

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. 1di47	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE	INDICE DI REV. <b>01</b>		
		TEBO			

r\_emi.ro.Giunta - Prot. 10/08/2022.0736163.E

## Sito Eni Rewind di Ravenna – Area Ponticelle

### Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria Sub Comparto B – Ca' Ponticelle

#### RELAZIONE GEOLOGICA – IDROGEOLOGICA - SISMICA



		<i>F. Salvetti</i>			
		<i>22/11/2022</i>	<i>R. Crespi</i>	<i>R. Crespi</i>	
01	Aggiornamento PUG 2022	Golder	Eni Rewind	Eni Rewind	05/08/2022
00	Emissione	Golder	Amendola/ Fagiani	Bini	10/06/2019
<b>Indice di Rev.</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>
Questo documento è di proprietà Eni Rewind S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.					

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>2di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Descrizione degli interventi.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Descrizione delle opere di urbanizzazione primaria (PUA).....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Scopo del documento .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Documentazione di riferimento.....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 Normativa di riferimento .....</b>	<b>9</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GENERALE DEL SITO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Inquadramento geografico .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico generale .....</b>	<b>12</b>
<b>3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Indagini geognostiche pregresse .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Indagini geognostiche eseguite nel periodo giugno-agosto 2018 .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Assetto geomorfologico e litostratigrafico locale.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Assetto idrogeologico locale .....</b>	<b>18</b>
<b>4. ANALISI DELLA SISMICITÀ LOCALE.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Caratterizzazione sismica del territorio .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Microzonazione sismica .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1 Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni.....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.2 Carta delle aree suscettibili di effetti locali .....</b>	<b>24</b>

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. 3di47	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. 01		

4.2.3	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) .....	25
4.2.4	Carta dei fattori di amplificazione.....	26
4.2.5	Carta del potenziale liquefazione.....	27
4.3	Indagini sismiche.....	27
4.4	Analisi della risposta sismica locale .....	27
4.4.1	Categoria di suolo e fattori di amplificazione.....	30
4.4.2	Stima del potenziale di liquefazione.....	30
4.5	Microzonazione sismica – Nuovo Piano Urbanistico Generale del Comune di Ravenna.....	32
4.5.1	Carta delle indagini .....	32
4.5.2	Carta geologico tecnica.....	34
4.5.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni .....	35
4.5.4	Carta delle aree suscettibili degli effetti locali .....	36
4.5.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	37
4.5.6	Carta dei fattori di amplificazione - FPGA .....	38
4.5.7	Carta dei fattori di amplificazione – SA1.....	39
4.5.8	Carta dei fattori di amplificazione – SA2.....	40
4.5.9	Carta dei fattori di amplificazione – SA3.....	41
4.5.10	Carta dei fattori di amplificazione – SA4.....	42
4.5.11	Carta dei fattori di amplificazione – SI1 .....	43
4.5.12	Carta dei fattori di amplificazione – SI2 .....	44
4.5.13	Carta dei fattori di amplificazione – SI3 .....	45
4.5.14	Carta Hms.....	46

#### INDICE DELLE FIGURE NEL TESTO

Figura 1 – Ubicazione degli interventi in progetto con indicazione delle aree di proprietà Eni Rewind .....	6
Figura 2 – Vista d'insieme delle opere previste progetto di riqualifica ambientale del sito di Ponticelle ....	7
Figura 3 – PUA sub comparto B – Ca' Ponticelle .....	8
Figura 4- Inquadramento del sito all'interno dello stabilimento multi societario di Ravenna (linea rossa) e ubicazione opere PUA.....	11
Figura 5- Stralcio tratto dal Foglio 223 "Ravenna" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000; il cerchio rosso indica l'ubicazione del Sito. ....	12
Figura 6- Stralcio della Carta Geomorfologica di inquadramento generale (in Scala 1:25.000) allegata al Documento [1].....	13
Figura 7- Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi,1992) .....	14

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>4di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

Figura 8 schema tettonico dell'Appennino emiliano-romagnolo e della Pianura Padana centrale (Martelli, 2011) con zone sismogenetiche da ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), aree con limiti rossi, e localizzazione dei principali terremoti che hanno interessato l'Emilia-Romagna (dati INGV). Nel cerchio blu l'ubicazione dell'area Ponticelle. ....	21
Figura 9 Ubicazione della sorgente sismogenetica ITCS012 .....	21
Figura 10 Stralcio della "Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni" con ubicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale e delle opere PUA in progetto). ....	23
Figura 11 Stralcio della "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" con indicazione dell'area Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	24
Figura 12 Stralcio della "Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto. ....	25
Figura 13 Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale)e delle opere PUA in progetto. ....	26
Figura 14 Stralcio della "Carta del potenziale di liquefazione" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale)e delle opere PUA in progetto. ....	27
Figura 15: Stralcio della "Carta delle indagini" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto .....	33
Figura 16: Stralcio della "Carta geologico – tecnica" con ubicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto). ....	34
Figura 17: Stralcio della "Carta delle frequenze naturali dei depositi" con ubicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto). ....	35
Figura 18: Stralcio della "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" con indicazione dell'area Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	36
Figura 19: Stralcio della "Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)" aggiornata con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	37
Figura 20: Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione-FPGA" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	38
Figura 20: Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione-SA1" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	39
Figura 20: Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione-SA2" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	40
Figura 20: Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione-SA3" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	41
Figura 20: Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione-SA4" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	42
Figura 20: Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione-SI1" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	43
Figura 20: Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione-SI2" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	44
Figura 20: Stralcio della "Carta dei fattori di amplificazione-SI3" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	45
Figura 21: Stralcio della "Carta Hms" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.....	46
<b>INDICE DELLE TABELLE NEL TESTO</b>	
Tabella 1 Sintesi delle indagini geognostiche pregresse .....	15
Tabella 2 Sintesi dei risultati della stima del potenziale di liquefazione e dei cedimento post sismici indotti dalla liquefazione.....	31

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>5di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>6di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Descrizione degli interventi

Eni Rewind (prima Syndial S.p.a.) ed Eni New Energy, entrambe società del Gruppo Eni, intendono proporre un progetto di riqualificazione produttiva del sito di Ponticelle che prevede la realizzazione di (v. Figura 2):

**a cura Eni New Energy: impianto fotovoltaico grid-connected di potenza pari a 5,6 MWp con annesso storage lab della potenza di 1 MWh;**

- **a cura Eni Rewind: piattaforma polifunzionale per la gestione di rifiuti solidi e liquidi e un centro tecnologico per le bonifiche (di seguito CTB).**

La piattaforma è localizzata tra il polo chimico di Ravenna e l'area artigianale Bassette, come indicato nell'immagine seguente (Figura 1), ove sono indicate anche le aree Eni Rewind del polo di Ravenna. L'area risulta affacciata a Via Canale Magni nel tratto fra Rotonda degli Scaricatori e Rotonda degli Ormeggiatori.



*Figura 1 – Ubicazione degli interventi in progetto con indicazione delle aree di proprietà Eni Rewind*

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. 7di47
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. 01	



*Figura 2 – Vista d'insieme delle opere previste progetto di riqualifica ambientale del sito di Ponticelle*

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>8di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		



*Figura 3 – PUA sub comparto B – Ca' Ponticelle*

## 1.2 Descrizione delle opere di urbanizzazione primaria (PUA)

Il Piano Urbanistico Attuativo subcomparto B – Ca' Ponticelle a cui fa riferimento il presente documento, prevede opere di urbanizzazione primaria quali:

- realizzazione di una strada di accesso al nuovo comparto posta a margine ovest del sito;
- nuova rotatoria di ingresso su Via Canale Magni;
- nuovi parcheggi pubblici ubicati in parte in adiacenza del lotto dedicato alla piattaforma per trattamento rifiuti ed in parte in fondo all'area di comparto; entrambi i parcheggi risultano accessibili da una rotatoria più contenuta.

Nel Piano Urbanistico Attuativo è prevista anche un'area verde di mitigazione paesaggistica nella zona settentrionale del sito, con funzione di filtro tra i futuri impianti industriali e le importanti aree naturalistiche poste a nord, oltre Via Canale Magni. All'interno della fascia verde è realizzata una vasca per la laminazione delle acque di seconda pioggia delle aree pubbliche del comparto.

## 1.3 Scopo del documento

Il presente documento costituisce la relazione geologica, idrogeologica e sismica del sito in cui ricade l'area delle opere di urbanizzazione primaria del sub comparto B.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>9di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

Scopo del presente documento è di fornire il quadro delle conoscenze ad oggi acquisite sul sedime oggetto delle attività in progetto, tenendo conto delle campagne geognostiche pregresse eseguite fino ad aprile 2018 e delle indagini in sito e di laboratorio condotte nel periodo a giugno-agosto 2018 a completamento delle precedenti.

Nel periodo recente giugno-agosto 2018 è stata condotta infatti una campagna di approfondimento geognostico con prove geotecniche in sito, prelievo campioni e prove di laboratorio geotecnico i cui risultati sono compresi nel presente documento assieme alle informazioni già disponibili relativo agli aspetti geologici, idrologici ed idrogeologici del sito.

In particolare le principali opere di urbanizzazione primaria (PUA) per le quali si chiede autorizzazione direttamente connesse alla nuova viabilità sono:

- nuovi muri di sostegno della sede stradale, ubicati principalmente lungo lo sviluppo longitudinale della medesima;
- nuovi basamenti per torri faro in corrispondenza delle rotatorie;
- nuova vasca di laminazione.

#### 1.4 Documentazione di riferimento

- [1] PUA ex Enichem Sub comparto B Ca' Ponticelle, Relazione geologica geotecnica (Studio Luoghi della Città, febbraio 2018);
- [2] PUA ex Enichem Sub comparto B Ca' Ponticelle, Relazione geologica geotecnica - integrazione (Studio Luoghi della Città, febbraio 2018);
- [3] Variante al "Progetto operativo di bonifica dei sedimenti e dei terreni della zona Ponticelle – Fase II – 2° stralcio" – Intervento di messa in sicurezza permanente, Revisione 2 (Montana, marzo 2018);
- [4] Indagini geognostiche in area FORSU: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU, Prove di dissipazione, Rilievo topografico. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, aprile 2018);
- [5] Specifica tecnica per l'esecuzione di indagini geotecniche/geofisiche in sito nell'area Ponticelle (Montana, maggio 2018).

Le relazioni geologiche redatte a supporto del PUA (Documenti [1] e [2]) sono riportate nell'Annesso 1.

La relazione descrittiva delle indagini eseguite nell'area FORSU (Documento [4]) è riportata nell'Annesso 2.

#### 1.5 Normativa di riferimento

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018, suppl. ord. n. 8;
- Circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 35/2019 del 11 febbraio 2019: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>10di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

- Circolare Applicativa n° 617 del 02/02/2009 alle NTC/2008. DeliberaAssemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna “Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico” per gli studi di microzonizzazione sismica;
- Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015, Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per lapianificazione territoriale e urbanistica”, di cui alla deliberazione dell'assemblealegislativa 2 Maggio 2007, N. 112;
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) “Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) “Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)”.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. 11di47
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. 01	

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE DEL SITO

### 2.1 Inquadramento geografico

Il sito in esame, all'interno del quale ricade l'area di proprietà Eni Rewind nell'ambito del quale a sua volta ricadono le opere di urbanizzazione primaria del sub comparto B – Ca' Ponticelle, è ubicato all'interno dell'area industriale dello stabilimento multi societario di Ravenna, tra il Polo Chimico e l'area artigianale Bassette, nell'area definita da PRG del Comune di Ravenna come "Areadi ristrutturazione per attività industriali e produttive portuali" (Figura 4).

L'area di proprietà Eni Rewind in esame occupa un'area sub pianeggiante di circa 26 ettari e attualmente si presenta coperta da una fitta vegetazione spontanea prevalentemente prativa e solo localmente arbustiva; sono inoltre presenti diversi esemplari di alberi ad alto fusto. Al perimetro del sito scorrono due canali artificiali, con direzione N-S, indicati come "Canale di Carico" (sul lato occidentale del Sito) e "Canale di Scarico" (lato orientale del Sito), quest'ultimo collegato al "Canale Magni", che scorre sul lato settentrionale del Sito, confluyente nel Canale Baiona nei pressi di PortoCorsini. In prossimità del Sito, poco ad ovest del Canale di Carico, scorre il Canale Bassette. A nord il perimetro del sito confina con via Canale Magni, collocata tra il sito di Ponticelle e Canale Magni.

