

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 1 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

**REGIONI:  
TOSCANA – EMILIA-ROMAGNA**

**METANODOTTO SESTINO – MINERBIO  
DN 1200 (48”), DP 75 bar**

**6° TRONCO: FORLI’ - RAVENNA**

**REALIZZAZIONE MICROTUNNEL  
Loc. Fiume Ronco**

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

4	Aggiornamento Emissione per appalto	V.QUARTARONE M.SCARAPAZZI	M. AGOSTINI F. CULTRERA	P. RUSSO G.BRIA	10/08/23
3	Emissione per Appalto	V. QUARTARONE M. SCARAPAZZI	F. CULTRERA M. AGOSTINI	P. RUSSO G. BRIA	01/06/2023
2	Revisionato per aggiornamento a NTC 2008	G.VECCHIO A.M. CARUSO	F. FERRINI	P. IORIO L.ROSSINI	30/11/10
1	Modificato secondo richieste dell'Ente di competenza	G.VECCHIO	F. FERRINI	P. IORIO L.ROSSINI	15/03/10
0	Emissione per Informazione	F.URBANI	F. FERRINI	P. IORIO L.ROSSINI	16/05/08
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato/ Autorizzato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 2 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>4</b>
1.1	INTRODUZIONE	4
1.2	ELABORATI GRAFICI DI RIFERIMENTO	5
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
<b>2</b>	<b>UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA</b>	<b>6</b>
2.1	RIFERIMENTI DELL'AREA NEI DISEGNI PROGETTUALI	6
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</b>	<b>7</b>
3.1	CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	7
3.2	FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI LUNGO LE AREE DI INTERESSE	7
<b>4</b>	<b>IDROGEOLOGIA</b>	<b>9</b>
4.1	CARATTERISTICHE PIEZOMETRICHE DELL'AREA DI PROGETTO	11
<b>5</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO</b>	<b>12</b>
5.1	INTERFERENZE DELL'OPERA IN PROGETTO CON AREE A PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA (P.A.I.)	12
5.2	IFFI (INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA)	15
5.3	INTERFERENZE CON DISSESTI RILEVATI IN CAMPO	15
<b>6</b>	<b>SISMICITÀ</b>	<b>16</b>
6.1	SISMICITÀ STORICA	16
6.2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	18
6.3	ZONAZIONE SIMOGENETICA	21
6.4	FAGLIAZIONE ATTIVA E CAPACE	24
6.4.1	Database D.I.S.S.	24
6.4.2	Database I.T.H.A.CA.	26
<b>7</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA</b>	<b>27</b>
7.1	MODELLO GEOLOGICO	33
7.2	INTERPRETAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	33
7.2.1	Prove penetrometriche (SPT)	33

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 3 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

7.2.2	Prove di Laboratorio	34
7.2.3	Tomografie elettriche	35
7.3	MODELLO LITOTECNICO	36
<b>8</b>	<b>GEOMETRIA E MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO</b>	<b>38</b>
8.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	38
8.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI LAVORAZIONE	38
8.2.1	Preparazione aree di cantiere	38
8.2.2	Postazione di partenza ed installazione delle apparecchiature	39
8.2.3	Elementi tubolari in c.a.	39
8.2.4	Esecuzione del Microtunnel	39
8.2.5	Controlli	40
8.2.6	Esecuzione postazione di uscita	40
8.2.7	Posizionamento del metanodotto nel Microtunnel	40
8.2.8	Riempimento intercapedine tra gli elementi del Microtunnel ed il terreno	40
8.2.9	Intasamento del Microtunnel	41
8.2.10	Ripristino delle aree di cantiere e demolizione delle opere in c.a.	41
8.2.11	Descrizione dei mezzi d'opera	41
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>43</b>
<b>10</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b>	<b>45</b>
<b>11</b>	<b>ANNESI</b>	<b>46</b>

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 4 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 Introduzione

Nell’ambito della progettazione del metanodotto “Sestino-Minerbio DN 1200 (48”), DP 75 bar”, all’interno del territorio comunale di Ravenna (RA), è stata prevista la realizzazione di un microtunnel (Figura 1-A), avente una lunghezza planimetrica complessiva pari a 400.74 m, al fine di attraversare il corso del Fiume Ronco.

