato negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Gruppo di Lavoro MS 2008" sulla base della zonazione sismogenetica ZS 9, secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima.

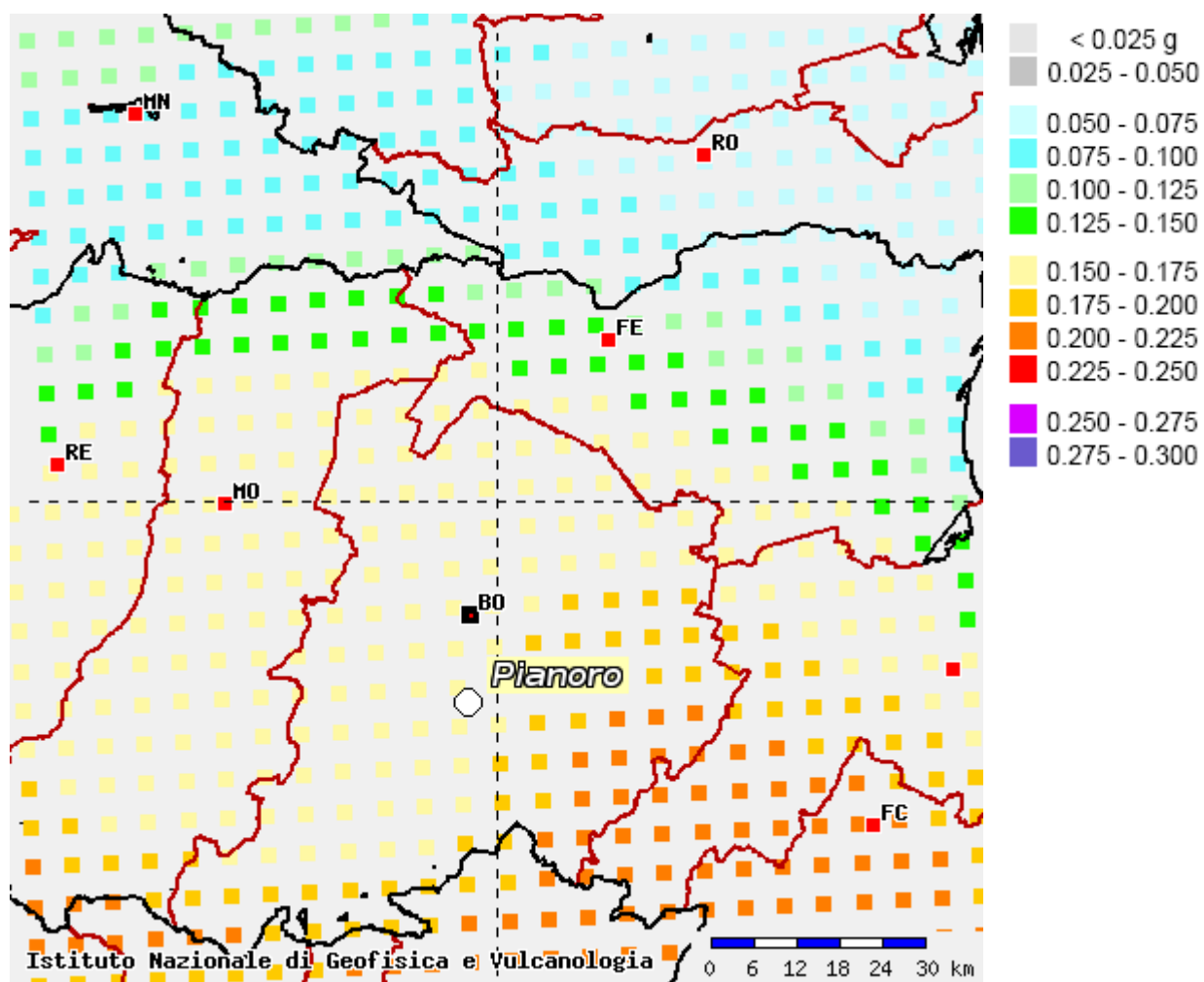
Come evidenziato dalla mappa delle zone sismogenetiche di cui si riporta uno stralcio, l'Emilia Romagna ricade nelle zone 911-914 alle quali è attribuito un valore di M pari a 6,14.



La pericolosità sismica in un generico sito viene definita in termini di valori di accelerazione orizzontale massima e di spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, in corrispondenza dei punti di un reticolo e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito in esame e della morfologia di superficie.

TAV. 10 – MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA



6. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In occasione di un evento sismico particolare attenzione deve essere posta nella liquefazione dei terreni, ovvero la fluidificazione degli stessi con perdita improvvisa della resistenza al taglio, tendenza all'addensamento e conseguente riduzione di volume.

La verifica alla liquefazione può essere omessa quando risulta soddisfatta almeno uno delle seguenti circostanze come da N.T.C. 7.11.3.4.2:

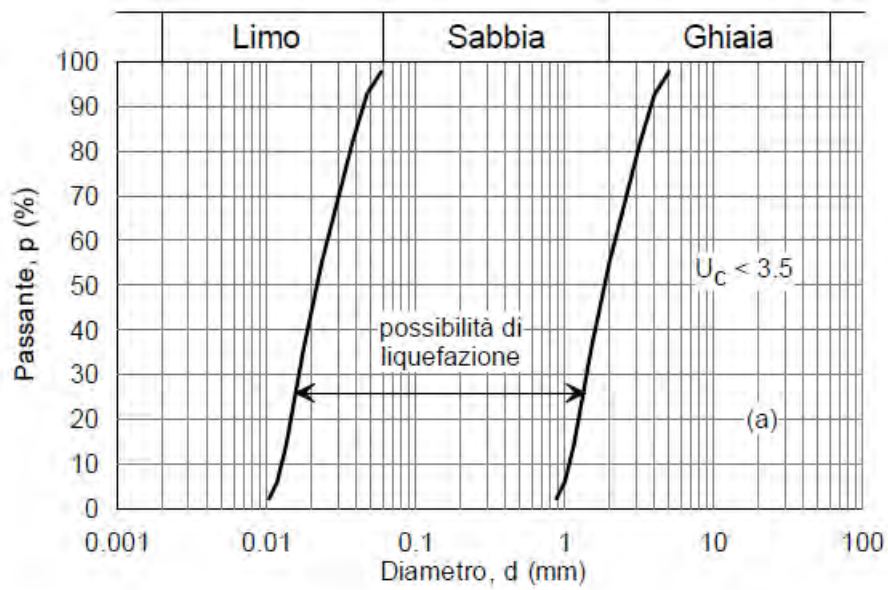
1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5; come visto in precedenza sulla base degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Gruppo di Lavoro MS 2008" le valutazioni vengono effettuate utilizzando la magnitudo massima attestata di 6,14 (*non soddisfatta*).
2. Accelerazione massima attesa al p.c. in condizioni di campo libero minore di 0,1g; nel nostro caso $a_{max} > 0,150g$ (*non soddisfatta*).

Quando le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte, le indagini devono essere finalizzate alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle successive condizioni:

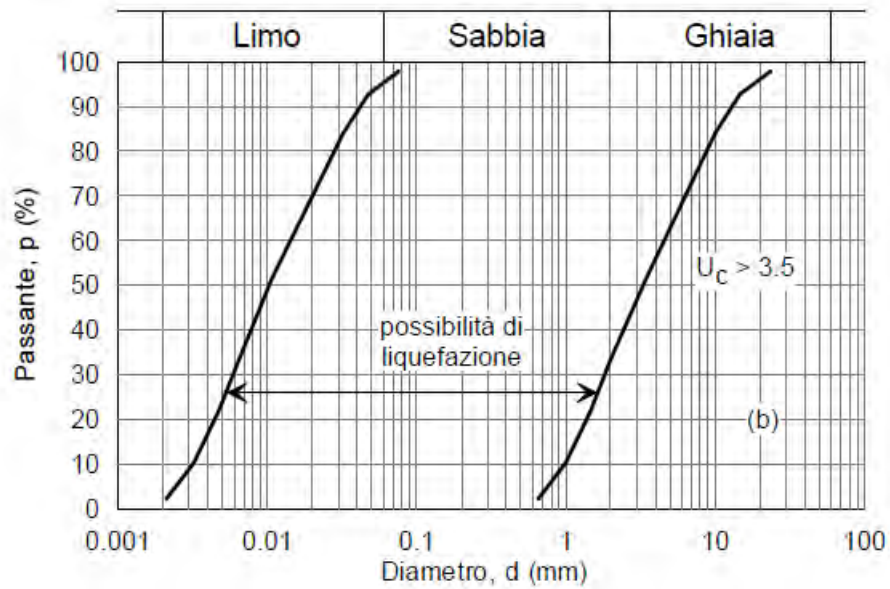
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m dal p.c., per p.c. suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali; nel nostro caso, come descritto in precedenza, esiste la possibilità che all'interno dei litotipi superficiali sia presente una falda sospesa permeante i terreni grossolani, e confinata dal sottostante bedrock (*non soddisfatta*).
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $(q_{c1n}) > 180$; sulla base della geologia generale dell'area la litologia è rappresentata da sabbie limose e/o viceversa e da ghiaie di elevato addensamento sopportate in breve da un substrato argilloso e/o marnoso di elevata consistenza (*soddisfatta*).
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U < 3,5$ ed in figura (b) per terreni con $U > 3,5$; a livello operativo l'applicazione di questo criterio implica l'esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura.

Essendo soddisfatta almeno una delle seguenti circostanze come da N.T.C. 7.11.3.4.2, si ritiene in linea generale che non sussistano i presupposti perché i terreni presenti lungo il fondovalle Savena siano considerati liquefacibili.

(a)



(b)