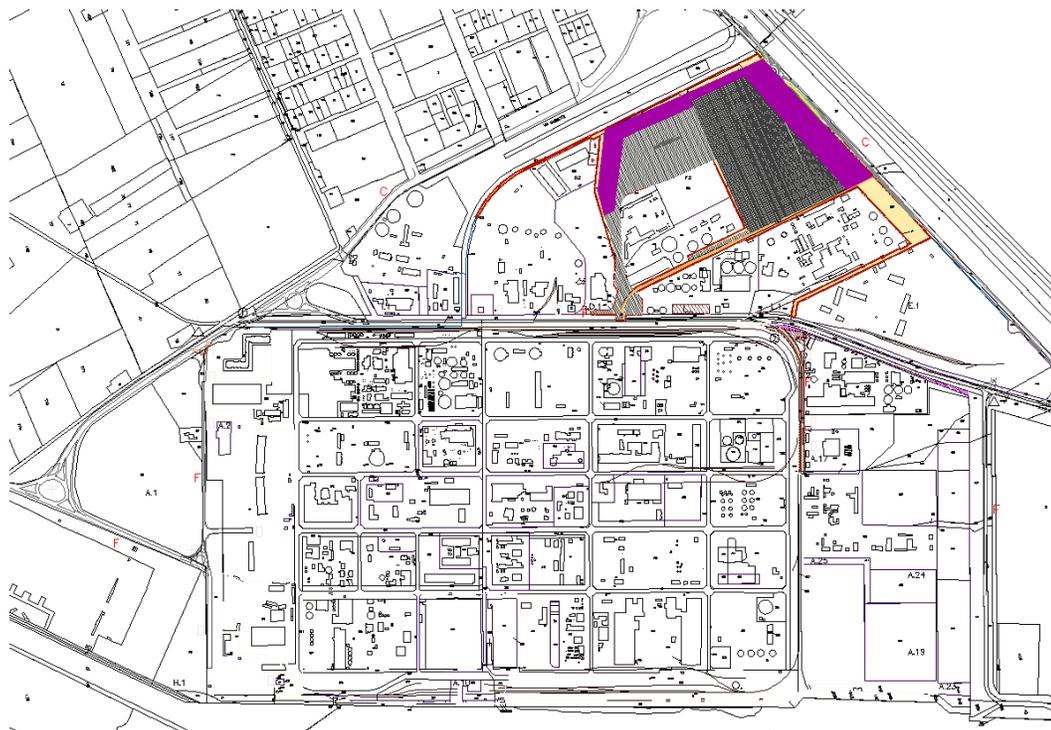


Figura 4- Inquadramento del sito all'interno dello stabilimento multi societario di Ravenna (linea rossa) e ubicazione opere PUA.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. 12di47
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. 01	

## 2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico generale

Il territorio del Comune di Ravenna è inserito nel settore romagnolo dell'ampio bacinosedimentario padano; nel sottosuolo sono presenti successioni di depositi marini,deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-aternaria che poggiano su unsubstrato caratterizzato da una complessa configurazione a pieghe e pieghe-faglie.

Dal punto di vista della cartografia geologica ufficiale il Sito ricade nel foglio n°223 "Ravenna" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (CARG) (stralcio riportato inFigura 5).

Riguardo la classificazione geologica ufficiale, l'area di indagine ricade all'interno dell'unità di depositi olocenici dell'Unità di Modena (AES8a). Nell'area in cui ricade il Sito questa unità è costituita in prevalenza da depositi sabbiosi di cordone litorale, depositi in un ambiente di piana costiera e fronte deltizia. Tali depositi passano lateralmente e verticalmente ad argille limose, argille, torbe e limi argillosi, alternati a sabbie (depositi di prodelta, depositi di palude e laguna).



*Figura 5- Stralcio tratto dal Foglio 223 "Ravenna" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000; il cerchio rosso indica l'ubicazione del Sito.*

L'assetto geologico e geomorfologico generale dell'area è altresì illustrato dalla Carta Geomorfologica di inquadramento generale (in Scala 1:25.000)allegata al Documento [1], della quale si riporta uno stralcio in Figura 6.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. 13di47
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. 01	

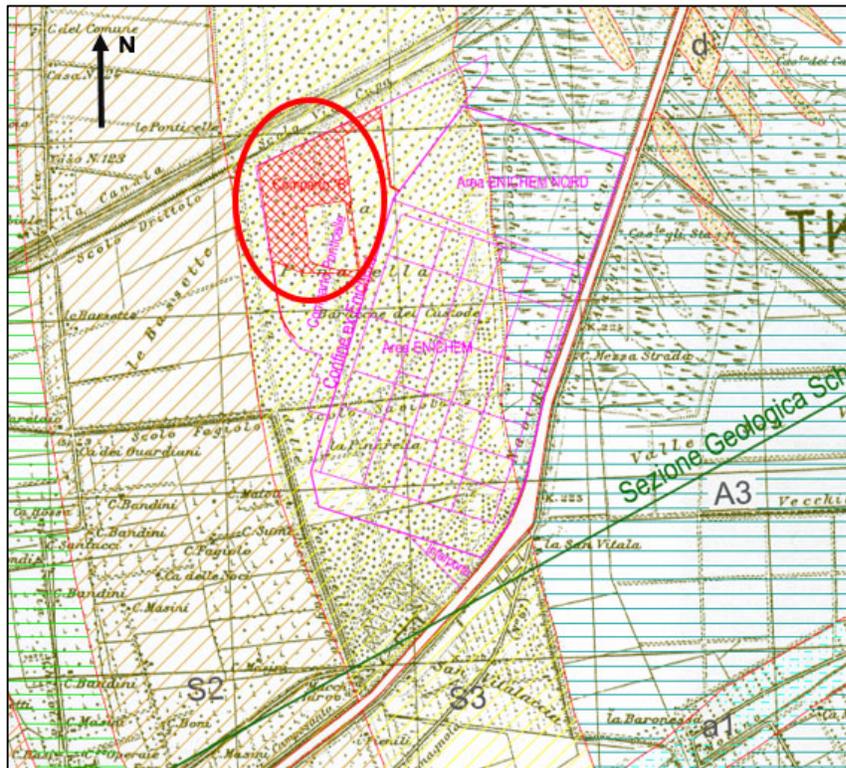


Figura 6- Stralcio della Carta Geomorfologica di inquadramento generale (in Scala 1:25.000) allegata al Documento [1]

L'area in esame ricade interamente sul cordone sabbioso della pineta di San Vitale (S3) e quindi in una zona caratterizzata da depositi sabbiosi affioranti. Superficialmente è presente circa un metro di terreno sabbioso di riporto.

L'area in esame è quindi caratterizzata dalla presenza, fino a 13-14 m di profondità, di un potente banco prevalentemente sabbioso (depositi costieri di spiaggia eduna e di mare basso), a cui possono essere intercalate lenti di limitato spessore di terreno argilloso-limoso molle. Al banco sabbioso segue, fino a circa 27 metri di profondità terreno argilloso-limoso, circa normal consolidato, con molte lenti di sabbia fine e sabbia limosa intercalate. Questo banco rappresenta i depositi di ambiente marino della fase di maggiore avanzata del mare durante l'ingressione olocenica, quando la linea di costa era molto più ad occidente dell'area in esame. Questo complesso di terreni olocenici poggia su un substrato di alluvioni del Pleistocene superiore. Tali alluvioni pleistoceniche sono costituite da depositi argilloso-limosi da mediamente consistenti a compatti (moderatamente sovraconsolidati) con intercalate lenti sabbioso-limose (Documento [1]).

Per quanto concerne l'assetto strutturale, l'evoluzione dell'area in cui ricade il Sito è correlata alle diverse fasi tettoniche che hanno interessato il comparto Sudalpino ed Appenninico. L'area è inserita nella parte più orientale dell'arco delle pieghe appenniniche che a settentrione si accavallano alla monoclinale pedealpina, testimonianza di un raccorciamento crostale. Le fasi tettoniche caratterizzanti tali deformazioni,

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>14di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

hanno generato sequenze alterne di ambienti deposizionali di tipomarina, costiero, deltizio e lagunare, strettamente collegati e controllati da processi di sollevamento e di subsidenza (Documento [2]).

Gli elementi tettonici profondi, rilevati principalmente tramite prospezioni geofisiche effettuate dall'AGIP per la ricerca di idrocarburi, fanno parte delle pieghe adriatiche conasse parallele ai principali lineamenti strutturali appenninici NO-SE e sono procedendo da nord verso sud:

- anticlinale di Argenta, Alfonsine;
- sinclinale di Miravalle, Conselice;
- anticlinale di Minerbio, Villa Serraglio;
- sinclinale di Budrio, Bubano.

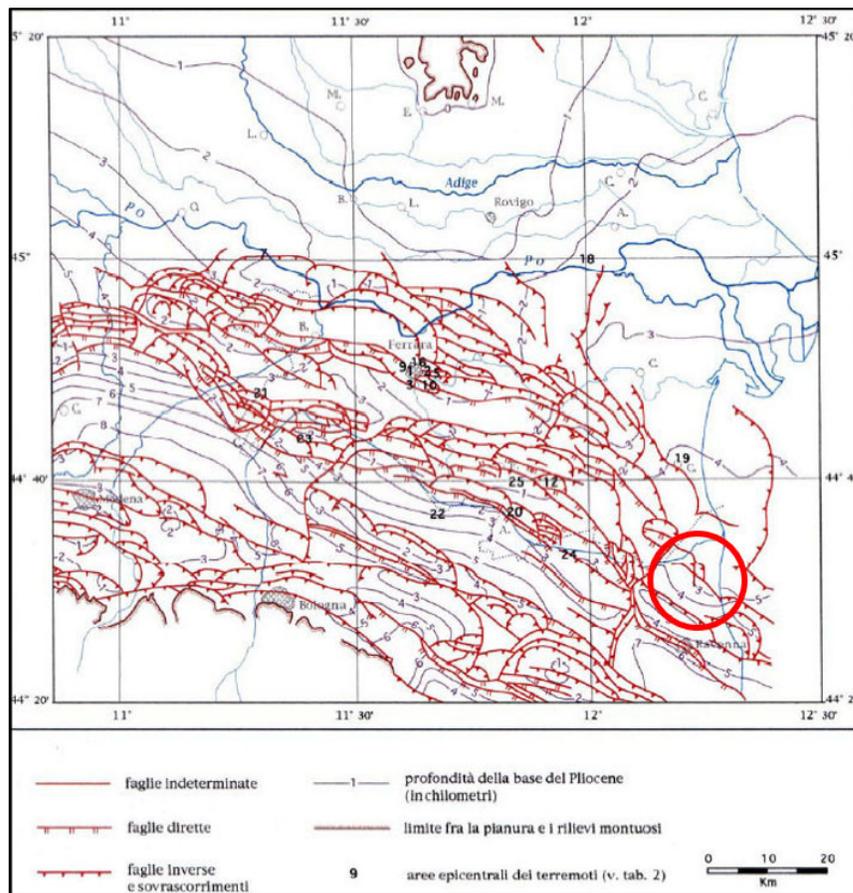


Figura 7- Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992) (da Documento [2]), il cerchio rosso indica la posizione indicativa del sito.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>15di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE

#### 3.1 Indagini geognostiche pregresse

Il Sito oggetto del presente documento è stato oggetto di diverse campagne di indagine geognostica, riassunte nella seguente **Tabella 1**.

*Tabella 1 Sintesi delle indagini geognostiche pregresse*

Documento	Anno	Tipo di indagine
Documento [1]	(1978-2012)	6 prove penetrometriche statiche (CPT) (1/78, 1/79, 8/89, 9/89, CPT2 e CPT3) e 1 sondaggio a carotaggio (4/89) eseguiti in prossimità del Comparto B
	2012	3 prove penetrometriche statiche (CPT) (1/12B, 2/12B e 3/12B)
Documento [4]	2018	3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo (BH_01, BH_02, BH_03), 32 prove SPT a punta aperta in foro e prelievo di 6 campioni indisturbati (Indagini area FORSU)
	2018	7 prove CPTU (CPTU1 ÷ CPTU7) e 3 prove di dissipazione (Indagini area FORSU)
	2018	Rilievo topografico (Indagini area FORSU)

Per la ricostruzione stratigrafica superficiale dell'intera area di proprietà Eni Rewind si è fatto ricorso anche ai n.100 sondaggi superficiali eseguiti per la caratterizzazione del sito secondo una maglia 40x40 m e spinti fino ad un massimo di 2 metri di profondità dal p.c. locale. La relazione descrittiva delle indagini eseguite in area FORSU (Documento [4]) è riportata nell'Annesso 2.

#### 3.2 Indagini geognostiche eseguite nel periodo giugno-agosto 2018

Oltre alle indagini pregresse riportate in Tabella 1, nel periodo di giugno - agosto 2018 sono state eseguite in sito le seguenti indagini:

- n. 6 sondaggi geognostici (S01÷S06), ciascuno spinto fino a 35 m, integrati con l'esecuzione di prove SPT in foro per ciascun sondaggio, in avanzamento in fase di esecuzione del sondaggio con passo 3 m. Nel complesso sono state eseguite 59 prove SPT, a punta aperta, con prelievo campioni rimaneggiati da destinare a prove di laboratorio geotecnico;
- prelievo di n. 4 campioni indisturbati da ciascun sondaggio per analisi geotecniche, per un totale di n. 24 campioni indisturbati;
- n. 8 prove in sito CPTU (CPTU1÷CPTU8) spinte fino a 35 m di profondità integrate con l'esecuzione di n. 5 prove di dissipazione per ciascuna verticale CPTU;
- n. 2 prove sismiche attive tipo MASW e n.3 prove sismiche passive tipo HVSR;
- n. 1 indagine georadar.