Lo scopo del presente documento è la ricostruzione dei caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell’area interessata dalla trenchless in progetto. A tale fine sono stati effettuati dei sopralluoghi e dei rilievi mirati che, unitamente alle informazioni di carattere bibliografico reperite e a seguito delle risultanze delle indagini geognostiche eseguite, hanno consentito di definire le caratteristiche litotecniche dei terreni entro cui l’opera si inserisce.

Il presente documento è redatto in conformità all’art. 41 del D.P.R. 328/2001 ed a quanto prescritto dall’ Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni, D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, e C.S.L.L.P.P. Circolare 21 gennaio 2019 N. 7, nonché in riferimento alle Raccomandazioni per la redazione della “Relazione Geologica” del Consiglio Nazionale dei Geologi (2015).



Figura 1-A: Ubicazione del sito progettuale

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 5 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 1.2 Elaborati grafici di riferimento

Allegati:

- 22358-10-LB-19E-81641: Microtunnel Fiume Ronco;
- 22358-10-LB-15E-81600: 6° Tronco Forli-Ravenna (Planimetria Catastale Meccanizzata).

Annessi:

- Annesso 1 – Stratigrafie sondaggi e foto cassette catalogatrici
- Annesso 2 – Certificati di laboratorio
- Annesso 3 – Prova ERT
- Annesso 4 – Prove Lefranc
- Annesso 5 – Sezione geologica

## 1.3 Normative di riferimento

La normativa vigente in materia cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la redazione del presente documento è la seguente.

Decreto Ministeriale 17/04/2008: Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8.

D.M. 23/02/1971 n. 2445 aggiornato con D.M. 04/04/2014: Norme tecniche per gli attraversamenti e i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto.

Piano di Assetto Idrogeologico P.A.I. (<https://idrogeo.isprambiente.it>)

Legge nr. 64 del 02/02/1974 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

D.M. LL.PP. del 11/03/1988 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. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996.

Circolare Ministero LL.PP. 10 aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996.

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 gennaio 2018) e circolari applicative emesse successivamente. Circolare 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica» e ss.mm.ii.

Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988 che prevede l'obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, alle verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono.

A.G.I. 1977 «Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche».

Specifiche Snam Rete Gas e documentazione contrattuale.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 6 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 2 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Il microtunnel previsto, di lunghezza planimetrica circa di 400 metri, si sviluppa lungo una direttrice circa SE-NO, lungo un'area pianeggiante, perpendicolarmente al Fiume Ronco (Figura 2-A). Il sito interessato dalla realizzazione dell'opera può essere individuato considerando la seguente coppia di coordinate geografiche: 44°18'10.05"N, 12° 6'46.33"E.