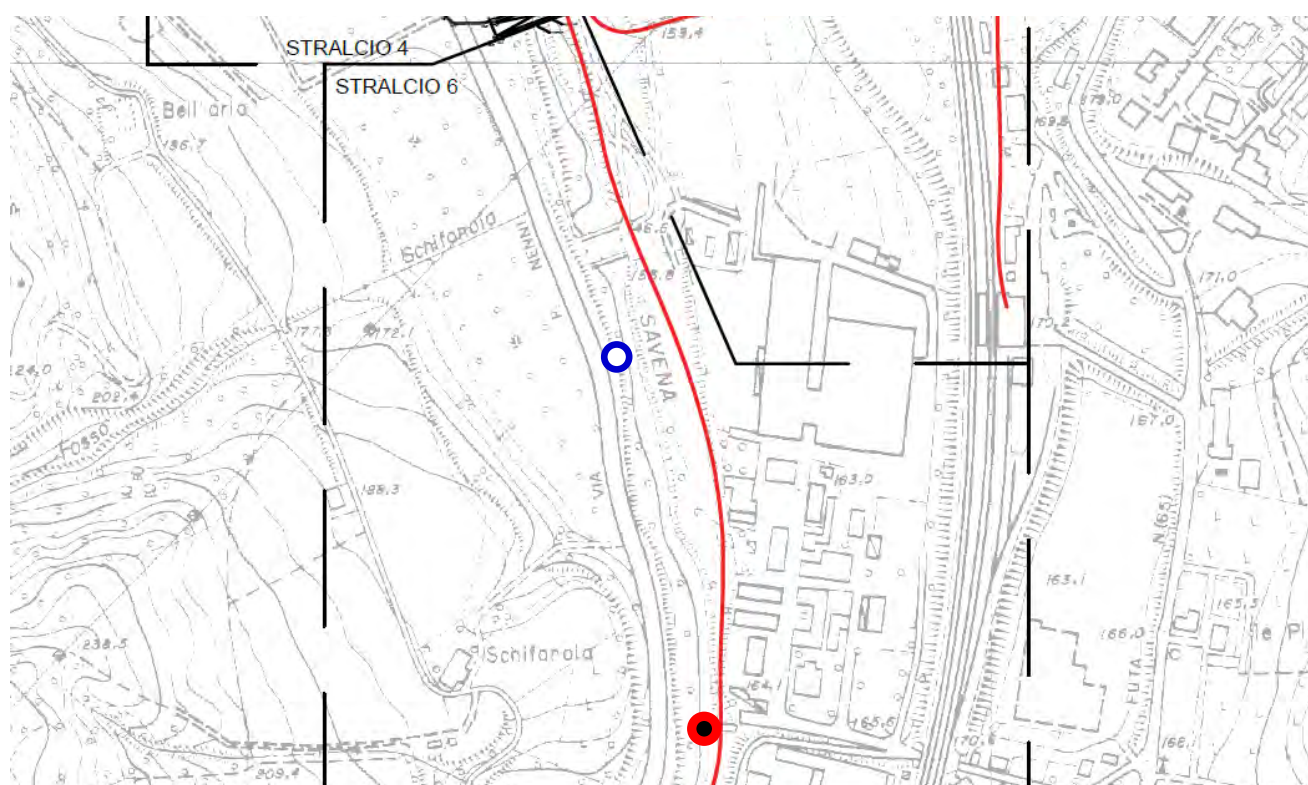
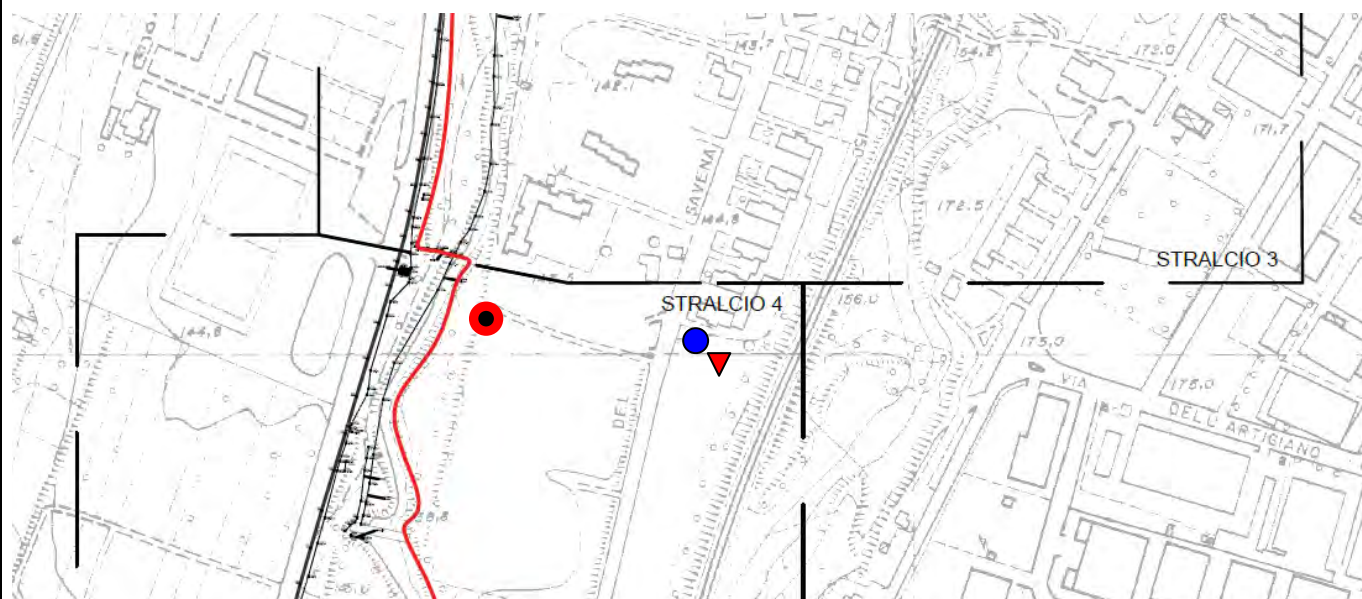
Casalecchio di Reno, 25 Novembre 2017



ALLEGATI

Indagine geognostica

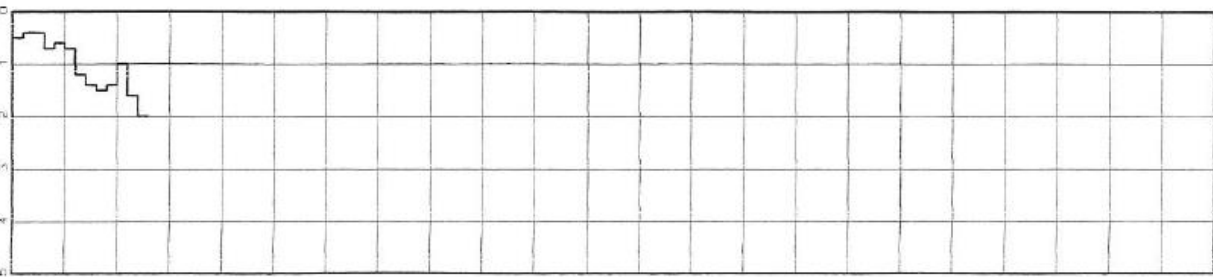
Ubicazione indagine geognostica



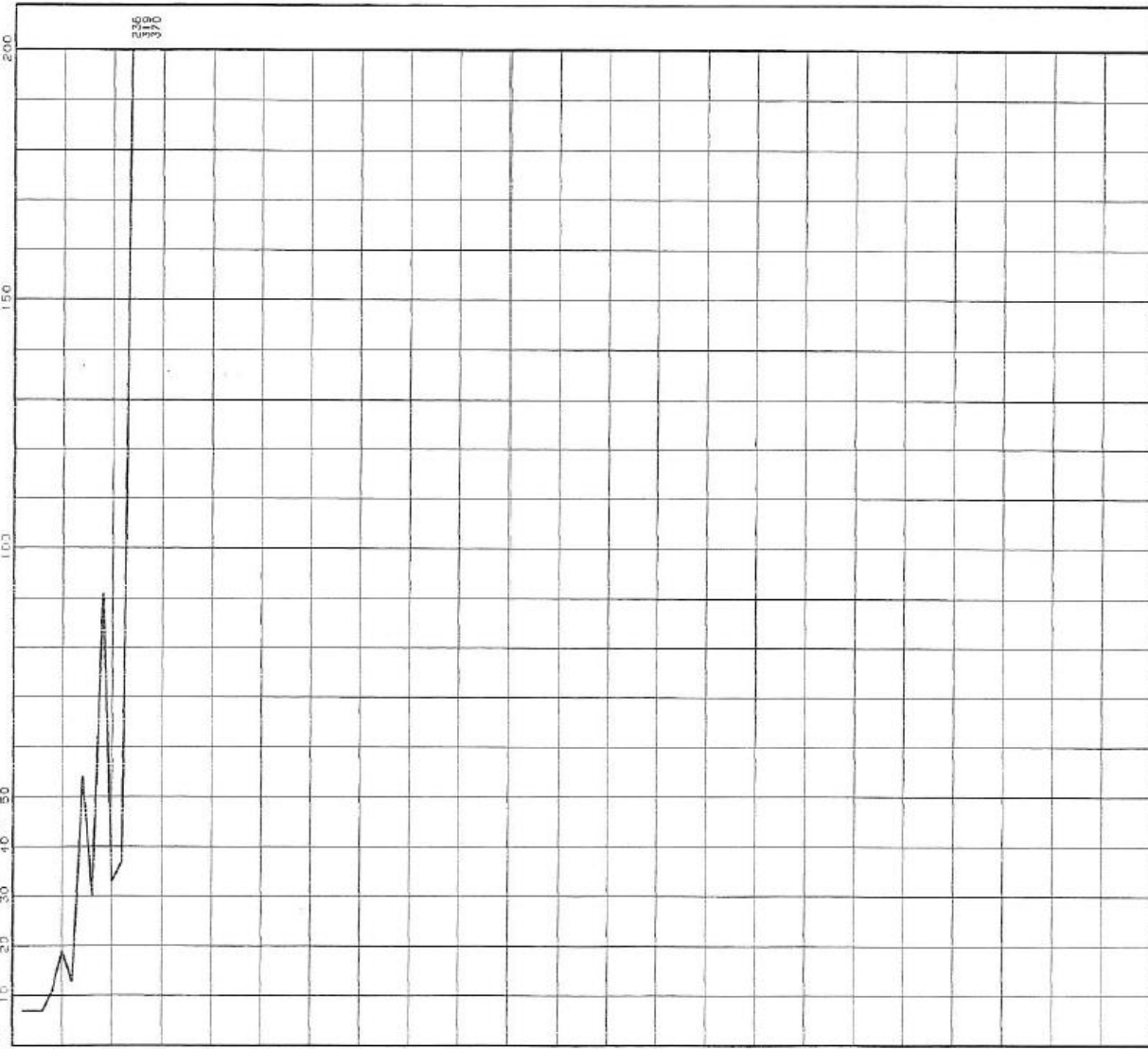
- ▼ Penetrometria statica
- Carotaggio continuo
- Trivellazione a secco
- Indagine sismica

GEO-PROBE 40133 BOLOGNA Via R. Grieco, 7 - Tel. 051/61.45.360		SONDAGGIO N. 1 Comittente: Studio Associato L.S. Località: Pianoro (BO) Pian di Macina - via Savena		N. Certificato: 02143001 Data: 02/05/2002			
Profondità (m)	Colonna stratigrafica	Descrizione stratigrafica		Torvane (kg/cm²)	S.P.T. Profondità (m)	Piezometro Profondità (m)	Stagno
		Tipo					
		n.					
		Profondità (m)					
		Pocket penetrometer (kg/cm²)					
0.50		Limo sabbioso e/o viceversa: - terreno di consistenza da plastico molle a plastico tenero.					
1.20		Limo sabbioso e/o argilloso di colore beige con sabbie giallastre: - terreno di consistenza plastico ed umidità elevata.					
2.20		Limo sabbioso di colore da beige a giallastro: - terreno di addensamento variabile da medio scarso a medio buono ed umidità media.					
3.50		Chiaia eterometrica in matrice sabbiosa di colore giallastro: - terreno di addensamento da elevato a molto elevato ed umidità media.					
Profondità acque da piez. assente							
Trivellazione ø secco ø mm 152							

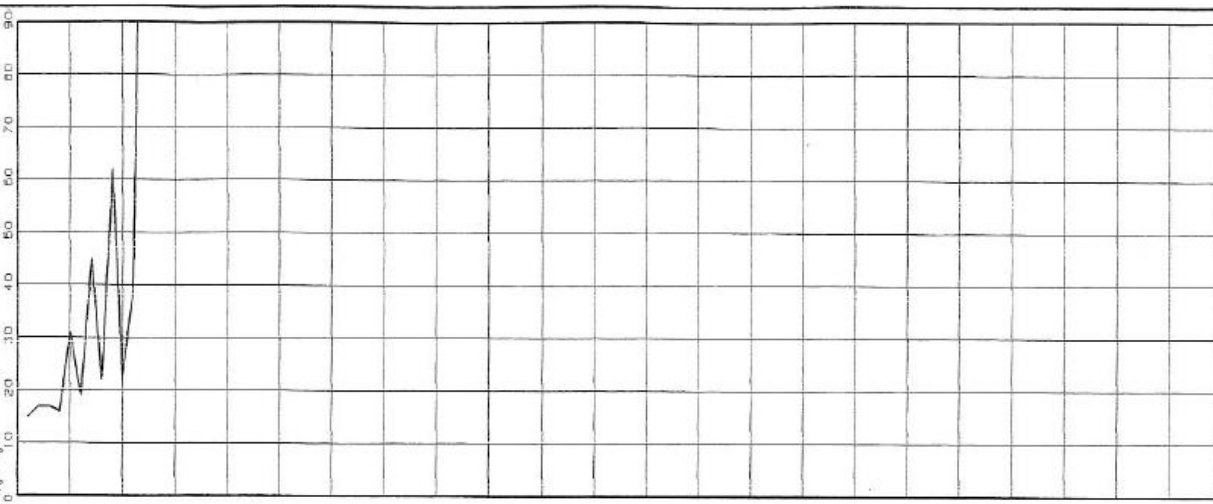
f_s resistenza laterale (kg/cmq)



q_c resistenza allo punta (kg/cmq)



q_t/f_t



Livello acqua da p.c.: assente

GEO-PROBE s.r.l. Indagini Geognostiche 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO) Via Cimerosa, 119 - Tel. 051/61.33.072		Committente: <u>Dr. sse Giordani</u>		Quota: <u>---</u>	Rap. Pr. N°14.0360/RSP		
		Località: <u>Planoro (BO)</u>		Profondità: <u>20.00 m</u>	Codice Lavoro: <u>2014.076</u>		
		Cantiere: <u>Plantella - Pian di Macina</u>		Data Inizio: <u>14/04/2014</u>			
		Perforazione: <u>Carotaggio Continuo diam. 101</u>		Data Fine: <u>16/04/2014</u>			
Attrezzatura: <u>Sinda Drill 830L</u>		Il geologo: <u>Dr. Conti</u>				SONDAGGIO <u>1</u> FOGLIO <u>1/1</u>	
Procedura di Prova IO_001	Rapporto di Prova N° 14.0359/RSP	Rev. 0	Data di emissione 15/04/2014	Lo Sperimentatore Dr. Regazzi		Il Direttore di Laboratorio Dr. Conti	