La relazione descrittiva di tali indagini è riportata nell'Annesso 3. L'ubicazione delle indagini descritte nei paragrafi 3.13.2 è rappresentata nell'elaborato grafico *090001-ENG-E-ED-6326\_Stato del sito 2018 - Ubicazione indagini effettuate*.

#### 3.3 Assetto geomorfologico e litostratigrafico locale

Per quanto concerne l'assetto geomorfologico locale l'intera area Ponticelle ricade all'interno del Cordone Sabbioso delle Pinete di San Vitale, all'interno del quale la cartografia geologica ufficiale individua le tracce

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>16di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

di almeno tre cordoni litorali, con andamento circa N-S (Figura 5). Allo stato attuale l'area presenta un assetto con un andamento pianeggiante, con una quota media di +1 m s.l.m.

Sulla base dei risultati delle indagini descritte nei paragrafi 3.1 e 3.2, è possibile ricostruire l'assetto litostratigrafico locale dell'area di proprietà Eni Rewind, che può essere così descritto (dall'alto verso il basso stratigrafico):

- Terreno di riporto da sabbioso a ghiaioso, anche costituito da materiale inertizzato, con spessore variabile tra 0 e 1,5 m;
- Sabbia, da debolmente limosa a limosa, localmente con tracce di argilla, di colore grigio, con spessore tra 12 e 13 m. Nella porzione superiore di questo livello sabbioso sono stati localmente osservati livelli di argilla o torba, di spessore pluridecimetrico (depositi di spiaggia, duna e ambiente marino costiero);
- Limo da sabbioso ad argilloso poco consistente contenente intercalazioni da pluridecimetriche a plurimetriche di sabbia limosa, con spessore complessivo variabile tra 13 e 14.5 m (depositi di ambiente marino e palustre);
- Argilla limosa e limo argilloso mediamente consistente con presenza di torba, di colore grigio-nerastro, con spessore variabile tra 0 e 1,5 m (depositi di ambiente palustre);
- Sabbia medio-fine con intercalazioni di sabbia limosa, sciolta, di colore grigio-nocciola, con spessore variabile tra 4 e 7 m (depositi alluvionali pleistocenici). In corrispondenza dei sondaggi S01, S05 e S06 tale orizzonte è stato intercettato fino alla massima profondità indagata, pari a 35 m da p.c.;
- Argilla, argilla limosa e limo argilloso, da mediamente consistente a consistente, con presenza di torba, di colore da grigio a grigio nerastro (depositi alluvionali pleistocenici). Tale orizzonte è stato intercettato nella parte terminale dei sondaggi S\_02, S\_03, S\_04, BH\_01, BH\_02 e BH\_03 fino alla massima profondità indagata, per un intervallo di lunghezza compreso tra 1 e 3 m.

I campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati, prelevati durante l'esecuzione delle indagini, sono stati sottoposti ad analisi granulometrica. Si riportano nella seguente tabella i valori medi di abbondanza percentuale delle principali classi granulometriche nei campioni prelevati in corrispondenza degli orizzonti sopra descritti:

Classe granulometrica	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Limo+Argilla*
<b>Taglia dei granuli (mm)</b>	<b>&gt; 2</b>	<b>2 - 0.63</b>	<b>0.63 - 0.004</b>	<b>&lt; 0.004</b>	<b>&lt; 0.63</b>
Sabbia, da debolmente limosa a limosa, localmente con tracce di argilla	0.3 %	79.3 %	26.3 %	7.5 %	14.5 %
Limo da sabbioso ad argilloso con intercalazioni di sabbia limosa	0.2 %	24.8 %	58.5 %	16.4 %	75.5 %
Argilla, argilla limosa e limo argilloso con presenza di torba	1.4 %	18.1 %	56.3 %	23.1 %	87.0 %
Sabbia medio-fine con intercalazioni di sabbia limosa	0.0 %	79.1 %	20.5 %	3.2 %	17.0 %

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>17di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

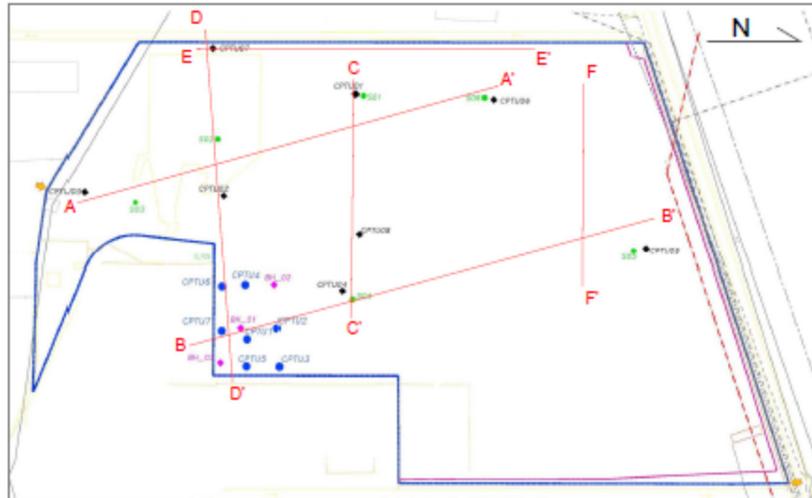
\* La classe "limo+argilla" si riferisce a quei campioni in cui non è stata eseguita l'analisi granulometrica mediante aerometria per distinguere l'abbondanza percentuale di limo e argilla.

L'assetto geologico locale sopra descritto è stato rappresentato mediante sei sezioni geologiche interpretative, disegnate sulla base dei dati derivanti dalle indagini eseguite nel periodo giugno-agosto 2018 (cfr. par. 3.2) e da indagini eseguite nell'area FORSU (Documento [4]). Le sezioni geologiche, denominate A-A', B-B', C-C', D-D', E-E' ed F-F' sono riportate nell'Annesso 4. Nelle trattazione geologica, di cui al presente elaborato, non sono state introdotte le prove CPT realizzate alla fine degli anni '80, ma le risultanze di tali indagini sono state verificate e risultano congruenti con quanto riscontrato in campo nelle campagne di indagini sopra menzionate.

In particolare, le sezioni geologiche mettono in evidenza quanto segue:

- lo spessore dell'orizzonte più superficiale di sabbia da debolmente limosa a limosa e del sottostante orizzonte di limo da sabbioso ad argilloso (contenente intercalazioni di sabbia limosa) appare pressoché costante sull'intera area indagata. Nella porzione superiore di questo livello sabbioso sono stati localmente osservati livelli di argilla o torba, di spessore pluridecimetrico (CPTU06, BH\_03, S\_01, CPTU\_01, CPTU\_06);
- il livello di argilla limosa e limo argilloso (con presenza di torba), individuato a letto dell'orizzonte di limo da sabbioso ad argilloso, presenta uno spessore variabile e non appare continuo sull'intera area indagata; tale livello non è infatti stato osservato in corrispondenza dei sondaggi S03 e S04. In entrambi i casi però le prove CPTU eseguite in prossimità di tali sondaggi hanno individuato un livello di materiale fine (da limo a argilla) alla base dell'orizzonte a prevalenza limoso-sabbioso. Tale discrepanza potrebbe essere attribuibile alla naturale variabilità granulometrica laterale dei sedimenti o a un mancato recupero del materiale fine nella carota dei sondaggi;
- l'orizzonte di sabbia medio-fine (con intercalazioni di sabbia limosa), presente alla base del livello di argilla limosa e limo argilloso sopra descritto, è stato osservato in tutti i punti di indagine. Il livello di argilla, argilla limosa e limo argilloso sottostante questo livello di sabbia è stato osservato solo nella parte sud-orientale dell'area indagata, in corrispondenza dei seguenti punti di indagine: CPTU\_03, CPTU\_08, CPTU\_04, S\_02, S\_03 e S\_04. La presenza di tale livello di natura argilloso-limosa è stata riscontrata anche in corrispondenza dei sondaggi BH\_01, BH\_02 e BH\_03, eseguiti nell'area FORSU.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>18di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	



Ubicazione e sezioni geologiche

### 3.4 Assetto idrogeologico locale

Il Sito è ubicato ad una distanza di circa 5 km dall'attuale linea di costa e a 1,6 km dal Canale Candiano. Al perimetro del sito scorrono due canali artificiali, con direzione N-S, indicati come “Canale di Carico” (sul lato occidentale del Sito) e “Canale di Scarico” (lato orientale del Sito), quest'ultimo collegato al “Canale Magni” che scorre sul lato settentrionale del Sito confluendo nel Canale Baiona nei pressi del Porto Corsini. In prossimità del Sito, poco ad ovest del canale di carico, scorre il Canale Basette.

L'orizzonte più superficiale di sabbia limosa (con spessore tra 12 e 13 m) ospita una falda idrica di tipo libero, caratterizzata in corrispondenza del Sito da una soggiacenza variabile tra 1 e 2 m da p.c. Per tale ragione, ai fini della caratterizzazione geotecnica e sismica del Sito, tutti i depositi indagati sono da considerare saturi. Il livello piezometrico della falda viene registrato a cura di Eni Rewind con cadenza bimestrale attraverso la rete di monitoraggio e controllo, che utilizza coppie di piezometri sia superficiali (prof. ≈ 15 m) che profondi (prof. ≈ 30 m). Nell'area oggetto di intervento ricadono i seguenti piezometri della rete di monitoraggio e controllo:

- piezometri superficiali: EI/09, EI/13, EI/16, EI/20, EI/22, EI/24;
- piezometri profondi: EI/15, EI/19, EI/21, EI/23.

Dall'esame dei livelli piezometrici non si registrano scostamenti significativi di deflusso tra le misure eseguite nei piezometri superficiali e in quelli profondi, indice di una compartimentazione eventualmente solo relativa della falda principale. La falda idrica osservata in Sito mostra una direzione di flusso prevalente verso SSO (cfr. Documento [3]).

La conducibilità idraulica dei sedimenti costituenti la successione stratigrafica locale, descritti nel paragrafo precedente, è stata stimata sulla base di:

- formulazione di Piacentini e Rigbi (1988), basata sui risultati delle indagini CPTU;

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>19di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

- prove di dissipazione condotte durante l'esecuzione delle indagini CPTU;
- prove edometriche eseguite sui campioni di terreno indisturbato.

Si riportano di seguito i valori medi di conducibilità idraulica K (in m/s) stimati sulla base dei risultati delle prove CPTU (Piacentini e Righi 1988):

- Terreno di riporto da sabbioso a ghiaioso:  $2.59 \times 10^{-6}$  m/s;
- Sabbia, da debolmente limosa a limosa, localmente con tracce di argilla:  $7.56 \times 10^{-5}$  m/s;
- Limo da sabbioso ad argillosocon intercalazionidi sabbia limosa:  $1.39 \times 10^{-5}$  m/s;
- Argilla, argilla limosa e limo argilloso con presenza di torba:  $6.8 \times 10^{-8}$  m/s;
- Sabbia medio-fine con intercalazioni di sabbia limosa:  $9.81 \times 10^{-6}$  m/s.

Le prove di dissipazione eseguite all'interno degli orizzonti di depositi in prevalenza sabbiosi non hanno permesso di determinare la conducibilità idraulica orizzontale Kh. Le prove eseguite nei livelli più fini hanno fornito i seguenti valori medi di Kh:

- Limo da sabbioso ad argillosocon intercalazionidi sabbia limosa:  $5.12 \times 10^{-8}$  m/s
- Argilla, argilla limosa e limo argilloso con presenza di torba:  $4.47 \times 10^{-9}$  m/s.

Negli orizzonti interessati dalle prove il rapporto tra conducibilità idraulica orizzontale Kh e conducibilità idraulica verticale Kv (Kh/Kv) varia da 1 a 3. Si riportano di seguito i valori medi di conducibilità idraulica K (in m/s) determinati sulla base delle prove edometriche eseguite sui campioni indisturbati:

- Limo da sabbioso ad argillosocon intercalazionidi sabbia limosa:  $4.68 \times 10^{-10}$  m/s;
- Argilla, argilla limosa e limo argilloso con presenza di torba:  $2.04 \times 10^{-10}$  m/s.