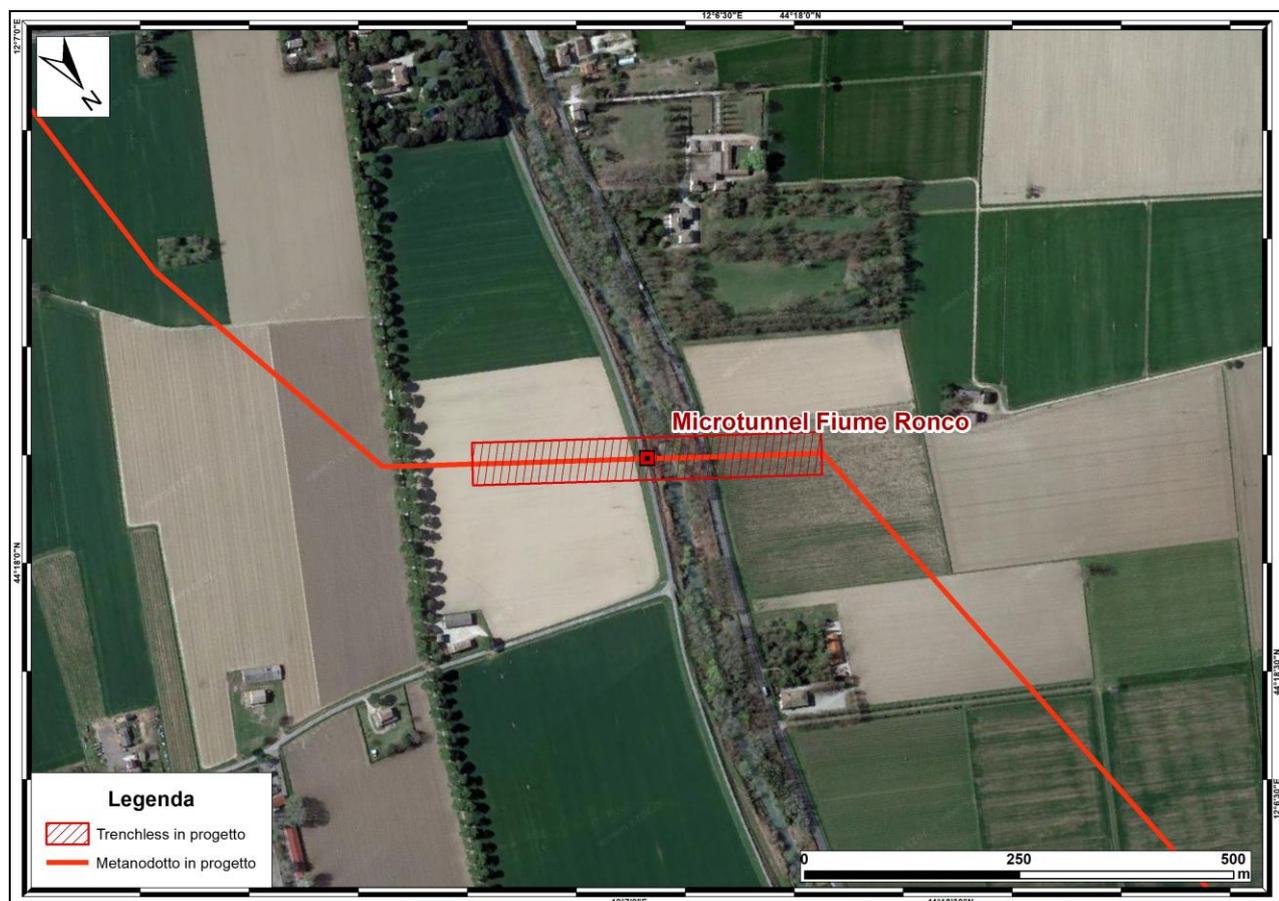


Figura 2-A: Area in cui è prevista la realizzazione dell'opera

### 2.1 Riferimenti dell'area nei disegni progettuali

L'area in esame ricade all'interno del 6° Tronco Forlì-Ravenna del metanodotto in progetto (Planimetria Catastale Meccanizzata Disegno 22358-10-LB-15E-81600). In particolare, il microtunnel è localizzato tra i vertici P117 e V126 della planimetria (Dis. 22358-10-LB-19E-81641) e ha uno sviluppo tra punto di intestazione e punto di arrivo della trivellazione di circa 400.74 metri.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 7 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

#### 3.1 Caratteri geologici e geomorfologici

Dal punto di vista geologico-regionale, l'area interessata dall'attraversamento in oggetto risulta ubicata nel settore più orientale della Pianura Padana, in cui affiorano depositi alluvionali di età olocenica, costituiti da argille, sabbie e ghiaie variamente alternate tra loro, per uno spessore che raggiunge le varie centinaia di metri, che sono il risultato dell'attività deposizionale del Po, dei suoi affluenti meridionali, del Reno e dell'intensa rete di fiumi emiliano-romagnoli.