Scala 1:50	Metri Lunghezza carota Rivestimento	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Percentuale Carotaggio	Campioni	Prof. SPT	N° colpi SPT	Tipo di punta	Scala 1:50	P. P. [kg/cm²]	V. T. [kg/cm²]	Falda	Piezometro Nobis	Note
1	1.00 1.60			Ghiale in matrice sabbiosa di colore da nocciola a grigio; terreno ad umidità da scarsa ad elevata dalla profondità di 1.30 m.	20 40 60 80					1					
2	1.00 1.60	127.000								2			1.70		
3	1.00 1.60	2.10		Argilla limosa a tratti debolmente sabbiosa di colore grigio, rari livellotti di blocchi; terreno ad umidità medio scarsa.			-3.00	22	A	3	-3.00 -3.45		2.8 4.3 4.6	1.1 2.0 2.0	
4	0.80 1.60						-4.40 -4.65			4					
5	0.80 1.60									5					
6	0.80 1.50						-6.00	50/0	24	6	-6.00 -6.15				
7	1.20 1.50									7					
8	1.10 1.50									8					
9	0.70 1.50						-9.00	46	50/0	9	-9.00 -9.35				
10	1.30 1.50									10					
11	1.30 1.50									11					
12	0.40 1.50						-12.00	60/4	29	12	-12.00 -12.20				
13	1.20 1.50									13					
14	1.30 1.50									14					
15	0.80 1.60						-15.10	50/0.6	16	15	-15.10 -16.20				
16	0.90 1.50									16					
17	1.00 1.60									17					
18	1.00 1.60									18					
19	1.00 1.60									19					
20	1.00 1.50									20					

Rilevamento acque nel foro di sondaggio

DATA : 08/04/14 ORA INIZIO : 10:30 ORA FINE : 12:30
 DATA : 14/04/14 ORA INIZIO : 10:30 ORA FINE : 12:30
 DATA : 15/04/14 ORA INIZIO : 09:30 ORA FINE : 12:30

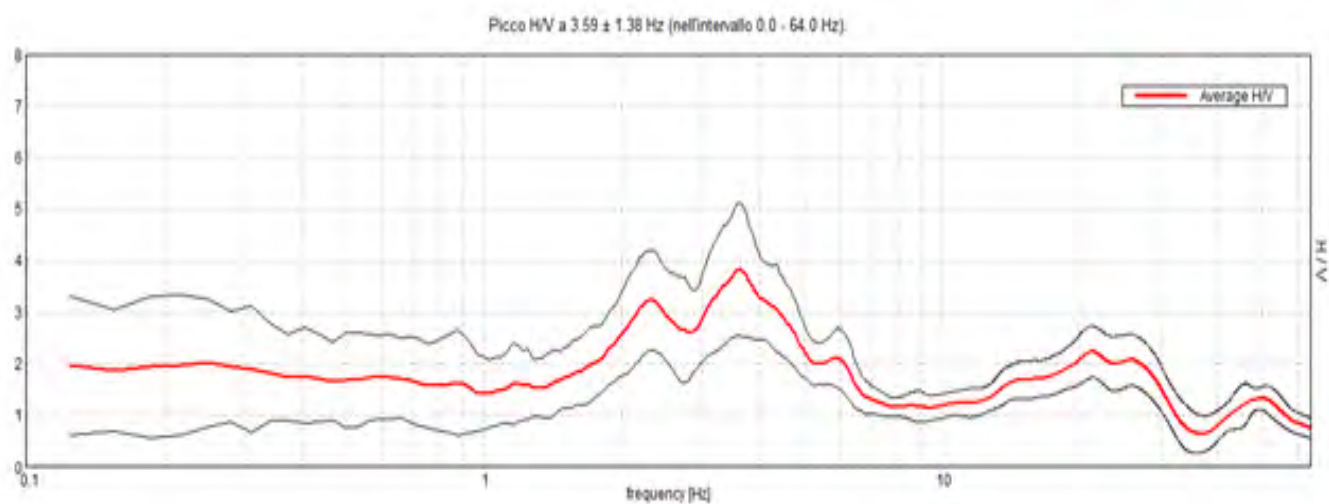
posto in opera pozzetto di cemento calcestruzzo

Indagine sismica

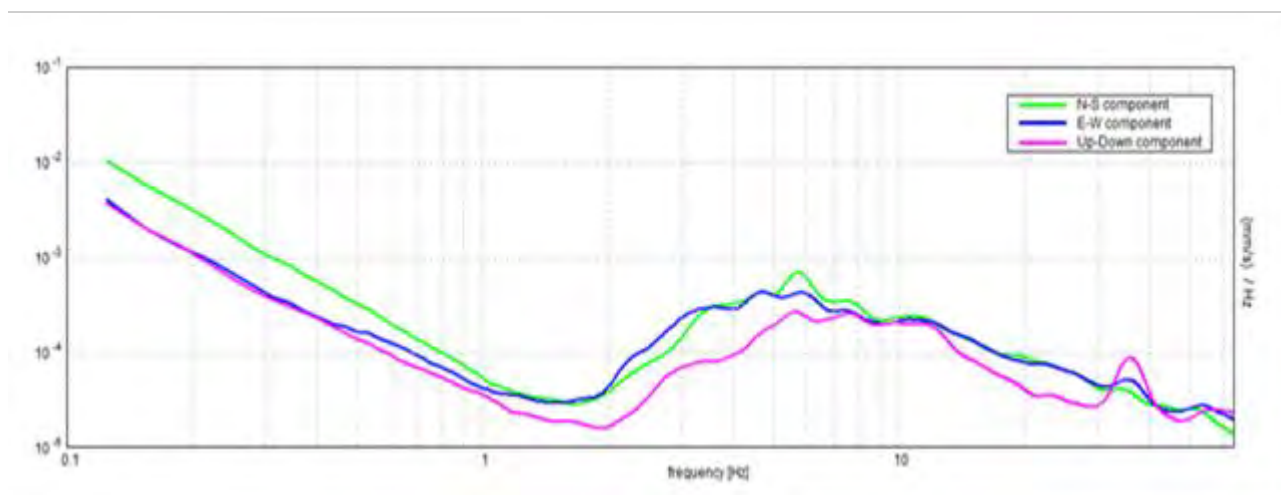
HVSR1

Committente:	Comune di Pianoro	Data prova:	20/11/2017
Località:	Pianoro (BO)	Ora inizio registrazione:	11:01:31
Cantiere:	Pian di Macina – Stralcio 4	Ora fine registrazione:	11:21:31
Strumento:	TRZ-0184/01-12	Procedura di Prova:	
Note:	-	Frequenza di campionamento:	128 Hz

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

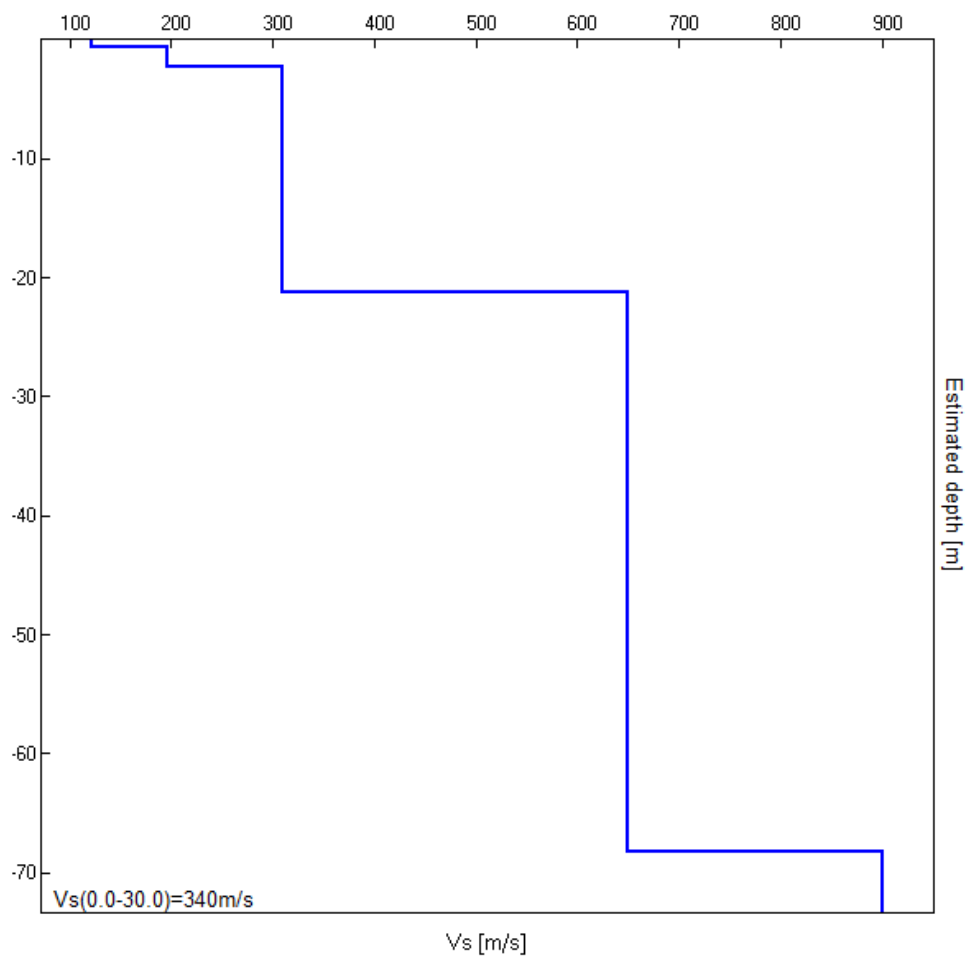


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.60	0.60	122
2.30	1.70	196
21.30	19.00	310
68.30	47.00	650
inf.	inf.	900