Si noti che la conducibilità idraulica stimata sulla base delle prove edometriche appare di norma superiore di diversi ordini di grandezza rispetto a quella effettiva, misurata alla scala di campo. La prova edometrica è eseguita su un campione di terreno indisturbato e non può quindi tenere in considerazione l'anisotropia granulometrica e tessiturale del sedimento alla scala dell'acquifero. Una considerazione analoga può essere fatta per le prove di dissipazione; anche queste prove sono eseguite in modo puntuale in corrispondenza di orizzonti coesivi. La maggiore differenza tra i diversi valori di conducibilità idraulica stimati si osserva per l'orizzonte di limo da sabbioso ad argilloso con intercalazioni di sabbia limosa. Questa porzione della successione è caratterizzata da una forte eterogeneità tessiturale, data l'alternanza di sedimenti a prevalenza sabbiosa e sedimenti fini coesivi. Per tale motivo si ritiene che i valori medi conducibilità idraulica K stimati sulla base delle indagini CPTU siano maggiormente rappresentativi delle reali caratteristiche dell'acquifero nel suo complesso. In contesti stratigrafici analoghi a quello del Sito, l'eterogeneità tessiturale tra i vari strati che compongono la successione influisce in modo rilevante sul flusso idrico a scala dell'acquifero, specialmente per quanto riguarda la conducibilità idraulica orizzontale.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>20di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

## 4. ANALISI DELLA SISMICITÀ LOCALE

### 4.1 Caratterizzazione sismica del territorio

Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale definita dall'OPCM 3274/2003<sup>1</sup>, il territorio del comune di Ravenna in zona sismica 3, con un'accelerazione orizzontale pari a 0,15 g. La Regione Emilia Romagna ha emanato L'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". In queste linee di indirizzo si forniscono i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T = 0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  (arefg), per ogni comune della regione. Per Ravenna si è data una accelerazione di 0,164 (cfr. Documento [2]) Annex 1.

Tutto il territorio comunale di Ravenna ricade all'interno della zona 912 della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), secondo la quale queste strutture sismogenetiche sono in grado di generare terremoti di magnitudo momento  $M_w=6.14$  (Figura 8). Per quanto concerne le zone sismogenetiche individuate dal catalogo DISS 3.2.1<sup>2</sup> dell'INGV (aprile 2018), il Sito ricade all'interno della sorgente ITCS012 "Malalbergo-Ravenna" (Figura 9). A tale sorgente il catalogo DISS 3.2.1 attribuisce una magnitudo massima  $M_w= 6.0$ .

Nella regione Emilia Romagna i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5.5 e 6 della scala Richter e intensità del IXX grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5.5) si sono verificati nel settore sudorientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5.5), sono il margine appenninico padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico" (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004). Gli eventi del maggio 2012 hanno avuto magnitudo massima 5.9 (Documento [2]).

<sup>1</sup> ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 20 marzo 2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. (Ordinanza n. 3274).

<sup>2</sup> Database of Individual Seismogenic Sources Ver. 3.2.1 (Aprile 2018): <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321>

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>21di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

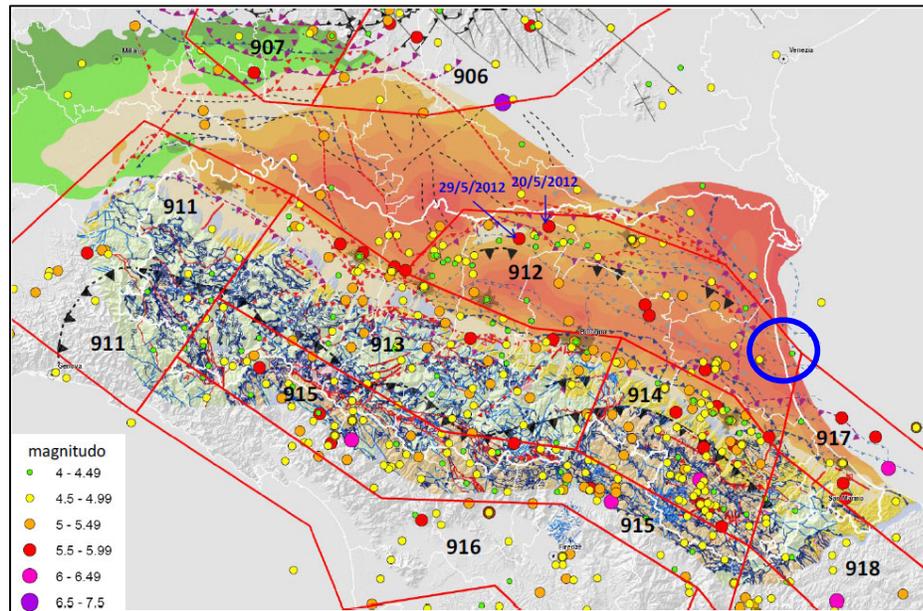


Figura 8 schema tettonico dell'Appennino emiliano-romagnolo e della Pianura Padana centrale (Martelli, 2011) con zone sismogenetiche da ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), aree con limiti rossi, e localizzazione dei principali terremoti che hanno interessato l'Emilia-Romagna (dati INGV). Nel cerchio blu l'ubicazione dell'area Ponticelle.

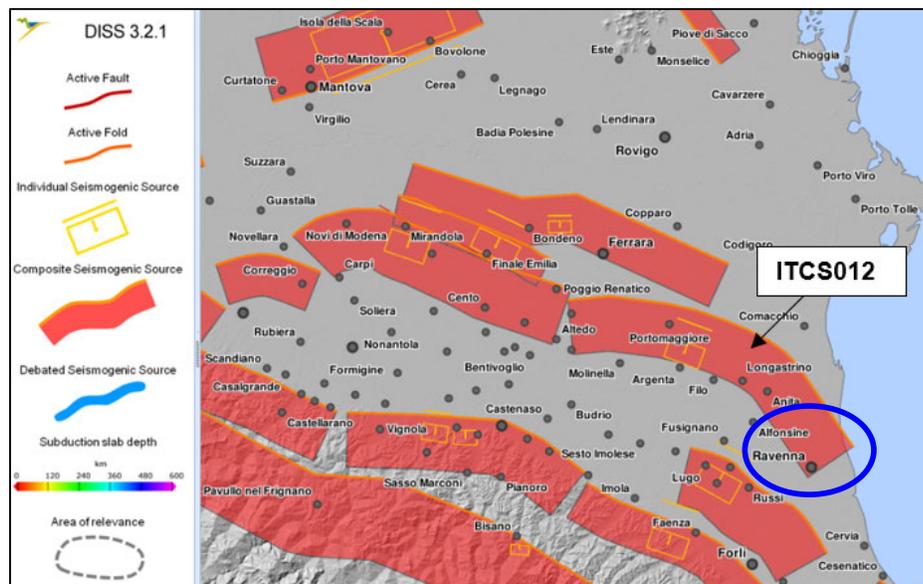


Figura 9 Ubicazione della sorgente sismogenetica ITCS012 (Catalogo DISS ver.3.2.1 Sito INGV)

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>22di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.2 Microzonazione sismica

In data 31/10/2017 il Comune di Ravenna ha adottato il documento “*POC.14 Microzonazione sismica di II e III livello*” che ha come obiettivo finale la valutazione della risposta sismica locale di alcuni fabbricati strategici e la verifica della potenziale liquefazione dei terreni di quelle aree perimetrate in fase di secondo livello di approfondimento.

Come previsto dal DGR 2193/15 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” sono state revisionate le seguenti cartografie redatte in fase di secondo livello (RUE) di approfondimento:

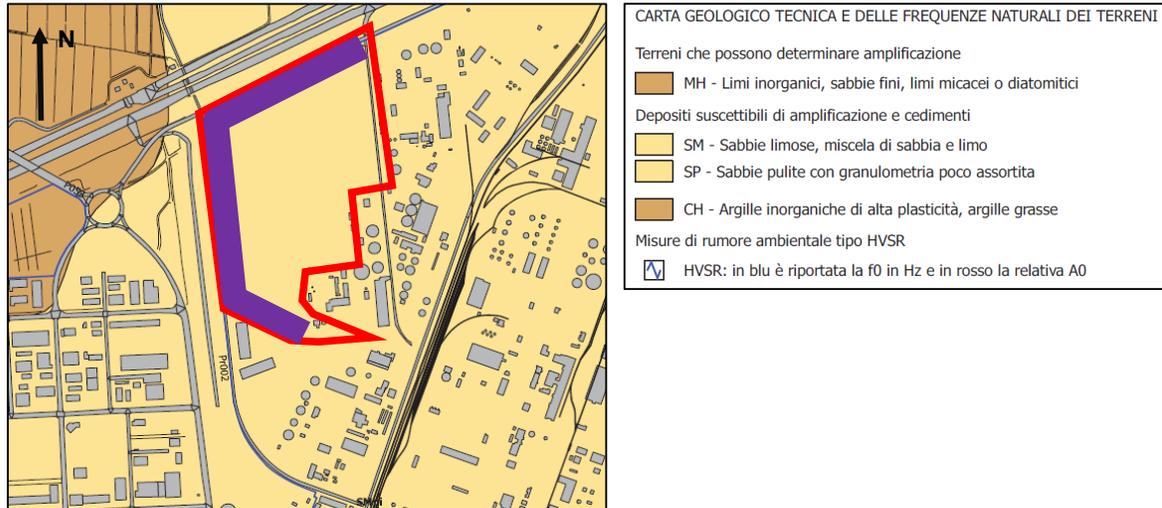
- Carta delle indagini;
- Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni;
- Carta delle aree suscettibili di effetti locali;
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (VS);
- Carta dei fattori di amplificazione;
- Carta della potenziale liquefazione.

Si riportano di seguito alcune considerazioni riguardo l’ubicazione del Sito nel quadro dei suddetti documenti cartografici (con l’eccezione della Carta delle indagini) relativi all’area definita “12. Zona Industriale”.

##### 4.2.1 Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni

Nella “Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni” il Sito ricade all’interno della litologia definita con la sigla “SM”, corrispondente a “Sabbie limose, miscela di sabbia e limo”. Nella cartografia tali materiali sono descritti come “Depositi suscettibili di amplificazione e cedimenti”.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>23di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

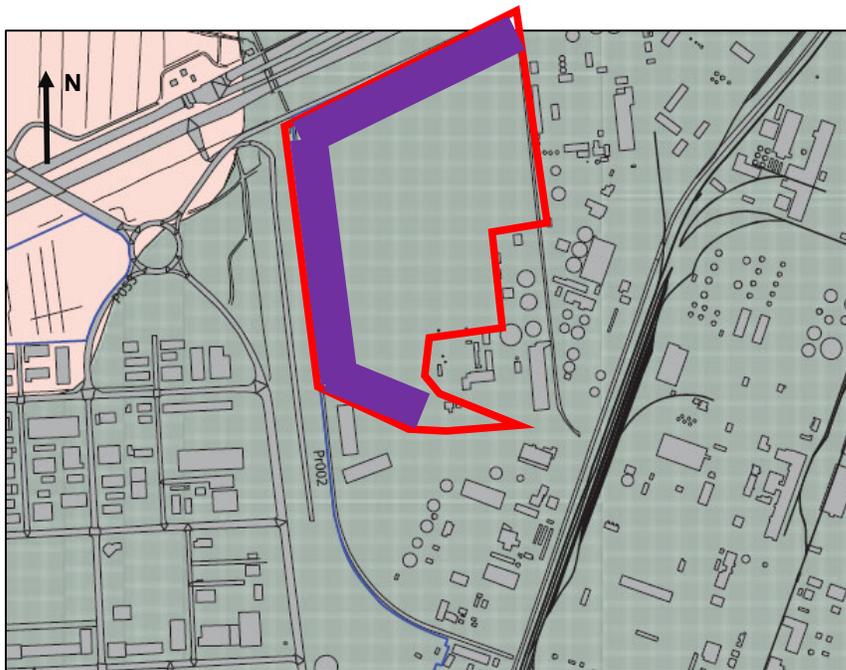


*Figura 10 Stralcio della “Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni” con ubicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale e delle opere PUA in progetto).*

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>24di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.2.2 Carta delle aree suscettibili di effetti locali

Nella “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” il Sito ricade all’interno di un’area suscettibile di amplificazione e di instabilità così definita “Liquefazioni in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna”.



CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI

Zone suscettibili di amplificazioni locali

 Amplificazione del moto sismico attesa come possibile effetto dell'assetto litostratigrafico locale

Zone suscettibili di amplificazione e di instabilità

 Liquefazioni in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna

 Cedimenti differenziali in aree che presentano terreni con significative variazioni laterali delle caratteristiche meccaniche

*Figura 11 Stralcio della “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” con indicazione dell’area Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.*

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>25di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

#### 4.2.3 Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ )

Il Sito ricade all'interno di un'area caratterizzata da una velocità delle onde di taglio S compresa tra 260 e 280 m/s.