La Pianura Padana costituisce il riempimento sedimentario dell'avanfossa dell'attuale orogene appenninico, il cui substrato è costituito dalle falde tettoniche che formano la parte sepolta della catena. Le successioni padane post – tortoniane sono costituite da numerose formazioni, spesso di tipo torbiditico, riferibili ad un ambiente di avanfossa piuttosto profonda. È solo dal Pleistocene medio che subentra una deposizione costiera e continentale (Formazione di Ravenna o Sabbie Gialle e Supersistema Emiliano – Romagnolo) che testimonia il rapido colmamento dell'avanfossa.

Tale settore risulta delimitato a sud dall'Appennino Romagnolo, costituito da una catena a falde formata dal corrugamento di prismi di rocce sedimentarie, depositi nel paleo-oceano ligure-piemontese e sul margine continentale della microplacca dell'Adria, durante la collisione tra la placca africana e quella europea. Il settore dell'Appennino Romagnolo è separato da quello Emiliano dal sistema strutturale della Valle del Sillaro.

Il panorama morfologico della zona d'interesse si inquadra nella valle fluviale del fiume Ronco, che da sud-ovest direziona il suo corso gradualmente verso nord-est, unendosi con il fiume Montone e andando a formare il corso dei Fiumi Uniti, prima di sfociare nel Mar Adriatico. La quota altimetrica è costante e si aggira intorno ai 12.00 m slm, i salti morfologici maggiormente significativi si hanno in corrispondenza delle arginature dei corsi d'acqua principali o dei terrapieni presenti in prossimità di attraversamenti infrastrutturali.

Il reticolo secondario è costituito da fossi e canali provenienti dalle aree collinari laterali che trasversalmente si gettano nell'asta principale.

#### 3.2 Formazioni geologiche affioranti lungo le aree di interesse

Lo studio dei caratteri geologici lungo l'area interessata dalla trenchless è stato realizzato a partire dai dati disponibili in letteratura:

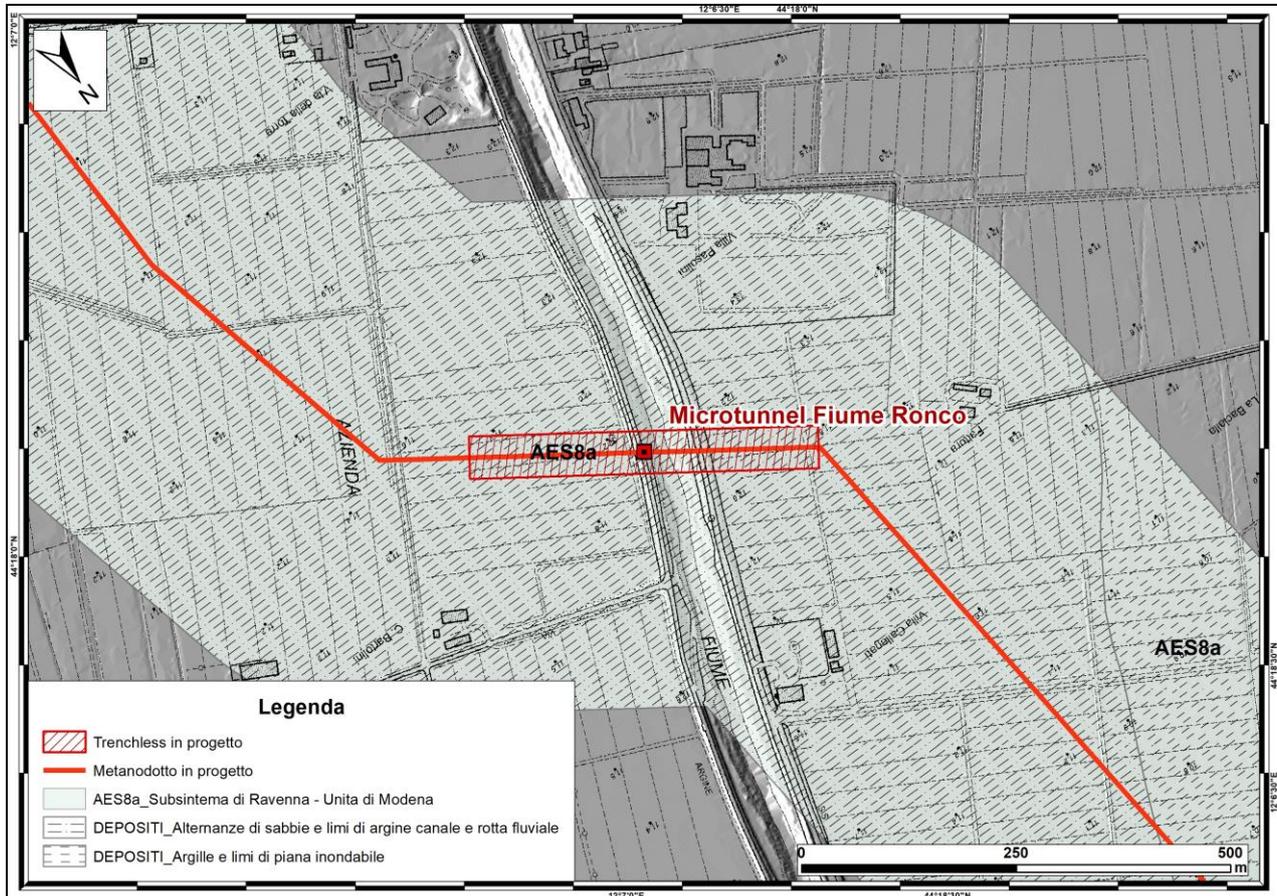
- Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG)  
Link:<http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/emilia.html>
- Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna)  
Link:<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis>