$V_s(0.0-30.0) = 340 \text{ m/s}$



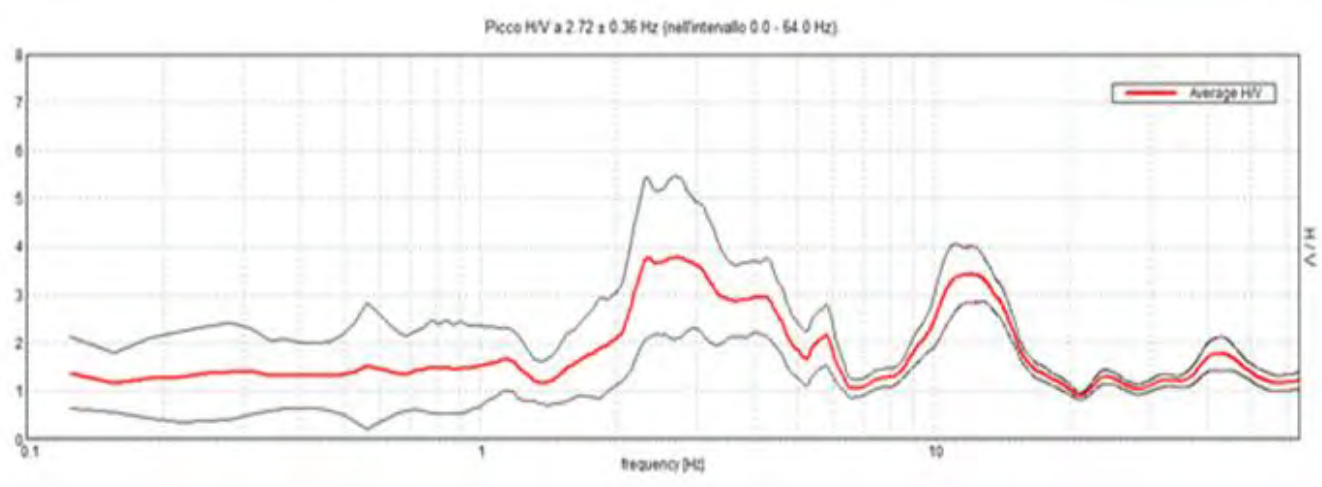
V_s [m/s]

Estimated depth [m]

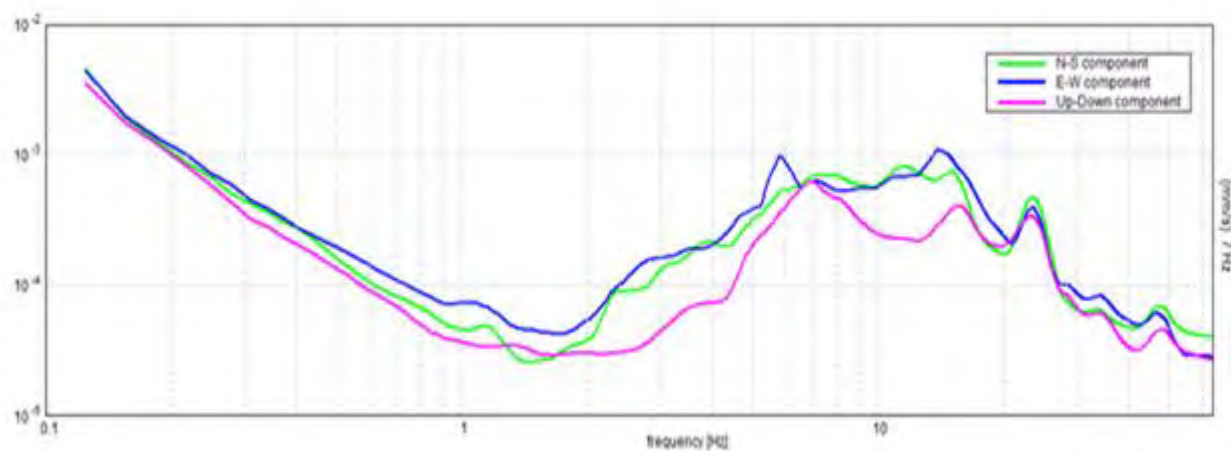
HVSR2

Committente:	Comune di Pianoro	Data prova:	20/11/2017
Località:	Pianoro (BO)	Ora inizio registrazione:	11:39:38
Cantiere:	Molino del Fiffò – Stralcio 6	Ora fine registrazione:	11:59:38
Strumento:	TRZ-0184/01-12	Procedura di Prova:	
Note:	-	Frequenza di campionamento:	128 Hz

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

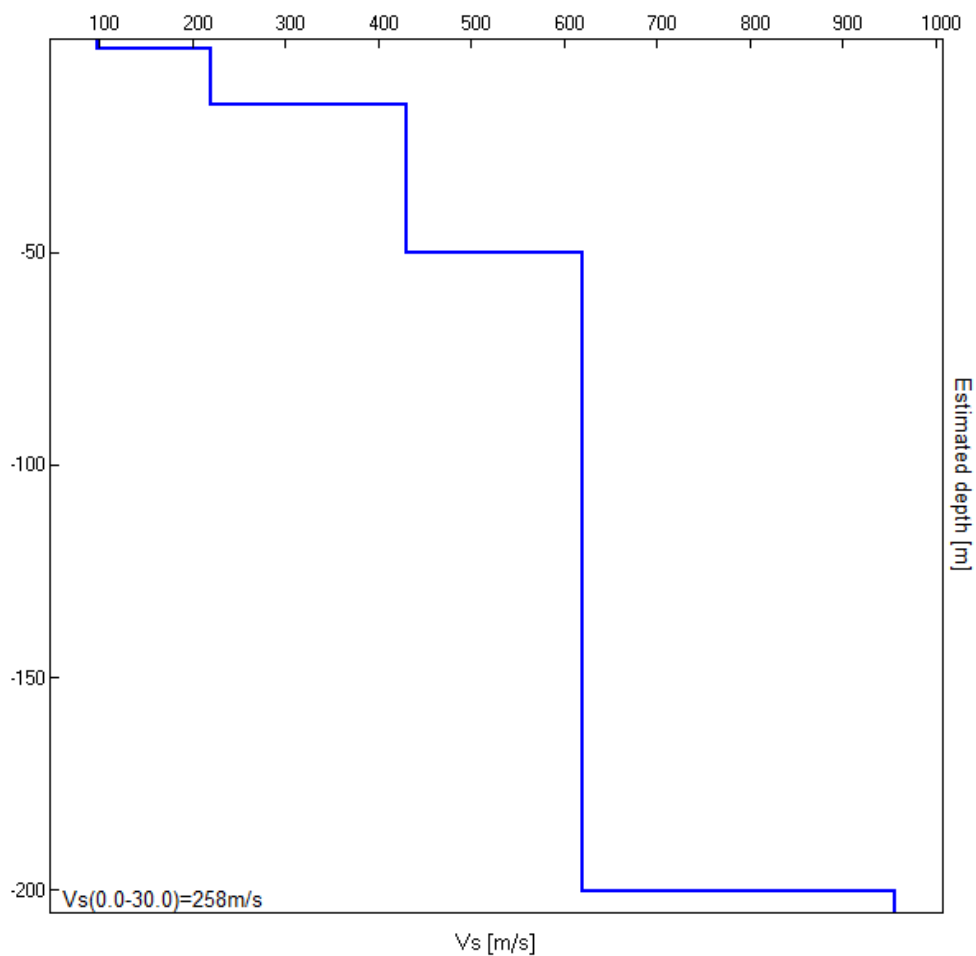


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
2.20	2.20	97
15.20	13.00	220
50.20	35.00	430
200.20	150.00	620
inf.	inf.	957

$V_s(0.0-30.0) = 258 \text{ m/s}$





COMUNE DI PIANORO (BO)

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DEI
TERRENI DEL PRIMO SOTTOSUOLO DI
UN'AREA SITA TRA VIA NENNI E VIA DEL
SAVENA, SULLA QUALE È IN PROGETTO
LA REALIZZAZIONE DI UNA PASSERELLA
CICLOPEDONALE

Committente:

– Comune di Pianoro



Codice Lavoro: 2018.008/RG

Revisione 0.0 Febbraio 2018

GEO-PROBE

– *Studio Geologico Associato* –

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051.613.51.18

Email: geoprobe@geo-probe.com

INDICE

1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE	4
4. INDAGINE GEOGNOSTICA	7
5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI	11
6. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	12
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	13
8. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	14
9. MODELLAZIONE SISMICA	16
9.1. Vita nominale	16
9.2. Classi d'uso.....	16
9.3. Periodo di riferimento.....	17
9.4. Azione sismica	17
9.5. Categoria di sottosuolo	18
9.6. Condizioni topografiche	19
9.7. Amplificazione stratigrafica.....	20
9.8. Accelerazione massima al sito	20
9.9. Coefficiente sismico orizzontale e verticale	20
10. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	22

ALLEGATI:

- stratigrafie sondaggi a carotaggio continuo;
- documentazione fotografica;
- indagine sismica.

* * *


1. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dal Comune di Pianoro si trasmette, in conformità con le normative vigenti, la seguente relazione geologico-tecnica riguardante lo studio dei terreni del primo sottosuolo di un'area sulla quale è in progetto la realizzazione di una passerella ciclopedonale

L'area in esame si ubica tra via Nenni e in via del Savena, in Comune di Pianoro (BO) (TAV. 1: estratto C.T.R. Scala 1:5.000; elemento n. 238014 – Pianoro Nuova).

Il presente studio è stato articolato nei seguenti punti:

- a) analisi e descrizione della situazione
morfologica e geo-litologica generale;
- b) determinazione della natura dei terreni
costituenti il primo sottosuolo;
- c) determinazione delle caratteristiche
fisico-meccaniche degli stessi;
- d) caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
- e) modellazione sismica dei terreni di fondazione.

 Area in esame

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". D.M. 11 Marzo 1988.
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL. PP. n. 30483, 24 Settembre 1988.
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, Maggio 1990 (edizione provvisoria).
- Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica, Settembre 1988.
- ISRM International Society for Rock Mechanics: Rock characterization testing and monitoring suggested methods - Commission on Testing Methods; 1981.
- "Norme tecniche per le costruzioni". D.M. 14 Gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/08, supplemento ordinario n. 30).
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 617/2009.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 1661/2009 del 2 novembre 2009.
- Ordinanza del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 70 del 13/11/2012.
- "Raccomandazioni per la redazione della relazione geologica ai sensi delle N.C.T." a cura del Centro Studi del C.N.G.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 2193/2015 del 21 dicembre 2015.

3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE

L'area in esame si sviluppa ad una quota media di circa 143,00 m s.l.m. in un'area terrazzata del fondovalle Savena pressoché pianeggiante.

La litologia del primo sottosuolo, come segnalato nella Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo di cui di seguito si riportano uno stralcio, è rappresentata prevalentemente dai depositi alluvionali terrazzati depositati dal Torrente Savena (**AES8a**), costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie in spessori assai limitati, ricoperti da una coltre pedogenizzata di natura limo argillosa.

Queste coltri quaternarie ricoprono il substrato locale caratterizzato in prevalenza da formazioni del Dominio Padano (**FAA** - Formazione delle Argille Azzurre e **ADO2** - Formazione di Monte Adone – Membro delle Ganzole).

Le argille azzurre costituenti il substrato (**FAA**) sono visibili a valle dei salti idraulici dove l'alveo è maggiormente soggetto all'erosione.

La presenza di formazioni a tessitura argillosa (**FAA**) genera un aspetto morfologico caratterizzato da versanti con fianchi ad acclività media, in corrispondenza dei quali non sono infrequenti delle coltri franose quiescenti e dei depositi di versante (**a2**), che in corrispondenza delle zone a minore acclività, raggiungono spessori considerevoli, mentre in corrispondenza del passaggio fra termini argillosi e sabbioso arenitici i fianchi si presentano a maggiore acclività con tratti in forte pendenza laddove il substrato pliocenico medio inferiore (**ADO2**) risulta pressoché affiorante.

L'idrografia primaria è rappresentata dal Torrente Savena mentre quella secondaria da piccoli rii e fossi di scolo, che raccolgono le acque provenienti dai versanti e le confluiscono verso il collettore principale.

I caratteri idrogeologici del sito in esame dipendono sostanzialmente dalle caratteristiche litologiche dei vari complessi geologici presenti; sulla base delle unità litostratigrafiche sopra descritte, possono essere distinte tre differenti unità idrogeologiche:

- 1) Unità associata ai terreni liguri ed epiliguri;
- 2) Unità associata ai depositi alluvionali recenti;
- 3) Unità associata ai depositi alluvionali terrazzati.