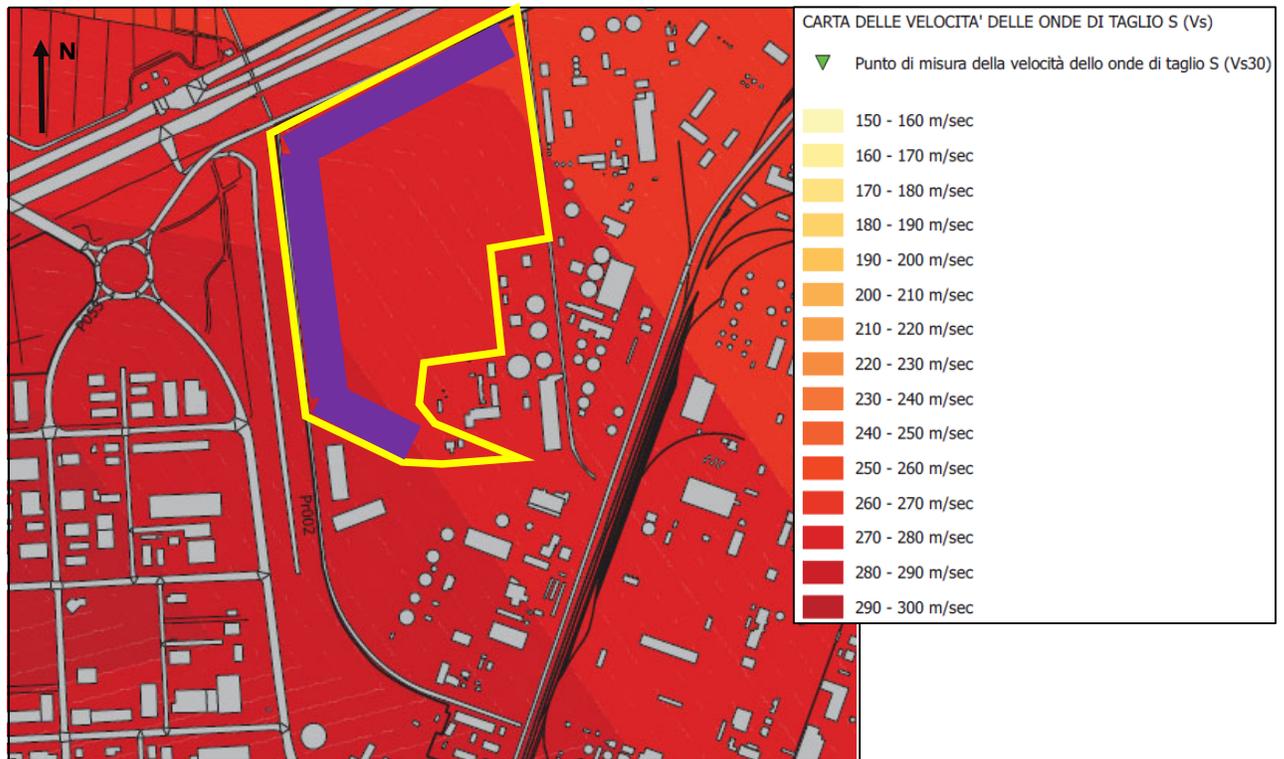


Figura 12 Stralcio della “Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ )” con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>26di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.2.4 Carta dei fattori di amplificazione

Nella “Carta dei fattori di amplificazione” il Sito ricade all’interno di un’area caratterizzata da un fattore di amplificazione SI3 ( $0.5s < T_0 < 1.5s$ ) pari a 2.5.

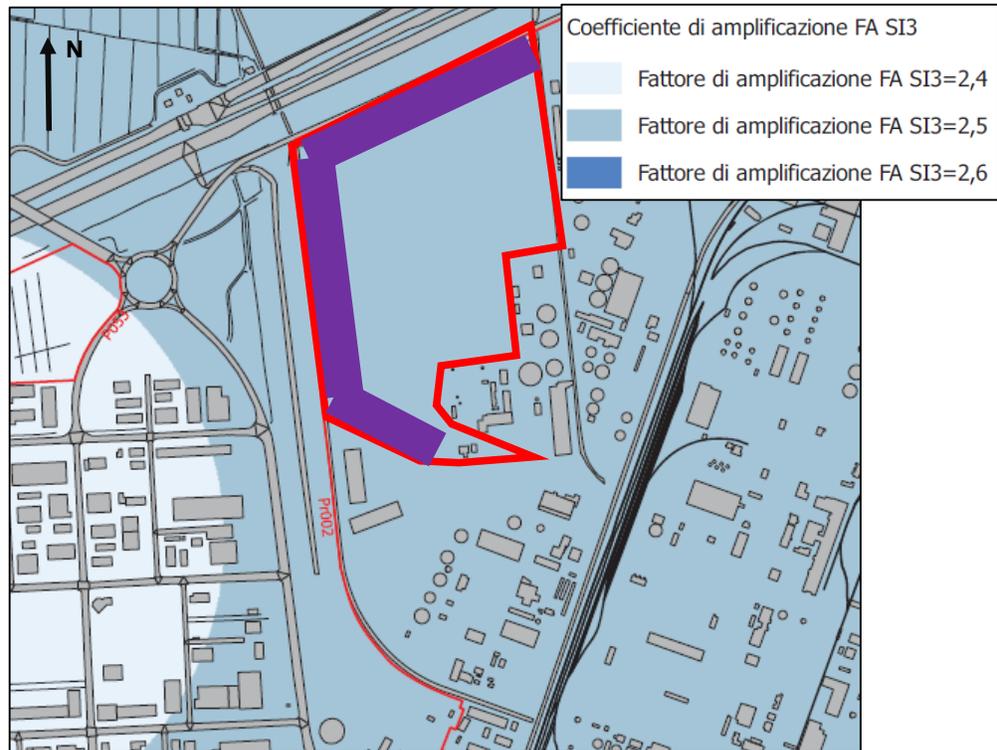


Figura 13 Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione” con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>27</b> di <b>47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.2.5 Carta del potenziale liquefazione

Il Sito ricade a cavallo del limite tra aree con indice del potenziale di liquefazione “basso” e “moderato”.

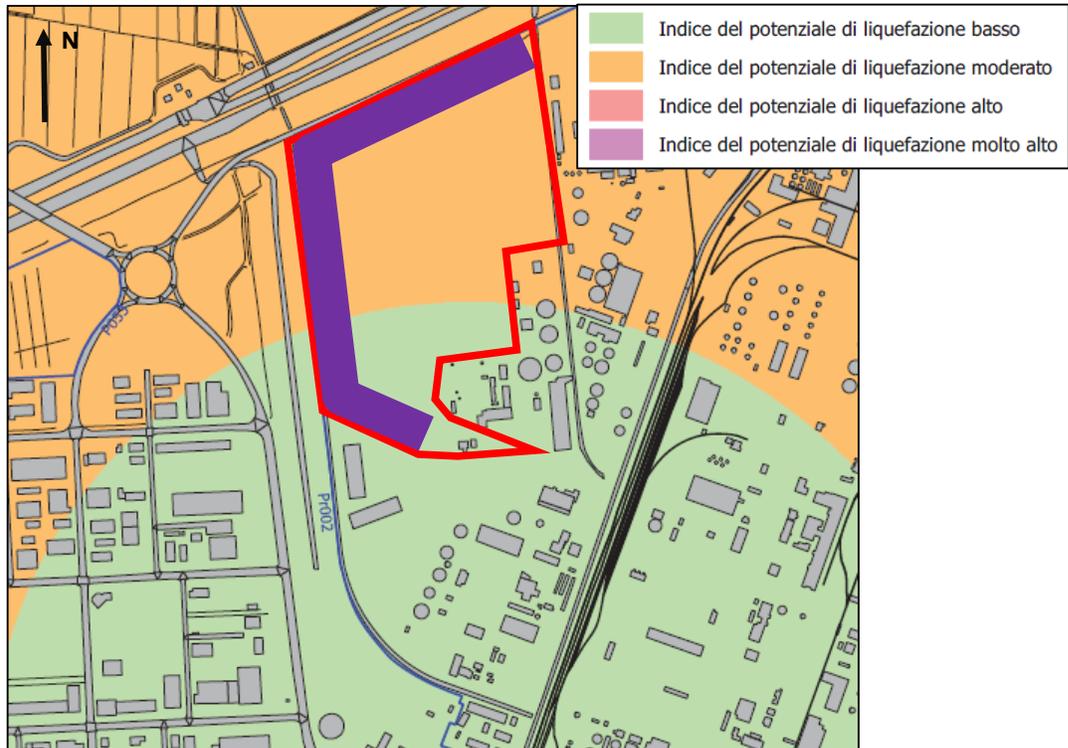


Figura 14 Stralcio della “Carta del potenziale di liquefazione” con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.

#### 4.3 Indagini sismiche

Per la classificazione sismica del terreno e la determinazione della risposta sismica locale sono state eseguite in Sito le seguenti indagini:

- 2012: n.2 indagini sismiche mediante tromografo digitale “Tromino” eseguite presso il Comparto B; descritte nei documenti [1] e [2]. Nel documento [1] furono allegati anche i risultati di un’indagine mediante tromografo digitale “Tromino” eseguita in prossimità del Sito, lungo Via Baiona;
- 2018: n.2 prove sismiche attive tipo MASW e n.3 prove sismiche passive tipo HVSR.

I risultati delle indagini eseguite nel 2018 sono riportati nell’Annesso 3.

#### 4.4 Analisi della risposta sismica locale

L’analisi della risposta sismica locale è stata eseguita secondo quanto previsto dall’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” del 2018 (“NTC2018”) e della DGR 2193 del 2015 “Indirizzi per gli studi

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>28di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" ("DGR 2193\2015").

Le NTC2018 prevedono che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si valuti l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nel § 3.2.2, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

Per quanto concerne le opere previste per la realizzazione dell'urbanizzazione primaria (rimodellamento morfologico), sulla base delle risultanze delle indagini di cui al par. 4.3, si ritiene l'analisi della risposta sismica locale possa essere eseguita mediante il suddetto approccio semplificato.

Per quanto riguarda le future opere in elevazione previste in Sito per la sua riqualifica, sarà cura dei progettisti delle strutture in fondazione ed in elevazione determinare la risposta sismica locale mediante analisi specifiche di interazione terreno-struttura in funzione della vulnerabilità delle strutture in progetto, sulla base delle prove sismiche locali appositamente eseguite e comprese nelle indagini condotte nel periodo giugno-agosto 2018 e allegate alla presente relazione in Annesso 3.

Secondo le NTC 2018 l'azione sismica di progetto è valutata in funzione della pericolosità sismica del sito, fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Le forme spettrali previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento  $V_R$  della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento  $V_R$  associate a ciascuno degli stati limite considerati.

In particolare, la vita di riferimento è espressa come prodotto tra la vita nominale dell'opera ( $V_N$ ) e il coefficiente d'uso ( $C_U$ ), funzione della classe d'uso dell'opera secondo la seguente tabella:

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)			
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10			
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50			
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100			
CLASSE D'USO		I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$		0,7	1,0	1,5	2,0

Le classi d'uso sono così definite:

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>29</b> di <b>47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

- **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 in Classe d'uso 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 o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche 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 o 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 a impianti di produzione di energia elettrica.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite	P <sub>V<sub>R</sub></sub> : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V <sub>R</sub>	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

in cui gli stati limite di riferimento sono così definiti:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>30di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Come parametro caratterizzante la pericolosità sismica viene utilizzato il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_{Re}$  e  $P_{V_R}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

#### 4.4.1 Categoria di suolo e fattori di amplificazione

La categoria di suolo di fondazione del Sito ai sensi della NTC2018 è stata definita sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e sismiche illustrate nei paragrafi 3.1 e 3.2.

Come riportato nella relazione del dott. Drapelli (Documento [2]) annesso 1 a supporto del progetto definitivo del PUA, il sedime di fondazione può essere collocato nella categoria a cavallo delle categoria "C" e "D", in quanto i valori ottenuti dalle indagini hanno dato come valori di riferimento una velocità compresa tra 173 e 190 m/s.

Sulla base delle indagini sismiche di tipo MASW eseguite nel 2018, sono stati definiti nell'area di indagine valori di  $V_{s,eq}$ <sup>3</sup> compresi tra 188 m/s e 190 m/s, prossimi al limite inferiore dell'intervallo di velocità relativo alla categoria di suolo "C".

In merito alla verifica sismica delle strutture in elevazione, si rileva (come meglio esplicitato al paragrafo successivo) che sul sito sono presenti orizzonti di sabbie sature liquefacibili (cfr. par. 4.4.2), con rischio di liquefazione da alto a molto alto. In queste condizioni la normativa prescrive l'esecuzione di un'analisi di microzonazione sismica e di modellazione della risposta sismica locale per il calcolo degli spettrogrammi di progetto. In prima approssimazione è possibile far riferimento ai risultati della microzonazione di II e III livello (paragrafo 4.2) eseguita dal comune di Ravenna.

Le indagini HVSR hanno permesso di individuare due frequenze fondamentali del Sito, pari a 0,3 Hz e 0,88 Hz. In fase progettuale occorrerà valutare che le opere da realizzare abbiano elementi con frequenza fondamentale differente da questi valori, per non incorrere nel fenomeno della doppia risonanza.

#### 4.4.2 Stima del potenziale di liquefazione

<sup>3</sup>La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s). Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ .

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>31di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

Nella relazione del dott. Drapelli a supporto del progetto definitivo del PUA (Documento [2] annesso 1) il potenziale di liquefazione dello strato di sabbie sature che costituisce i primi 15 metri del sedime di fondazione è stato valutato da basso a moderato (a seconda delle formulazioni adottate), con cedimenti post-sismici di ordine centimetrico.