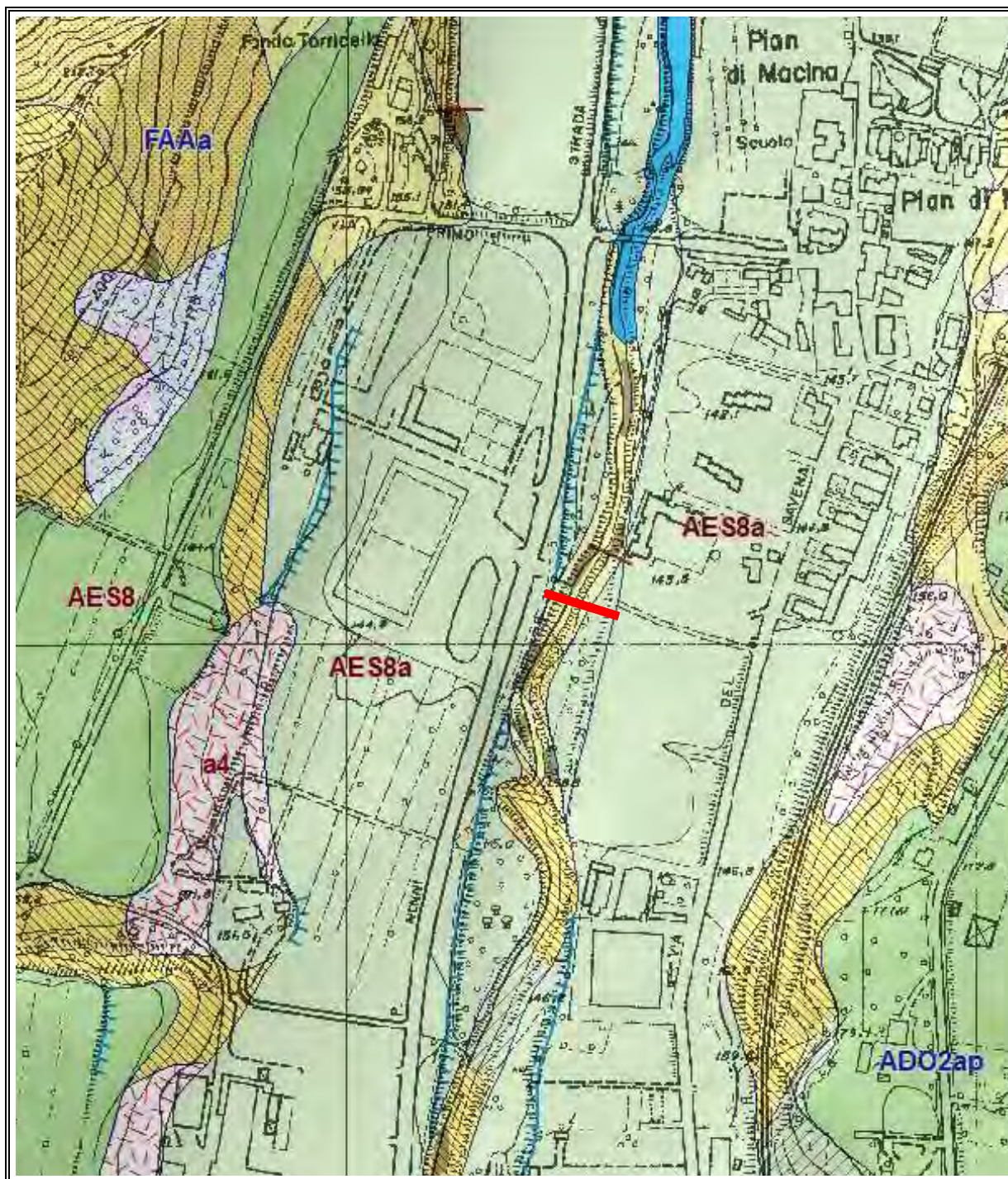
Dal punto di vista idrogeologico l'elemento di maggiore interesse, sia per estensione areale che per affioramento, è costituito dai depositi alluvionali terrazzati, caratterizzati da una permeabilità da media a medio elevata in funzione della distribuzione granulometrica.

Ai sedimenti grossolani (sabbie e ghiaie) può, in alcuni casi, essere associata una falda sospesa sostenuta dal sottostante bedrock di natura prevalentemente argillosa e/o marnosa, pressoché impermeabile, e alimentata dalle acque di percolazione superficiale.

Le unità associate ai terreni liguri ed epiliguri sono in genere caratterizzate da sorgenti che seguono l'andamento dei principali lineamenti tettonici; la trasmissività dell'acquifero è legata al rapporto tra la frazione arenacea e quella pelitica e determina generalmente una permeabilità medio bassa.

I sedimenti alluvionali recenti legati all'attività del Torrente Savena, sono in genere caratterizzati da una permeabilità variabile in funzione della distribuzione granulometrica e possono contenere modeste falde sospese in corrispondenza dei livelli ghiaiosi; la permeabilità risulta generalmente media.

TAV. 2 - CARTA GEO-LITOLOGICA



 Area in esame

Scala 1:5.000

- AES8** *Subsintema di Ravenna;*
AES8a *Subsintema di Ravenna (Unità di Modena);*
ADO2 *Formazione di Monte Adone;*
FAA *Formazione delle Argille Azzurre.*

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Nell'area interessata dall'intervento, allo scopo di verificare la successione stratigrafica che caratterizza i terreni del primo sottosuolo e valutare le caratteristiche fisico meccaniche degli stessi, si è provveduto ad eseguire un'indagine geognostica in sito e un'indagine sismica locale al fine di determinare il parametro Vs30 per poi classificare il suolo di fondazione.

4.1. Indagine geognostica in sito

L'indagine geognostica in sito, eseguita dalla Geo-Probe S.r.l., è consistita nella realizzazione di n. 2 sondaggi con il metodo del carotaggio continuo della lunghezza di 25,00 m cad.

I punti di indagine, sono stati posizionati rispettivamente in destra e in sinistra idrografica; l'esatta ubicazione degli stessi viene riportata di seguito nella TAV. 3.

Per l'esecuzione dei carotaggi continui è stata utilizzata una sonda perforatrice IPC modello DRILL 830L di proprietà della GEO-PROBE S.r.l. con le seguenti caratteristiche:

- Coppia alla rotazione	1182 Kgm
- Velocità di rotazione	457 rpm
- Corsa continua	400 cm
- Spinta testa di rotazione	5000 Kg
- Trazione testa di rotazione	5000 Kg
- Pressione pompe:	1) schiuma 50 bar
	2) a vite 24 bar
- Argano a fune d'acciaio	1100 Kg
- Aste di perforazione con nipples	
a filetto conico	n. 1 x 3000 mm x 76 mm
	n. 16 x 1500 mm x 76 mm
	n. 1 x 750 mm x 76 mm
- Carotieri semplici	n. 2 x 1500 mm x 101 mm
- Campionatore Raymond per esecuzione di S.P.T.	
- Rivestimento a filettatura tronco conica	
con scarpa provvista di widia esterni	
per alesare il foro - sp. 8 mm	n. 3 x 1500 x 127
- Scandaglio a filo graduato da 50 m	
- Freatimetro BFK graduato della lunghezza di 50 m	
- Penetrometro tascabile tipo tubolare SEB (scala 0÷4,5 kg/cm ²)	
- Scissometro tascabile S75 S76 (scala 0÷2 kg/cm ²)	

Nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo, sono state effettuate n. 10 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*), per l'identificazione della resistenza dinamica alla penetrazione del terreno.

Le prove sono state eseguite a punta chiusa con una punta conica di diametro esterno di 51 mm e apertura di 60° (in conformità con le "Raccomandazioni A.G.I." del 1977).

La strumentazione utilizzata per l'indagine (modello Nenzi) è costituita da un maglio del peso di 63,5 kg, fatto cadere da una altezza di 760 mm su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è fissata la punta.

Le prove S.P.T. eseguite all'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite seguendo le raccomandazioni A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana), secondo le quali si deve procedere alla registrazione dei colpi (N_1 , N_2 , N_3) necessari per ottenere tre avanzamenti successivi di 15 cm ognuno della punta conica, interrompendo la prova quando con $N_1 = 50$ l'avanzamento è inferiore a 15 cm o, in seconda istanza, quando per $N_2 + N_3 = 100$ non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm.

Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione della punta pari a 30 cm (15 + 15 cm) (dopo un primo avanzamento di 15 cm per superare i terreni alterati presenti generalmente sul fondo del foro di sonda) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (N_{SPT}).

La resistenza alla penetrazione consente una valutazione della densità relativa (D_R) e dell'angolo di attrito efficace (φ').

Le stratigrafie ottenute, e la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici, viene riportata in allegato.

4.2. Indagine sismica

Allo scopo di definire la frequenza di risonanza dei terreni e la velocità media delle onde sismiche di taglio V_s , è stata eseguita un'indagine sismica locale mediante metodologia di sismica passiva con misura del Rumore Sismico Passivo (microtremori).

Lo strumento utilizzato è il tromografo digitale Tromino prodotto dalla Micromed S.p.A.; si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri) che permettono la registrazione del microtemore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 256 Hz.

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSr).

Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito dai tre velocimetri, ad una frequenza di campionamento di 128Hz per un intervallo di tempo di 20', amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti, viene suddiviso in intervalli di pochi secondi e mediante il software Grilla per ogni intervallo viene eseguita un'analisi spettrale nelle tre componenti e il calcolo dei rapporti spettrali H/V.

Il valore di tale rapporto è direttamente correlato alla frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza mentre la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio V_s dalla relazione:

$$f_i = V_{si}/4h_i$$

dove:

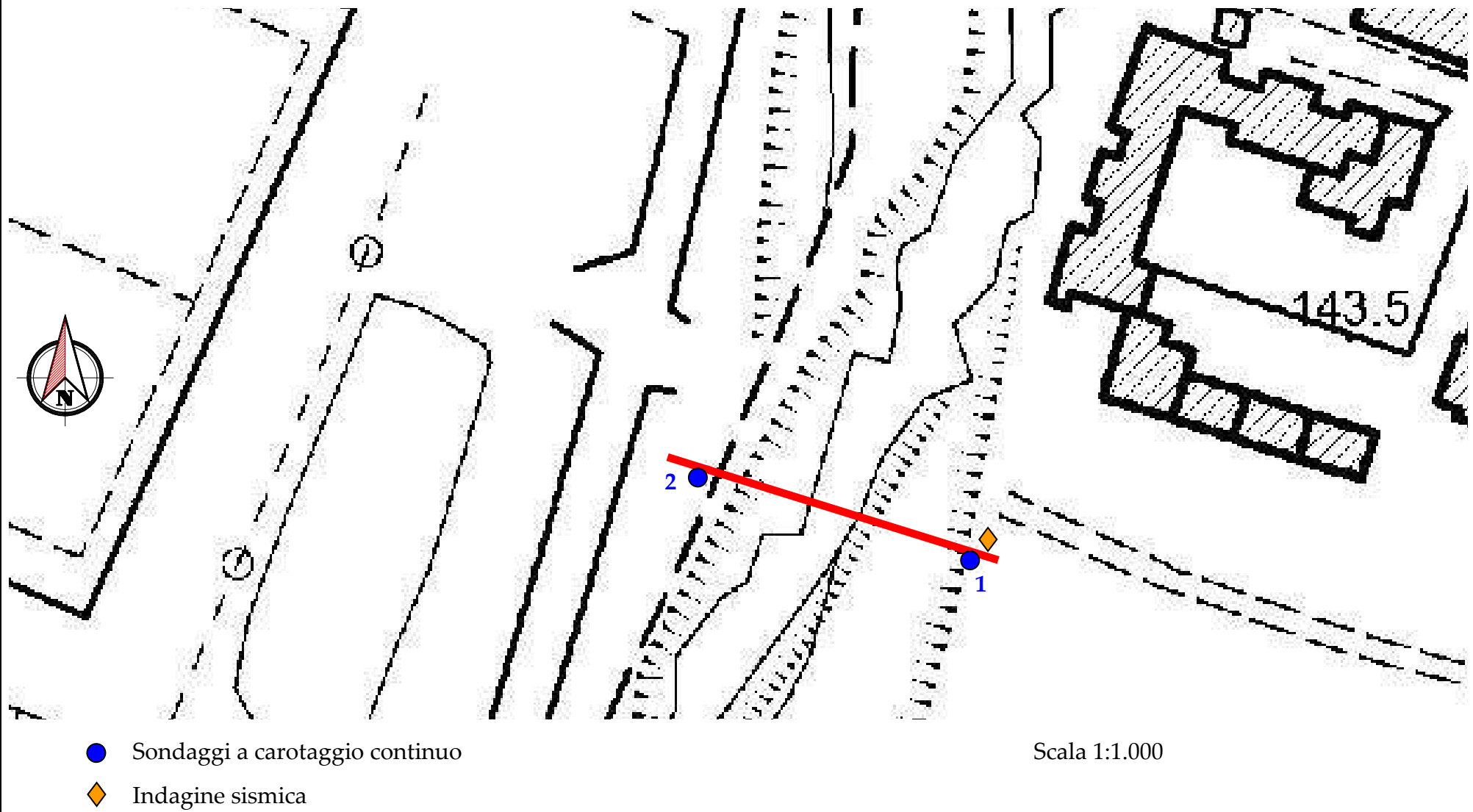
f_i = frequenza dello strato i -esimo;

V_{si} = velocità delle onde S dello strato i -esimo;

h_i = spessore dello strato i -esimo.

I risultati dell'indagine sismica vengono restituiti in forma diagrammatica nelle apposite tavole allegate, dove vengono riportate gli spettri delle singole componenti del moto, le curve relative al rapporto spettrale orizzontale su verticale H/V e il grafico V_s /profondità.

TAV. 2 - UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA



5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI

L'indagine geognostica eseguita ci consente di ricostruire con discreta precisione la litologia del primo sottosuolo e di valutare le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati.

Schematicamente possiamo ricostruire la seguente successione stratigrafica:

al tetto al di sotto di un sottile orizzonte di terreno pedogenizzato e sino ad una profondità media di 1,10÷1,20 m sono presenti delle sabbie limose di colore nocciola di umidità medio scarsa.

Sotto sono presenti delle ghiaie in matrice sabbiosa di colore da nocciola a grigio con ciottoli di grandi dimensioni ed umidità da elevata alla totale saturazione idrica.

Le prove SPT eseguite all'interno dei suddetti litotipi hanno evidenziato un addensamento elevato, andando a rifiuto.

A partire da circa 3,90÷4,20 m e sino alla profondità indagata, si evidenziano delle argille limose localmente sabbiose di colore grigio con rari bioclasti di colore biancastro, ed umidità da medio scarsa a media, che in destra idrografica (C1) ad una profondità media di 9,70 m, inglobano una lente di sabbia limosa di colore grigio.

Le prove SPT eseguite all'interno dei suddetti litotipi hanno evidenziato valori di N_{30} da 62 al rifiuto confermando una consistenza elevata, in aumento con la profondità.

I suddetti terreni sono caratterizzati dalla presenza di una falda freatica di superficie permeante i terreni grossolani, il cui livello statico, è stato misurato ad una profondità media di 3,50÷3,70 m dal p.c. attuale, quote presumibilmente soggette a variazioni stagionali.

6. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

La caratterizzazione geotecnica del sito viene fatta ricostruendo un modello in termini di unità geotecniche del volume significativo del terreno inteso come la parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa.

Ciascuna unità geotecnica (U.G.) è ottenuta correlando i dati stratigrafici e i dati di resistenza misurati nel corso dell'indagine geognostica in modo da suddividere il volume significativo in elementi omogenei.

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è possibile distinguere il terreno secondo le unità geotecniche indicate nella tabella successiva.

U.G.	Profondità m da p.c.		Litologia prevalente	N30 (-)	P.P. (kg/cmq)	V.T. (kg/cmq)	φ (°)	Dr (%)
	da	a						
0	0,00	0,50	P	-	-	-	-	-
A	0,00÷0,50	1,10÷1,20	SL	-	0,3	0,1	0	0
B	1,10÷1,20	3,90÷4,20	GS	rifiuto	-	-	>40	>100
C	3,90÷4,20	fine indag.	AL	66÷rifiuto.	3,6÷>4,5	0,8÷>2,0	-	-
C1	9,70	11,50	SL	-	-	-	-	-

P = terreno pedogenizzato;

SL = sabbie limose;

GS = ghiaie sabbiose;

AL = argille limose.

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Nel sito di indagine è stata effettuata una misura di microtremore della durata di 20', allo scopo di definire le frequenze di risonanza fondamentali dei terreni del sottosuolo e, tramite inversione, di ricostruire il modello di sottosuolo in termini di profondità e velocità delle onde di taglio.

L'indagine sismica è stata condotta su terreno naturale duro e asciutto in condizioni meteo buone, in presenza di vento di debole entità tale da non creare disturbo durante la registrazione.

Gli spettri delle singole componenti del moto non mostrano particolari andamenti imputabili a fonti di rumore antropico; anche l'accoppiamento dello strumento con il terreno risulta di buona qualità, dato che le tre curve presentano un andamento concordante, pertanto i picchi evidenziati nel diagramma HVSR sono da considerarsi naturali.

Il diagrammi HVSR mostra a 25,0 Hz, un modesto picco generato dalle ghiaie evidenziate a partire da una profondità media di 1,10÷1,20 m dal p.c. attuale.

Tale picco è stato utilizzato per ancorare il diagramma H/V ai dati stratigrafici ricavando una curva H/V teorica che consente di stimare l'andamento della velocità sismica lungo la verticale indagata.

La buona sovrapposizione della curva sintetica H/V alla curva misurata, confermano la correttezza del modello di sottosuolo ottenuto con l'inversione.

La definizione dei sismostrati in termini di velocità delle onde di taglio permettono di calcolare il parametro Vs30 richiesto dall'attuale normativa, secondo l'equazione:

$$V_{S30} = 30 / \sum (h_i / V_{Si})$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo;

V_{Si} = velocità dello strato i -esimo.

Nel caso in esame per i valori considerati i terreni del primo sottosuolo presentano una Vs30 al p.c. pari a 288 m/s.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito, ricavabile dal diagramma HVSR rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di doppia risonanza.

8. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA

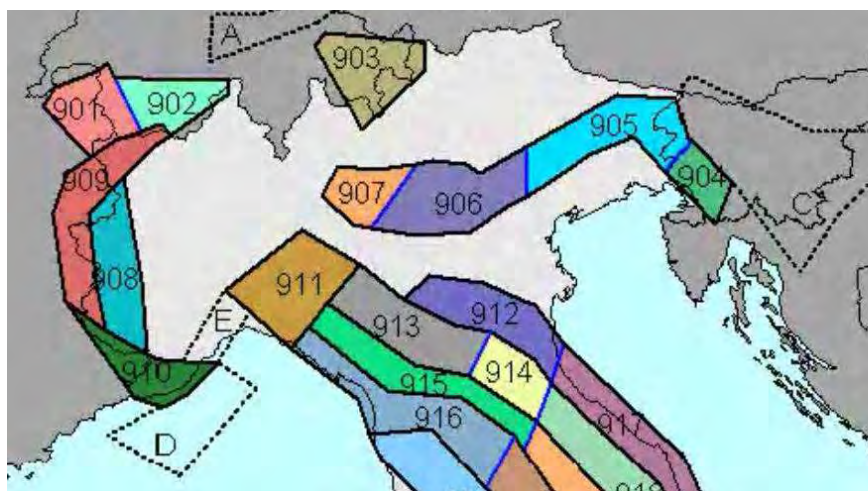
La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti di un sisma.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni ideali di sito di riferimento con superficie topografica orizzontale di categoria A.

Il Comune di Pianoro (TAV. 4 – Mappa di pericolosità sismica) presenta un'accelerazione al suolo tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni $PGA = 0,150 - 0,175g$.

La Magnitudo dell'area si ottiene, come riportato negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Gruppo di Lavoro MS 2008" sulla base della zonazione sismogenetica ZS 9, secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima.

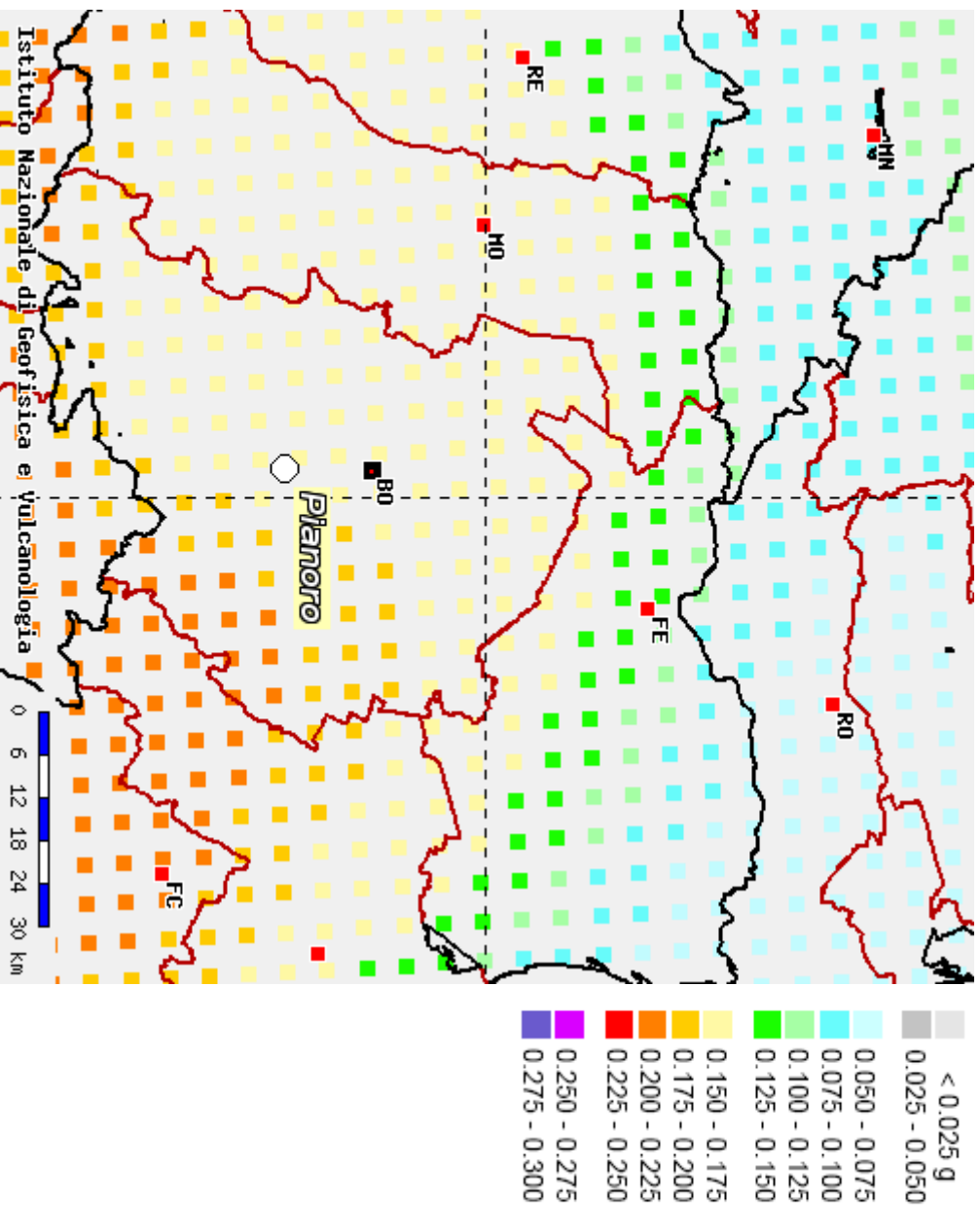
Come evidenziato dalla mappa delle zone sismogenetiche di cui si riporta uno stralcio, l'Emilia Romagna ricade nelle zone 911-914 alle quali è attribuito un valore di M pari a 6,14.