Sulla base dei risultati di ciascuna prova CPTU svolta nel 2018 (CPTU1+CPTU8) è stata eseguita la stima del potenziale di liquefazione mediante il software Liquiter (GeoStru, 2018. Ver. 2018.20.4.578), utilizzando il metodo di Idriss & Boulanger (2014), mentre il potenziale di liquefazione ("IPL") è stato definito secondo il metodo di Iwasaki (1982). La descrizione del metodo di calcolo e i report di dettaglio delle elaborazioni sopra descritte sono riportati nell'Annesso 5, mentre in Tabella 2 è illustrata una sintesi dei risultati.

La stima dei cedimenti post sismici è stata eseguita secondo il metodo di Zhang et al. (2002) e i risultati sono riportati in Tabella 2. Il Zhang et al. (2002) si basa sull'assunto che per un sito con morfologia piana, lontano da superfici libere, sia ragionevole assumere che in seguito a un sisma la dislocazione laterale delle particelle di terreno sia piccolo o nullo e quindi che la deformazione volumetrica sia uguale o prossima alla deformazione verticale. Se la deformazione verticale di ciascuno strato di terreno è integrata usando la formula seguente (1), il risultato dovrebbe rappresentare un indice del potenziale cedimento post sismico indotto dalla liquefazione.

$$S = \sum_{i=1}^j \varepsilon_{vi} \Delta z_i \quad (1)$$

Dove:

S = cedimento post sismico indotto dalla liquefazione;

$\varepsilon_{vi}$  = deformazione volumetrica per ciascuno strato  $i$  di terreno (stimata in base agli abachi di Robertson, 2002);

$\Delta z_i$  = spessore dello strato  $i$  di terreno;

$j$  = numero degli strati di terreno.

*Tabella 2 Sintesi dei risultati della stima del potenziale di liquefazione e dei cedimenti post sismici indotti dalla liquefazione*

Punto di indagine	CPTU01	CPTU02	CPTU03	CPTU04	CPTU05	CPTU06	CPTU07	CPTU08
IPL (Iwasaki, 1982)	12.38	12.46	12.28	11.09	14.04	16.1	11.09	13.68
Rischio liquefazione medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Molto Alto	Alto	Alto
Cedimento post-sismico (Zhang et al. 2002) (m)	<b>0.13</b>	<b>0.14</b>	<b>0.17</b>	<b>0.14</b>	<b>0.2</b>	<b>0.24</b>	<b>0.11</b>	<b>0.15</b>
Tetto del 1° orizzonte liquefacibile (m da p.c.)	3.4	3.6	3	3	4.4	3.8	3.6	3.2
Base del 1° orizzonte liquefacibile (m da p.c.)	12.8	13.6	7.4	13.2	7.2	8	13	13.4
Tetto del 2° orizzonte liquefacibile (m da p.c.)	17.1	17	8.2	16.6	8.2	8.8	17.2	16.6
Base del 2° orizzonte liquefacibile (m da p.c.)	17.2	18.6	12.6	19	12.8	12.8	19	17.8
Tetto del 3° orizzonte liquefacibile (m da p.c.)	18		16.4		17.6	16.6		18.9
Base del 3° orizzonte liquefacibile (m da p.c.)	19		18.4		18.8	19		19

I risultati illustrati in Tabella 2 evidenziano, in corrispondenza delle verticali indagate, la presenza di orizzonti liquefacibili, caratterizzati da un rischio di liquefazione medio variabile da alto a molto alto. L'entità del

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>32di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

cedimento post sismico potenziale, indotto dai fenomeni di liquefazione, stimata con il metodo di Zhang et al. (2002), varia tra 11 cm e 24 cm.

L'entità dei cedimenti post-sismici che si verificherebbero in corrispondenza dell'evento sismico di progetto non è tale da indurre rotazioni incompatibili con la sicurezza strutturale. Come indicato al paragrafo 3.3, il sito mostra un unico assetto stratigrafico, con spessori non eccessivamente disomogenei; i potenziali cedimenti post-sismici che si potrebbero generare vanno conseguentemente intesi come distribuiti indistintamente sull'intero sito. Si ritiene quindi che, vista l'entità delle fondazioni in progetto (piccoli basamenti di torri faro e solette di fondazioni di muri di sostegno), tali cedimenti non siano rilevanti ai fini della sicurezza strutturale.

#### 4.5 Microzonazione sismica – Nuovo Piano Urbanistico Generale del Comune di Ravenna

Nell'ambito del Piano Urbanistico Generale (PUG 2020), mediante la Relazione Sismica, il Comune di Ravenna ha presentato l'aggiornamento dello studio di Microzonazione Sismica di II livello ai fini dell'adeguamento delle cartografie alle normative D.G.R. n. 360 del 29/04/2019 e D.G.R. n. 476 del 12/04/2021.

I punti principali dell'aggiornamento sono consistiti in:

- inserimento delle indagini di sottosuolo realizzate negli ultimi anni nella zona del porto;
- aggiornamento dei fattori di amplificazione delle carte di Microzonazione Sismica;
- realizzazione della carta Hms.

L'aggiornamento dello studio di Microzonazione sismica, allo stato attuale, non risulta ancora in vigore, tuttavia, nel presente elaborato si ritiene opportuno riportare gli stralci della cartografia aggiornata di prossima adozione, relativamente all'area di studio definita "12. Zona Industriale". In particolare, l'aggiornamento cartografico ha interessato:

- Carta delle indagini;
- Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni;
- Carta delle aree suscettibili di effetti locali;
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (VS);
- Carte dei fattori di amplificazione;
- Carta della potenziale liquefazione.

Si riportano di seguito alcune considerazioni riguardo l'ubicazione dell'area "12. Zona Industriale" nel quadro della cartografia aggiornata relativi.

##### 4.5.1 Carta delle indagini

La carta delle indagini riporta i dati di base geognostici recuperati da II e III livello e da II+III livello costituiti da indagini puntuali (sondaggi, prove penetrometriche statiche con punta meccanica e piezocono, prove penetrometriche dinamiche e indagini sismiche (DH, ESAC, HVSR) e da indagini lineari come indagini sismiche ReMI e MASW.

Per quanto concerne l'area di studio, all'interno del perimetro non risultano ubicate indagini geognostiche di riferimento; pertanto, relativamente all'aggiornamento della carta delle indagini non si registrano variazioni rispetto alla cartografia attualmente in vigore

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>33di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	



-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
-  Prova penetrometrica statica con piezocono
-  Prova penetrometrica dinamica superpesante
-  Prova sismica in foro tipo Downhole
-  Stazione microtremore a stazione singola
-  Array sismico, ESAC/SPAC
-  Prova REfractionMicrotremors
-  MASW
-  Aree trattate negli studi di MS

Figura 15: Stralcio della “Carta delle indagini” con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>34di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.2 Carta geologico tecnica

Nell'aggiornamento della "Carta geologico – tecnica" il Sito ricade all'interno della litologia definita con la sigla "SMpi", corrispondente a "Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di piana inondabile". Nella cartografia tali materiali sono descritti come "Terreni di copertura".

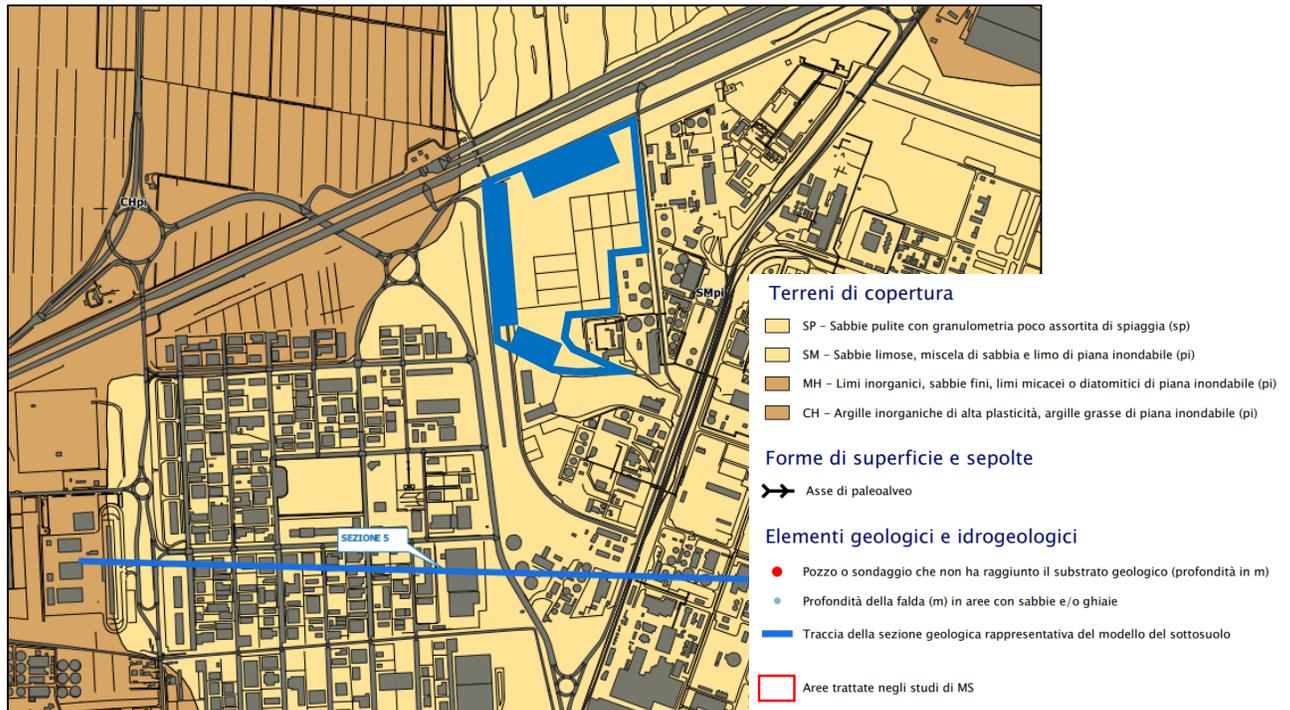


Figura 16: Stralcio della "Carta geologico – tecnica" con ubicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>35di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

L'aggiornamento della carta delle frequenze naturali riporta le indagini HVSR precedentemente realizzate con indicazione della frequenza di picco e dell'ampiezza. Internamente al perimetro dell'area di studio non sono riportate indagini HVSR.



Figura 17: Stralcio della "Carta delle frequenze naturali dei depositi" con ubicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto).

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>36di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

#### 4.5.4 Carta delle aree suscettibili degli effetti locali

Nella “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” il Sito ricade all’interno di una zona di attenuazione per instabilità definita “ZALQ – Zona di attenuazione per liquefazione – Zona 5”.

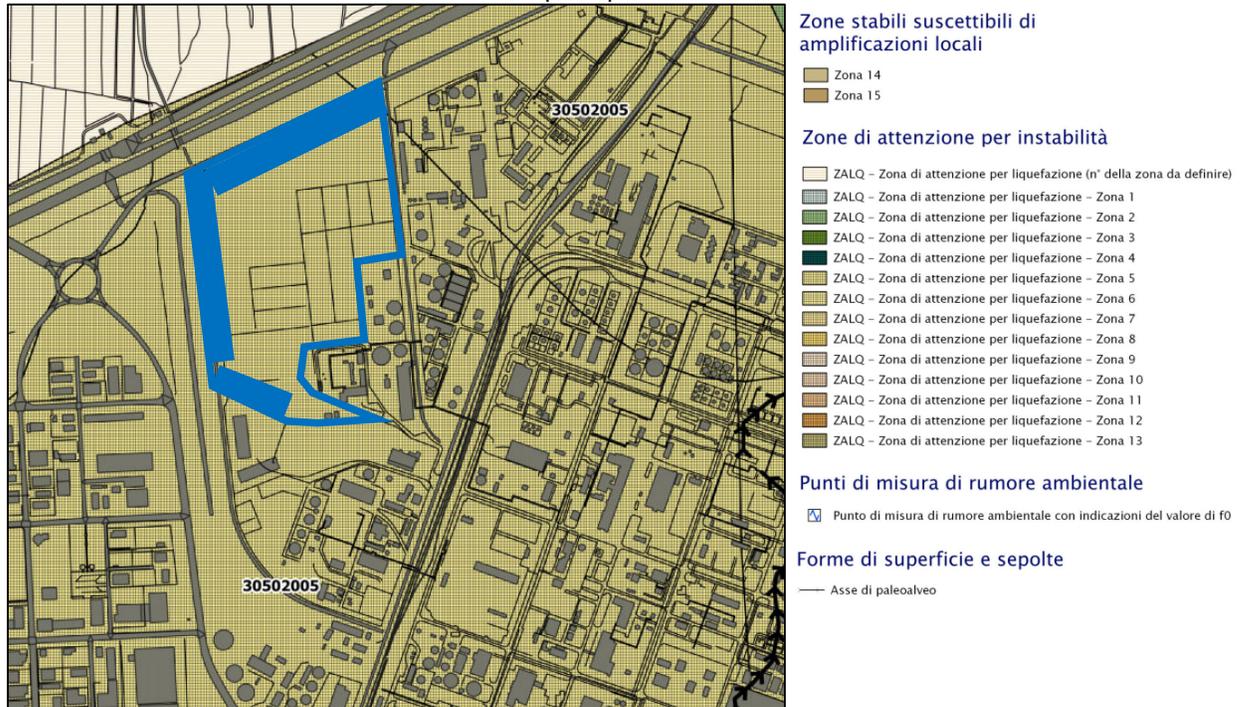


Figura 18: Stralcio della “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” con indicazione dell’area Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>37</b> di <b>47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

L'aggiornamento della carta delle velocità delle onde di taglio riporta tutti i valori di Vs30 ricavati dalle indagini sismiche (puntali e lineari).