La pericolosità sismica in un generico sito viene definita in termini di valori di accelerazione orizzontale massima e di spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, in corrispondenza dei punti di un reticolo e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito in esame e della morfologia di superficie.

TAV. 4 – MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA



9. MODELLAZIONE SISMICA

9.1. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (V_n) è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale delle diverse tipologie di opere è riportata nella seguente tabella.

Tabella 2.4.I

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_n (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Nell'area in esame sono previste opere tipo "2" per le quali si prevede una vita nominale $V_n \geq 50$ anni.

9.2. Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso distinte nel modo seguente:

Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'Uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A e B di cui al D.M. 5/11/2001 n. 6792 "Norme funzionali e geotecniche per la costruzione delle strade" e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A e B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e impianti di produzione di energia.

Ad ogni classe d'uso è associato un coefficiente come da tabella seguente:

Tabella 2.4.II

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Le opere da realizzare nell'area in esame sono relative alla Classe II pertanto alle stesse è associato un coefficiente d'uso pari a $C_U = 1,0$

9.3. Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_n \cdot C_U$$

Per il sito in esame il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50$ anni.

9.4. Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_{c^*} periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nella seguente tabella vengono riportati i suddetti parametri elaborati per il sito in esame (individuato dalle coordinate Lat. 44.39594509; Long. 11.33751512), considerando un periodo di riferimento per l'azione sismica (VR) di 50 anni, in relazione al periodo di ritorno e agli stati limite di esercizio e agli stati limite ultimi e relative probabilità di superamento.

Stato limite		PVR (%)	TR (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc* (s)
Stati limite di esercizio	SLO	81	30	0,058	2,480	0,259
	SLD	63	50	0,072	2,465	0,270
Stati limite ultimi	SLV	10	475	0,168	2,473	0,296
	SLC	5	975	0,210	2,496	0,308

9.5. Categoria di sottosuolo

La nuova Normativa per gli effetti locali identifica cinque categorie di sottosuolo (A÷E) suddivisi sulla base dei valori di velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, e due categorie aggiuntive (S1 e S2) per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione della azione sismica.

Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Categorie aggiuntive di sottosuolo

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Come riportato nella relazione sismica allegata, i terreni del primo sottosuolo con riferimento al p.c., presentano una V_{s30} , pari a 288 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria C, , che comprende *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine”)*.

9.6. Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici può essere adottata la seguente tabella.

Tabella 3.2.IV

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica come da tabella seguente:

Tabella 3.2.VI

CATEGORIA	T1	T2	T3	T4
COEFFICIENTE S_t	1	1,2	1,2	1,4

L'area in esame si pone in corrispondenza di un'area di bassissima acclività, perciò si configura una categoria topografica tipo T1 cui è associato un coefficiente di amplificazione topografica pari a 1,0.

9.7. Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1; per le altre categorie vengono calcolati in funzione di a_g , F_o e T_c^* mediante le espressioni fornite nella seguente tabella.

Tabella 3.2.V

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,4 - 0,4 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,7 - 0,6 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,4 - 1,50 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per il sito in esame otteniamo:

Stato limite	S_s	C_c
SLO	1,500	1,641
SLD	1,500	1,617
SLV	1,451	1,569
SLC	1,386	1,548

9.8 Accelerazione massima al sito

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata mediante la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

Nel nostro caso per i parametri considerati in precedenza e per lo stato limite SLV si ottiene un valore pari a 2,391 m/sec².

9.9 Coefficiente sismico orizzontale e verticale

Il coefficiente sismico orizzontale si ottiene mediante la relazione:

$$k_h = \frac{\beta_s \times a_{\max}}{g}$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla sottostante tabella.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nel nostro caso assumendo un valore di β_s pari a 0,24, si ottiene un coefficiente sismico orizzontale (k_h) pari a 0,058.

Il coefficiente sismico verticale (k_v) si ottiene mediante la relazione:

$$k_v = 0,5 k_h = 0,029$$

10. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In occasione di un evento sismico particolare attenzione deve essere posta nella liquefazione dei terreni, ovvero la fluidificazione degli stessi con perdita improvvisa della resistenza al taglio, tendenza all'addensamento e conseguente riduzione di volume.

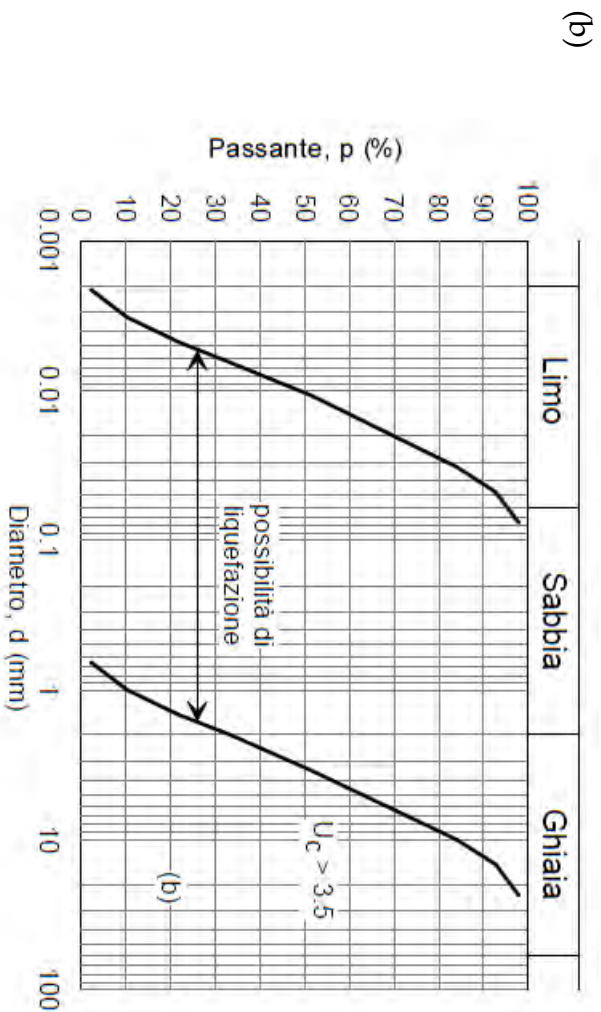
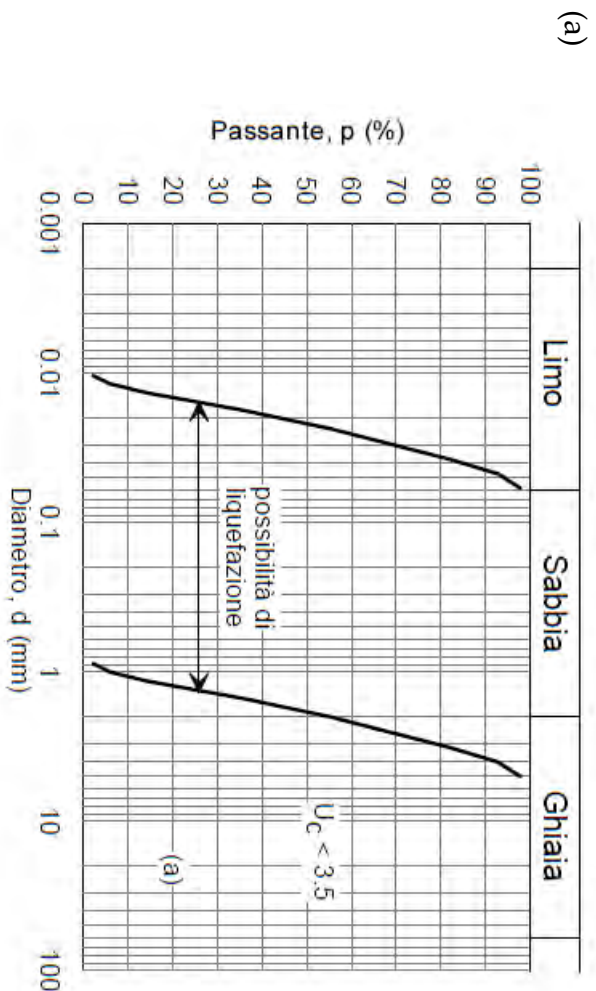
La verifica alla liquefazione può essere omessa quando risulta soddisfatta almeno uno delle seguenti circostanze come da N.T.C. 7.11.3.4.2:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5; come visto in precedenza sulla base degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Gruppo di Lavoro MS 2008" le valutazioni vengono effettuate utilizzando la magnitudo massima attestata di 6,14 (*non soddisfatta*).
2. Accelerazione massima attesa al p.c. in condizioni di campo libero minore di 0,1g; nel nostro caso $a_{maxs} = 0,244g$ (*non soddisfatta*).

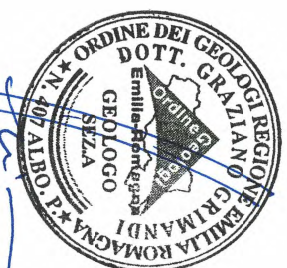
Quando le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte, le indagini devono essere finalizzate alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle successive condizioni:

3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m dal p.c., per p.c. suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali; nel nostro caso nel corso delle indagini è stata evidenziata la presenza di una falda freatica di superficie, permeante i terreni grossolani, il cui livello statico, è stato misurato ad una profondità media di 3,50÷3,70 m dal p.c. attuale, quote presumibilmente soggette a variazioni stagionali (*non soddisfatta*).
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $(q_{cln}) > 180$; dall'indagine eseguita è emerso che litologia di superficie è rappresentata in prevalenza da argille limose inglobanti da 1,10÷1,20 m una lente di ghiaie in matrice limo sabbiosa e localmente a circa 9,70 m delle sabbie di addensamento elevato (*soddisfatta*).
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U < 3,5$ ed in figura (b) per terreni con $U > 3,5$; a livello operativo l'applicazione di questo criterio implica l'esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura.

Essendo soddisfatta almeno una delle precedenti circostanze previste dalle N.T.C. 7.11.3.4.2, non si è proceduto ad eseguire la verifica alla liquefazione.



Casalecchio di Reno, 08 Febbraio 2018




ALLEGATI

2018.008/RG

Indagine geognostica

2018.008/RG

 <i>Indagini Geognostiche</i>		Comune di Pianoro		Quota: ---		Rap. P. N°16.005/RSP	
Località:		Pianoro (BO)		Profondità: 25.00 m		Codice Lavoro:2018.007	
Cantieri:		Via del Saverio		Data Inizio: 24/01/2018		SONOMAGGIO	
Pertinenza:		Carotaggio Continuo diam. 101		Data Fine: 25/01/2018		FOGLIO	
Attrezzatura		Sonda Drill 830L		Il geologo: Dr. Coni		1 1/2	
Procedura di Prova		Rev. 0		Data di emissione: 26/01/2018		Lo Sperimentatore: Dr. Rogazzi	
IQ_001		Rapporto di Prova N° 16.005/RSP		Il Direttore di Laboratorio: Dr. Coni			

Scala 1:50														
Manovre														
Lunghezza carotiere														
Rivestimento														
Profondità* [m]														
Stratigrafia														
Descrizione stratigrafica														
Percentuale Caricaggio														
Campioni														
Prof. SPT														
N° colpi SPT														
Tipo di punta														
Scala 1:50														
P. P. [kg/cmq]														
V. T. [kg/cmq]														
Fidelità														
Piezometro Norton														
Argilla limosa di colore nocciola, terreno ad umidità media.														
Sabbie limose di colore nocciola, terreno ad umidità medio scarsa.														
Ghiaia in matrice sabbiosa di colore nocciola, da 3,00 m carotoli di grosso diametro, terreno ad umidità scarsa.														
Argilla limosa di colore grigio a tratti livelli debolmente sabbiosi, reni bioclasti biancastri, da 9,00 m frazione sabbiosa in aumento, terreno ad umidità medio scarsa.														
Sabbia limosa di colore grigio, terreno ad umidità scarsa.														
Argilla limosa di colore grigio, terreno ad umidità medio scarsa.														