Lo stralcio della cartografia riportato di seguito evidenzia che in un sito ubicato ad ovest dell'area Ponticelle è stata eseguita un'indagine che ha restituito una velocità delle onde di taglio S pari a 294 m/s.

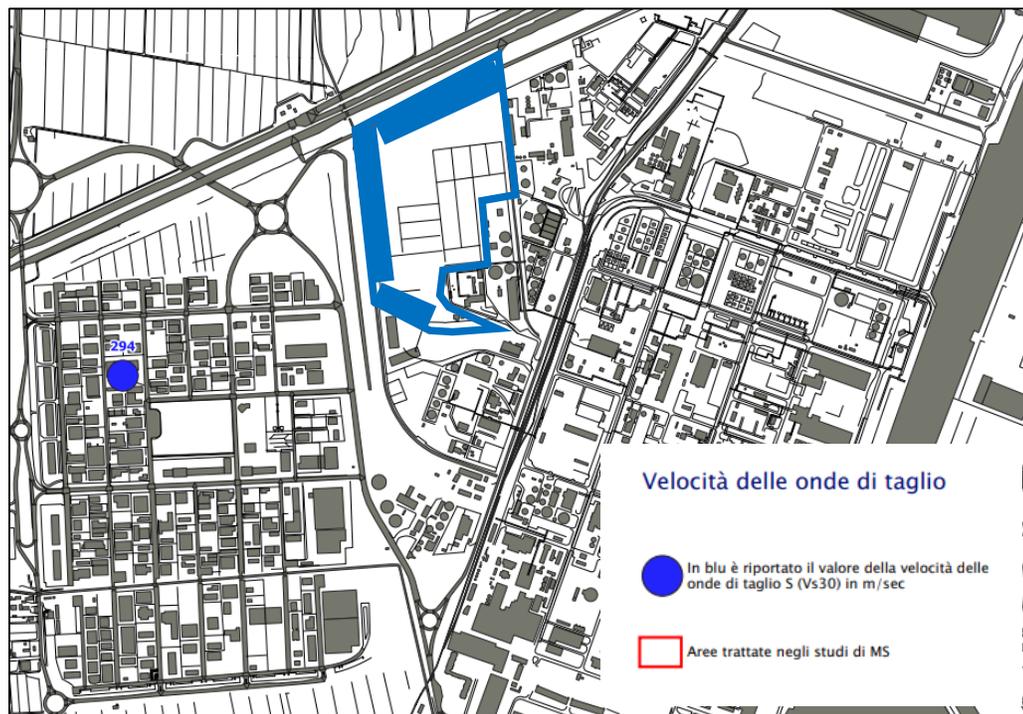
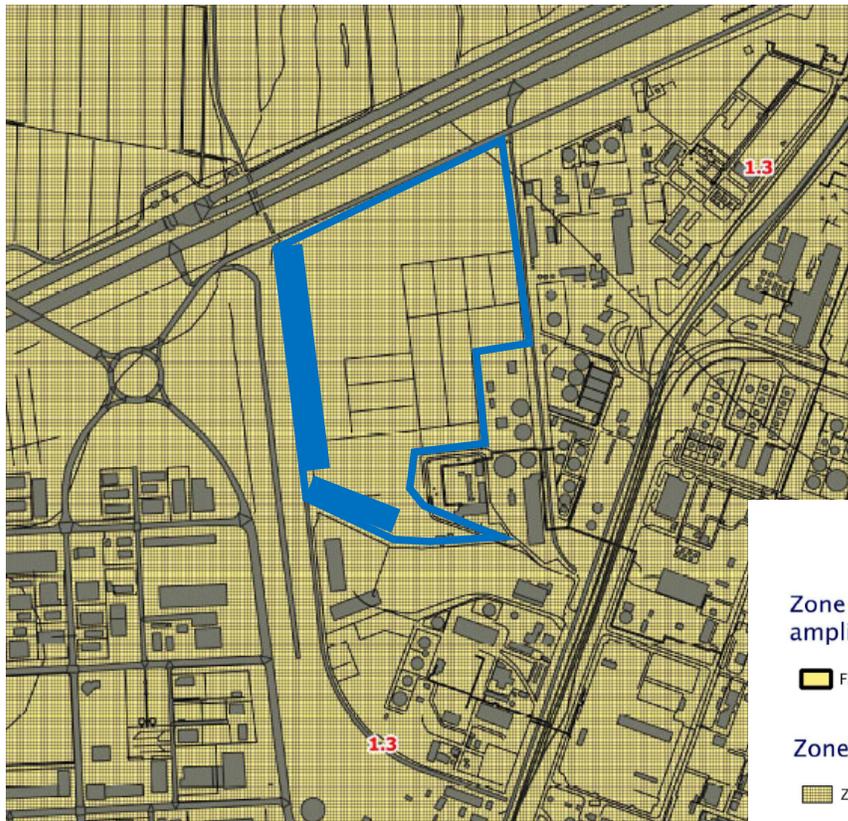


Figura 19: Stralcio della “Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)” aggiornata con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>38di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.6 Carta dei fattori di amplificazione - FPGA

Nella “Carta dei fattori di amplificazione - FPGA” il Sito ricade all'interno di un'area caratterizzata da un fattore di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale (PGA) pari a 1.3.



#### Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 FPGA = 1.3

Zone di attenzione per instabilità

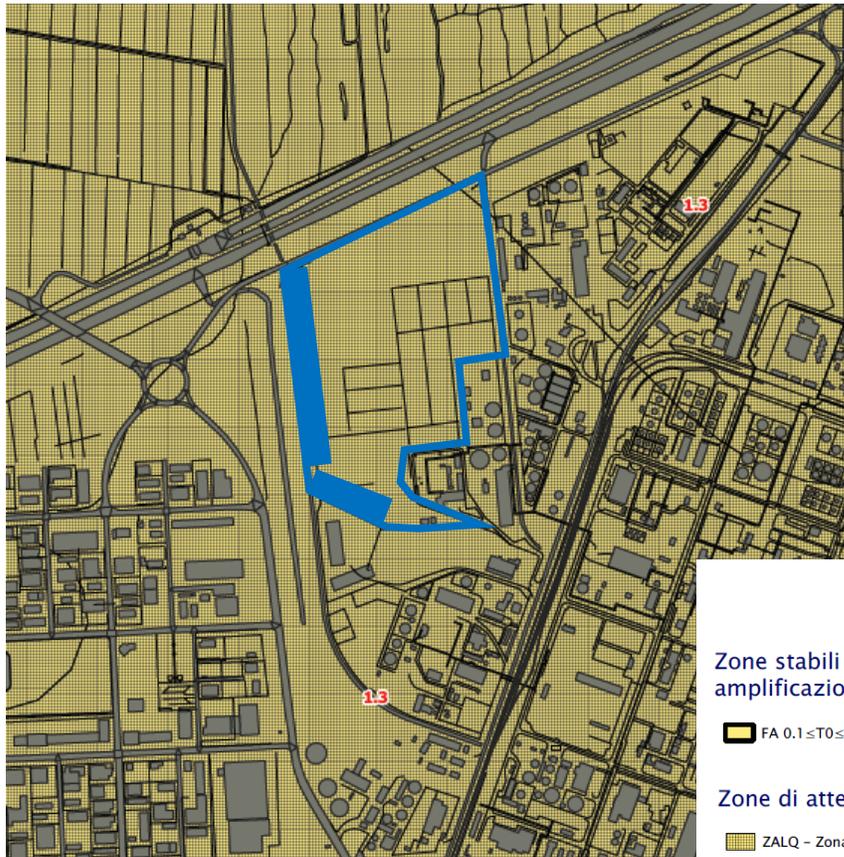
 ZALQ - Zona di attenzione per liquefazione - FPGA = 1.3

Figura 20: Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione-FPGA” con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>39</b> di <b>47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.7 Carta dei fattori di amplificazione – SA1

Nella “Carta dei fattori di amplificazione – SA1” il Sito ricade all’interno di un’area caratterizzata da un fattore di amplificazione SA1 ( $0.1s < T0 < 0.5s$ ) pari a 1.3.



#### Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 FA  $0.1 \leq T0 \leq 0.5$  s (SA1) = 1.3

Zone di attenzione per instabilità

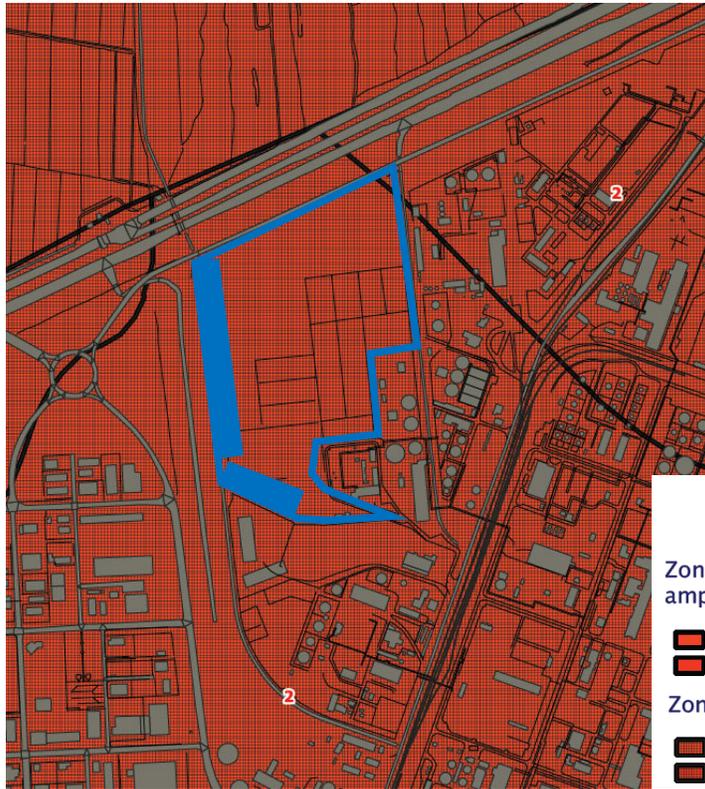
 ZALQ - Zona di attenzione per liquefazione - FA  $0.1 \leq T0 \leq 0.5$  s (SA1) = 1.3

Figura 21: Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione-SA1” con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>40di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.8 Carta dei fattori di amplificazione – SA2

Nella “Carta dei fattori di amplificazione – SA2” il Sito ricade all’interno di un’area caratterizzata da un fattore di amplificazione SA2 ( $0.4s < T0 < 0.8s$ ) pari a 2.0.



#### Legenda

**Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

-  FA  $0.4 \leq T0 \leq 0.8$  s (SA2) = 2.0
-  FA  $0.4 \leq T0 \leq 0.8$  s (SA2) = 2.1

**Zone di attenzione per instabilità**

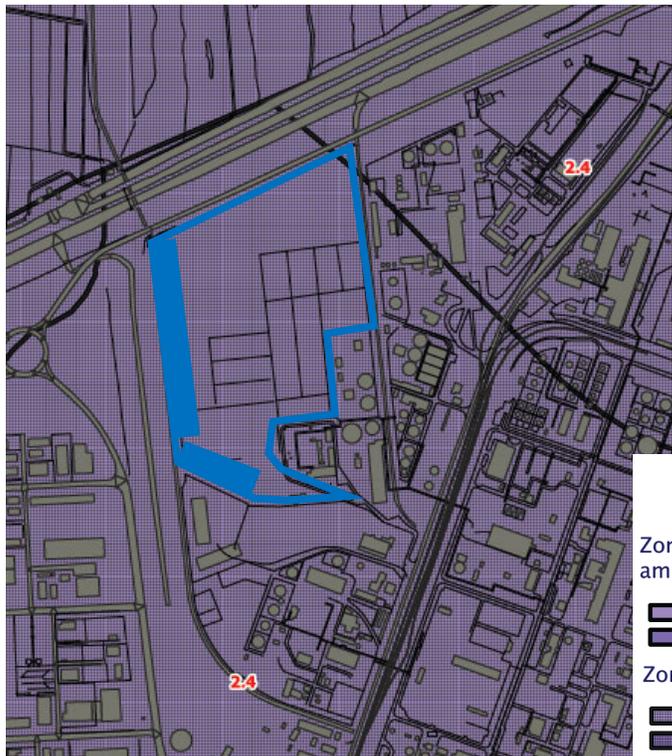
-  ZALQ - Zona di attenzione per liquefazione - FA  $0.4 \leq T0 \leq 0.8$  s (SA2) = 2.0
-  ZALQ - Zona di attenzione per liquefazione - FA  $0.4 \leq T0 \leq 0.8$  s (SA2) = 2.1

Figura 22: Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione-SA2” con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>41di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

#### 4.5.9 Carta dei fattori di amplificazione – SA3

Nella “Carta dei fattori di amplificazione – SA3” il Sito ricade all'interno di un'area caratterizzata da un fattore di amplificazione SA3 ( $0.7s < T0 < 1.1s$ ) pari a 2.4.



#### Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  FA  $0.7 \leq T0 \leq 1.1$  s (SA3) = 2.4
-  FA  $0.7 \leq T0 \leq 1.1$  s (SA3) = 2.5

Zone di attenzione per instabilità

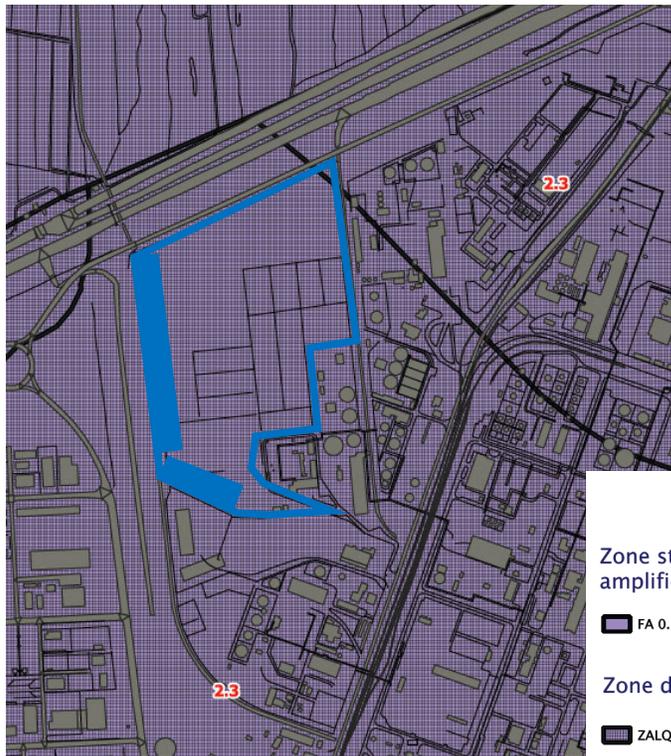
-  ZALQ - Zona di attenzione per liquefazione - FA  $0.7 \leq T0 \leq 1.1$  s (SA3) = 2.4
-  ZALQ - Zona di attenzione per liquefazione - FA  $0.7 \leq T0 \leq 1.1$  s (SA3) = 2.5

Figura 23: Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione-SA3” con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>42di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.10 Carta dei fattori di amplificazione – SA4

Nella “Carta dei fattori di amplificazione – SA4” il Sito ricade all'interno di un'area caratterizzata da un fattore di amplificazione SA4 ( $0.5s < T0 < 1.5s$ ) pari a 2.3.



#### Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 FA  $0.5 \leq T0 \leq 1.5$  s (SA4) = 2.3 - 2.4

Zone di attenzione per instabilità

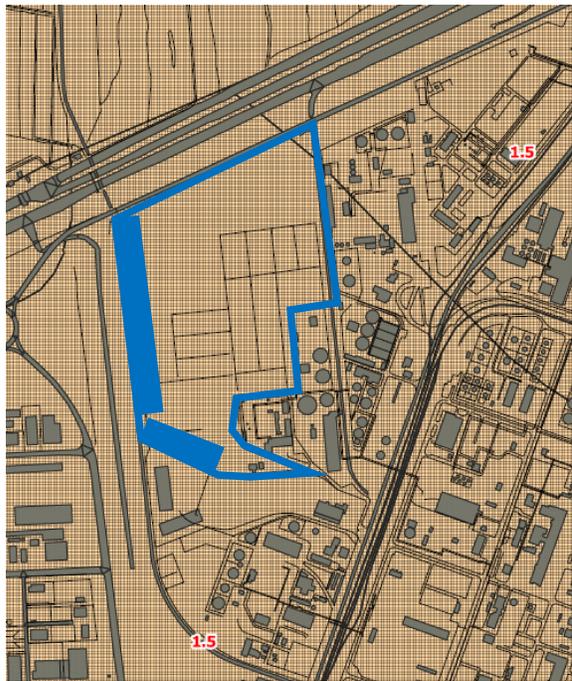
 ZALQ - Zona di attenzione per liquefazione - FA  $0.5 \leq T0 \leq 1.5$  s (SA4) = 2.3 - 2.4

Figura 24: Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione-SA4” con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>43di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.11 Carta dei fattori di amplificazione – SI1

Nella “Carta dei fattori di amplificazione – SI1” il Sito ricade all’interno di un’area caratterizzata da un fattore di amplificazione SI1 ( $0.1s < T0 < 0.5s$ ) pari a 1.5.



#### Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 FHa  $0.1 \leq T0 \leq 0.5$  s (SI1) = 1.5

Zone di attenzione per instabilità

 ZALQ – Zona di attenzione per liquefazione – FHa  $0.1 \leq T0 \leq 0.5$  s (SI1) = 1.5

Figura 25: Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione-SI1” con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>44di47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

#### 4.5.12 Carta dei fattori di amplificazione – SI2

Nella “Carta dei fattori di amplificazione – SI2” il Sito ricade all’interno di un’area caratterizzata da un fattore di amplificazione SI1 ( $0.5s < T0 < 1.0s$ ) pari a 2.2.



#### Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- FHa  $0.5 \leq T0 \leq 1.0$  s (SI2) = 2.2
- FHa  $0.5 \leq T0 \leq 1.0$  s (SI2) = 2.3

Zone di attenzione per instabilità

- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazione – FHa  $0.5 \leq T0 \leq 1.0$  s (SI2) = 2.2
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazione – FHa  $0.5 \leq T0 \leq 1.0$  s (SI2) = 2.3

Figura 26: Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione-SI2” con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>45di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

#### 4.5.13 Carta dei fattori di amplificazione – S13

Nella “Carta dei fattori di amplificazione” il Sito ricade all’interno di un’area caratterizzata da un fattore di amplificazione S13 ( $0.5s < T_0 < 1.5s$ ) pari a 2.4.

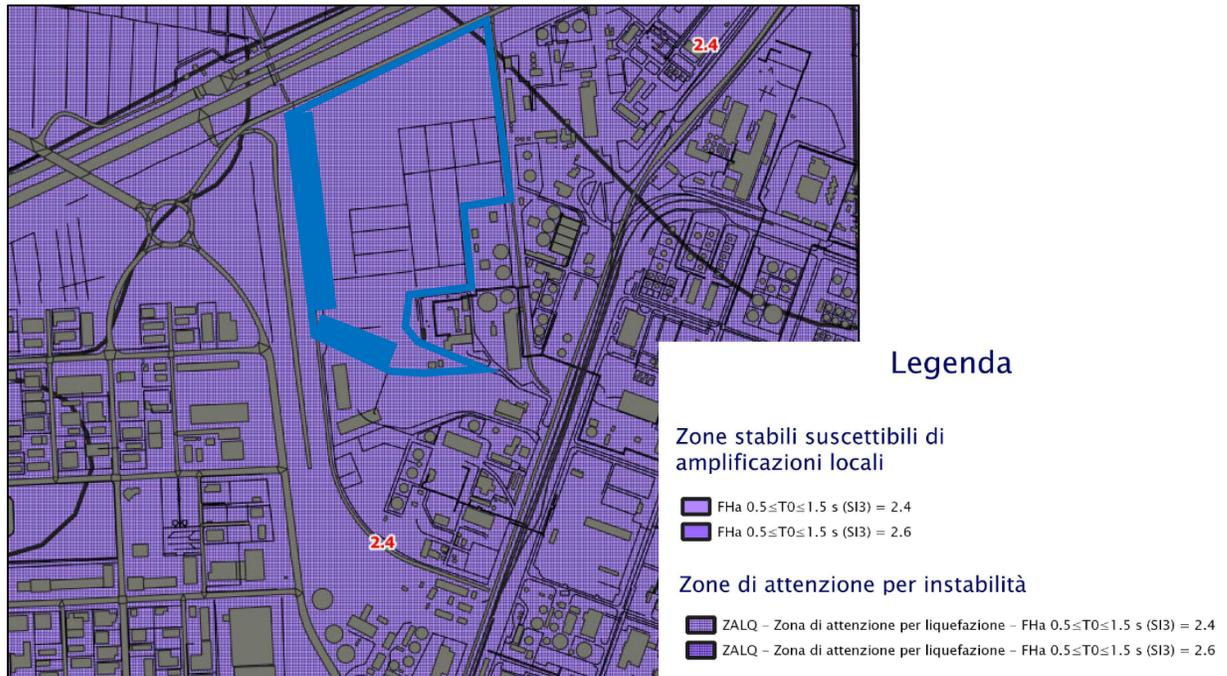


Figura 27: Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione-S13” con indicazione dell’area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I	
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>46di47</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>		

#### 4.5.14 Carta Hms

L'adeguamento della cartografia alla normativa D.G.R. n. 476 del 12/04/2021 ha previsto la redazione della carta Hms che rappresenta la distribuzione sul territorio dello scuotimento atteso al sito in valore assoluto in accelerazione ( $\text{cm/s}^2$ ).

Nella "Carta Hms" il Sito ricade all'interno della zona di attenzione per instabilità denominata "ZALQ – Zona di attenzione per liquefazione – Hms" caratterizzata da valori di accelerazione compresi tra 400 e 500  $\text{cm/s}^2$ .

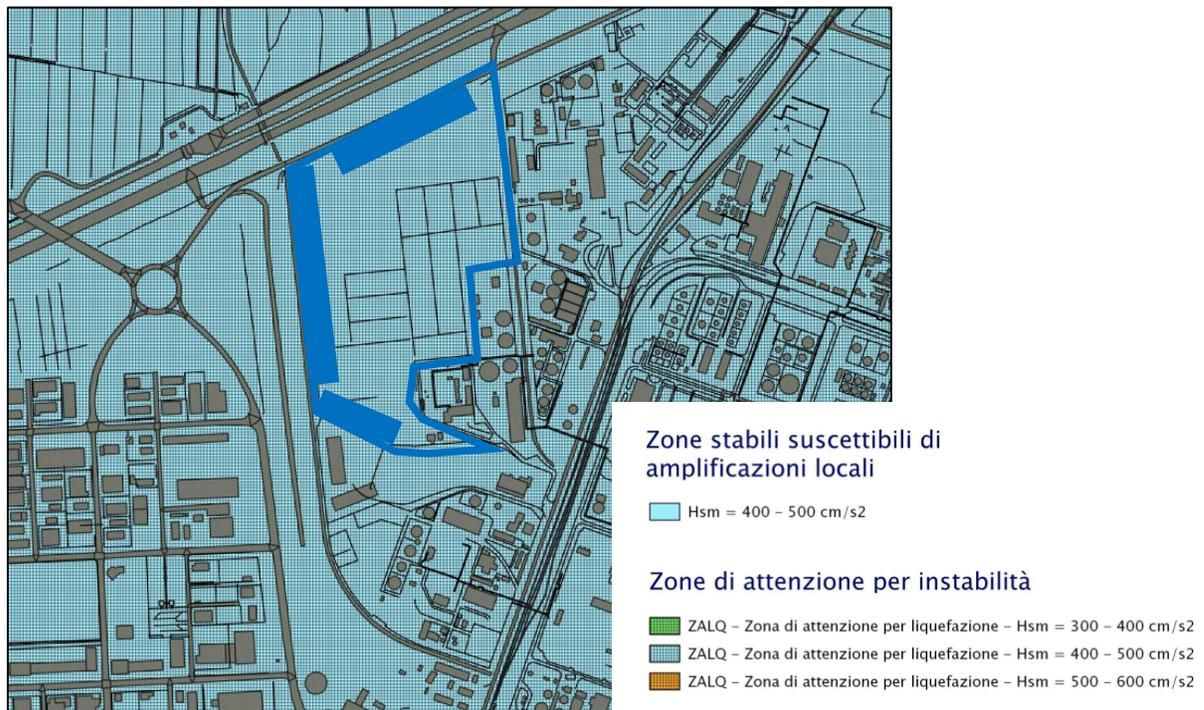


Figura 28: Stralcio della "Carta Hms" con indicazione dell'area di Ponticelle (12. Area industriale) e delle opere PUA in progetto

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6295</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>47</b> di <b>47</b>
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>01</b>	

¶

ANNESSO 1: -Relazioni geologiche redatte a supporto del PUA¶

ANNESSO 2: Indagini geognostiche in area FORSU: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU (con prove dissipazione), Indagine georadar Prove sismiche in sito MASW e HVSr. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, marzo-aprile 2018)¶

ANNESSO 3: Indagini geognostiche: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU (con prove

¶

dissipazione), Indagine georadar Prove sismiche in sito MASW e HVSr. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, giugno-agosto 2018) ..... → ..... ¶

ANNESSO 4: Sezioni geologiche interpretative ..... → ..... ¶

ANNESSO 5: Stima del potenziale di liquefazione: risultati delle elaborazioni eseguite con il software Liquiter (GeoStru) ..... → ..... ¶