Rilascio acqua nel foro di sondaggio

	DATA	DATA IV	DATA F.F.	DATA H2O	GRA F.	DATA F.F.	DATA H2O
12/01/1981	09:10			15:10	20:20 m	4.00 m	
13/01/1981	08:30	20:20 m	3.60 m	10:30	25:00 m	1.50 m	

Procedura di Prova IO_001	Rapporto di Prova N° 18.0058/RSP	Rev. 0	Data di emissione 28/01/2018	Lo Sparimentatore Dr. Regazzi	Il Direttore di Laboratorio Dr. Confì
------------------------------	-------------------------------------	-----------	---------------------------------	----------------------------------	--

							Scala 1:50					
							Manovre					
							Lunghhezza carotiere					
							Rivestimento					
							Profondita' [m]					
							Stratigrafia					
							Descrizione stratigrafica					
							Caratteristiche Carotaggio					
							Campioni					
							Prof. SPT					
							N° colpi SPT					
							Tipo di punta					
							Scala 1:50					
							P. P. [kg/cm²]					
							V. T. [kg/cm²]					
							Piezometro Norton					

DATA	ORA IN. QUOTA F.F. QUOTA H2O	ORA F.F. QUOTA F.F. QUOTA H2O		
24/01/18	09:30	15:10	20.20 m	4.00 m
25/01/18	08:30	10:30	3.60 m	3.50 m
			20.20 m	25.00 m

GEO-PROBE <i>Indagini Geosostititiche</i> 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO) Via Cimarra, 119 - Tel. 051/61.33.072		Committenza Comune di Pianoro		Quantit� ---		Rap. Pr. N. 18.0059RSP	
Procedura di Prova IQ_001	Rapporto di Prova N. 18.0059RSP	Localit� Pianoro (BO)	Profondit� 25.00 m		Codice Lavoro 2018.007		
		Carriere Via del Savana	Data Inizio 25/01/2018		SCSMAGGIO		
		Penetrazione Carotaggio Continuo diam. 101	Data Fine 26/07/2018		FOGGIO		
		Attrezzature Sonde DPH 830L	Il geologo Dr. Confi		2		
		Rev 0	Data di emissione 26/01/2018		Lo Sperimentatore Dr. Regazzi		Il Direttore di Laboratorio Dr. Confi

Scala 1:50																	
Manovre																	
Lunghezza carotiere																	
Rivestimento																	
Profondita' [m]																	
Stratigrafia																	
Descrizione stratigrafica																	
Percentuale Carotaggio																	
Campioni																	
Prof. SPT																	
N° colpi SPT																	
Tipo di punta																	
Scala 1:50																	
P. P. [kg/cm ²]																	
V. T. [kg/cm ²]																	
Falda																	
Piezometro Norton																	
<p>Sabbia limosa di colore nocciola, terreno ad umidità medio scarsa.</p> <p>Ghiaia in matrice limo sabbiosa di colore grigio; terreno ad umidità scarsa, elevata da 3.30 m, in totale saturazione idrica da 3.70 m.</p> <p>Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore grigio, rari bruciati biancastri.</p>																	
<p>The diagram shows a vertical cross-section of the ground with various soil layers represented by different patterns. Sampling points are indicated by numbers 1 through 19 along the left side. A scale bar at the bottom indicates depths from 0.00 to -18.00 meters. The right side of the diagram shows the results of SPT tests (N° colpi SPT) and other measurements (P.P., V.T., Falda) corresponding to each depth interval.</p>																	

Rilasciamento acqua nel foro di sondaggio

DATA	GRA IN-1000TA F. S.	1000TA H2O	GRA F.	1000TA F. F.	1000TA H2O
25/01/18 13:00		14:15	7.00 m		3.60 m
26/01/18 08:30	7.00 m	3.80 m	14:00	25.00 m	3.50 m

GEO-PROBE s.r.l. <i>Indagini Geognostiche</i> 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO) Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072		Committente: Comune di Pianoro Località: Pianoro (BO) Cantiere: Via del Savano Perforazione: Carotaggio Continuo diam. 101 Altezzatura: Sonda DRII 830L		Quote: --- Profondità: 25.00 m Data inizio: 25/01/2016 Data Fine: 28/01/2016 Il geologo: Dr. Conti		Rep. Pr. N° 18.0059RSP Codice Lavoro 2016.007 SONDAGGIO FOGLIO 2 2/2			
Procedura di Prova IO_001		Rapporto di Prova N° 18.0059RSP		Rev. 0 Data di emissione 28/01/2018		Lo Sperimentatore Dr. Regazzi		Il Direttore di Laboratorio Dr. Conti	

Scala 1:50										Manovre	Lunghezza carotiere	Rivestimento	Profondita' [m]	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore grigio, rari bioclasti biancastri.	Percentuale Carotaggio	Campioni	Prof. SPT	N° colpi SPT	Tipo di punta	Scala 1:50	P. P. [kg/cmq]	V. T. [kg/cmq]	Falda	Piezometro Norton		
0.60										0.60	1.30	1.30	1.00														
1.50										1.50	1.50	1.50	1.50														

Rilascio acqua nel foro di sondaggio

DATA	ORA IN	QUOTA F.F.	QUOTA H2O	ORA F.	QUOTA F.F.	QUOTA H2O
15/01/18	13:00	14.15	7.30	14.00	14.00	7.30
16/01/18	09:30	7.00	3.80	14:00	23.00	3.50

Documentazione fotografica

2018.008/RG

Carotaggio 1 – Cassetta 1 (da 0,00 a 4,00 m)



Carotaggio 1 – Cassetta 2 (da 4,00 a 8,00 m)



Carotaggio 1 – Cassetta 3 (da 8,00 a 12,00 m)



Carotaggio 1 – Cassetta 4 (da 12,00 a 16,00 m)



Carotaggio 1 – Cassetta 5 (da 16,00 a 20,00 m)



Carotaggio 1 – Cassetta 6 (da 20,00 a 24,00 m)



Carotaggio 1 – Cassetta 7 (da 24,00 a 28,00 m)



Carotaggio 2 – Cassetta 1 (da 0,00 a 4,00 m)



Carotaggio 2 – Cassetta 2 (da 4,00 a 8,00 m)



Carotaggio 2 – Cassetta 3 (da 8,00 a 12,00 m)



Carotaggio 2 – Cassetta 4 (da 12,00 a 16,00 m)



Carotaggio 2 – Cassetta 5 (da 16,00 a 20,00 m)



Carotaggio 2 – Cassetta 6 (da 20,00 a 24,00 m)



Carotaggio 2 – Cassetta 7 (da 24,00 a 28,00 m)

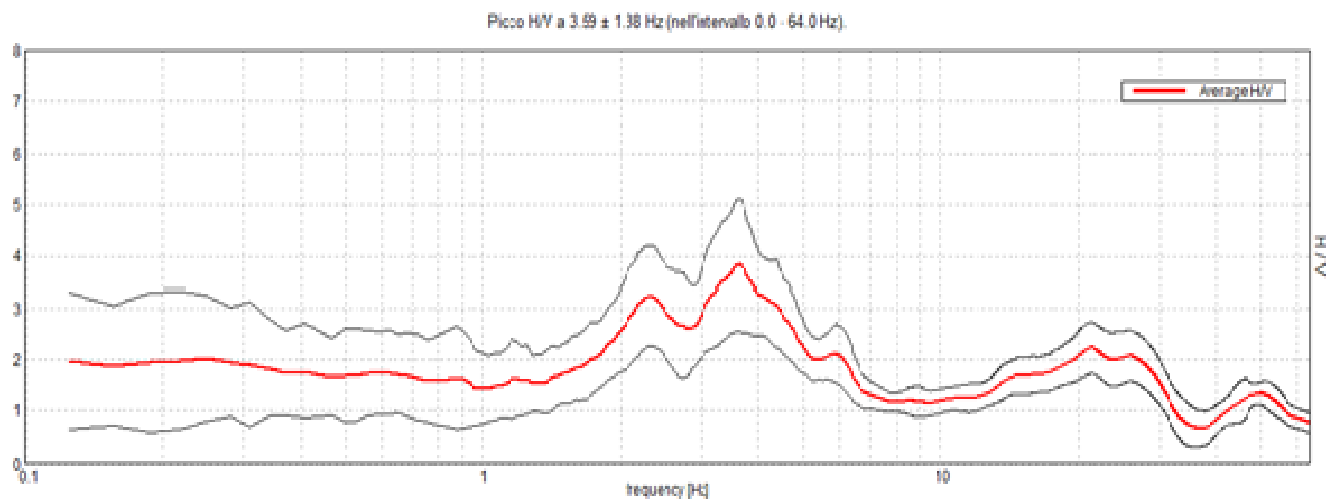


Indagine sismica

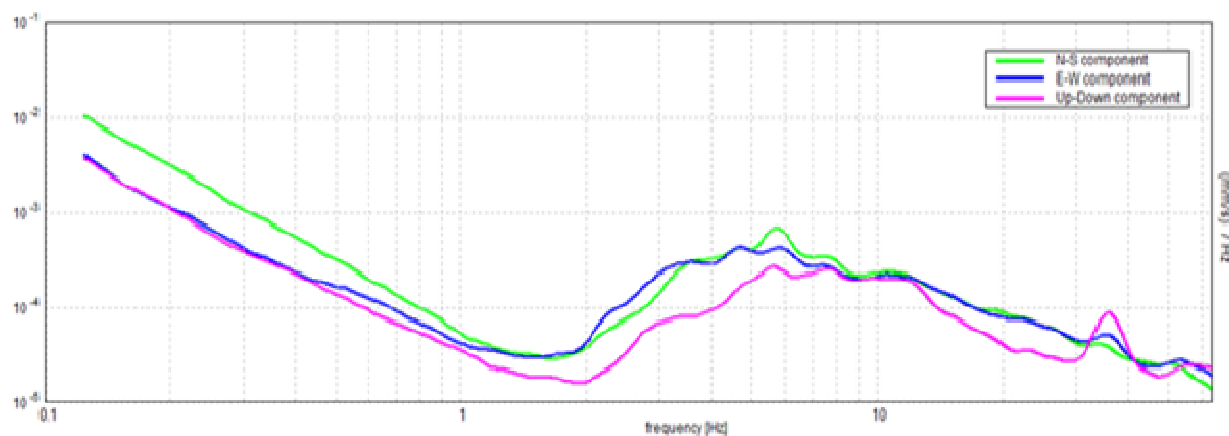
2018.008/RG

Committente:	Comune di Pianoro	Data prova:	20/11/2017
Località:	Pianoro (BO)	Ora inizio registrazione:	11:01:31
Cantiere:	via del Savena	Ora fine registrazione:	11:21:31
Strumento:	TRZ-0184/01-12	Procedura di Prova:	
Note:	-	Frequenza di campionamento:	128 Hz

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.40	0.40	82
1.40	1.00	138
9.40	8.00	209
11.40	2.00	280
31.40	20.00	400
inf.	inf.	580

$V_s(0.0-30.0) = 288 \text{ m/s}$