La consultazione della cartografia di cui sopra ha consentito di determinare le interferenze planimetriche dell'opera in progetto con le seguenti formazioni geologiche (Figure 3-A):

- Subsistema di Ravenna - Unità di Modena (AES8a): ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale (Olocene).

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 8 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15



**Figure 3-A: Stralcio della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:10.000**

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 9 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

#### 4 IDROGEOLOGIA

La pianura emiliano-romagnola costituisce la porzione meridionale della pianura padano-veneta, la più grande pianura alluvionale italiana.

La circolazione idrica nella Pianura Padana avviene all'interno di due ambiti idrogeologici differenti: le conoidi alluvionali appenniniche e la pianura alluvionale, a sua volta suddivisa in appenninica e deltizia padana (non interferita dal metanodotto in progetto), che identificano altrettanti complessi idrogeologici:

##### Complesso idrogeologico delle conoidi alluvionali appenniniche

Tale complesso è formato dai sedimenti che i fiumi depositano all'uscita dalla valle, dove il corso d'acqua non è più confinato lateralmente e vi è una brusca diminuzione della pendenza topografica. I sedimenti si suddividono in conoidi prossimali e conoidi distali: le prime si depositano nella porzione di territorio sotteso dal margine appenninico, dove prevalgono le ghiaie grossolane, mentre le seconde sono esclusivamente presenti nelle zone più distanti, in cui aumenta la presenza di depositi fini, i quali si alternano a quelli ghiaiosi (qui sepolti), in corpi tabulari molto estesi. Le conoidi prossimali sono sede di un esteso acquifero freatico, ricaricato direttamente dalle acque superficiali dei fiumi e dalle piogge, mentre le conoidi distali sono sede di un sistema acquifero multistrato caratterizzato dall'alternanza di acquiferi confinati/semi confinati e acquicludi/acquitardi in relazione alla granulometria dei depositi che li ospitano. Il complesso idrogeologico delle conoidi alluvionali appenniniche, sia prossimali che distali, è suddiviso a sua volta in conoidi maggiori, intermedie, minori e conoidi pedemontane.

##### Complesso idrogeologico della pianura alluvionale appenninica

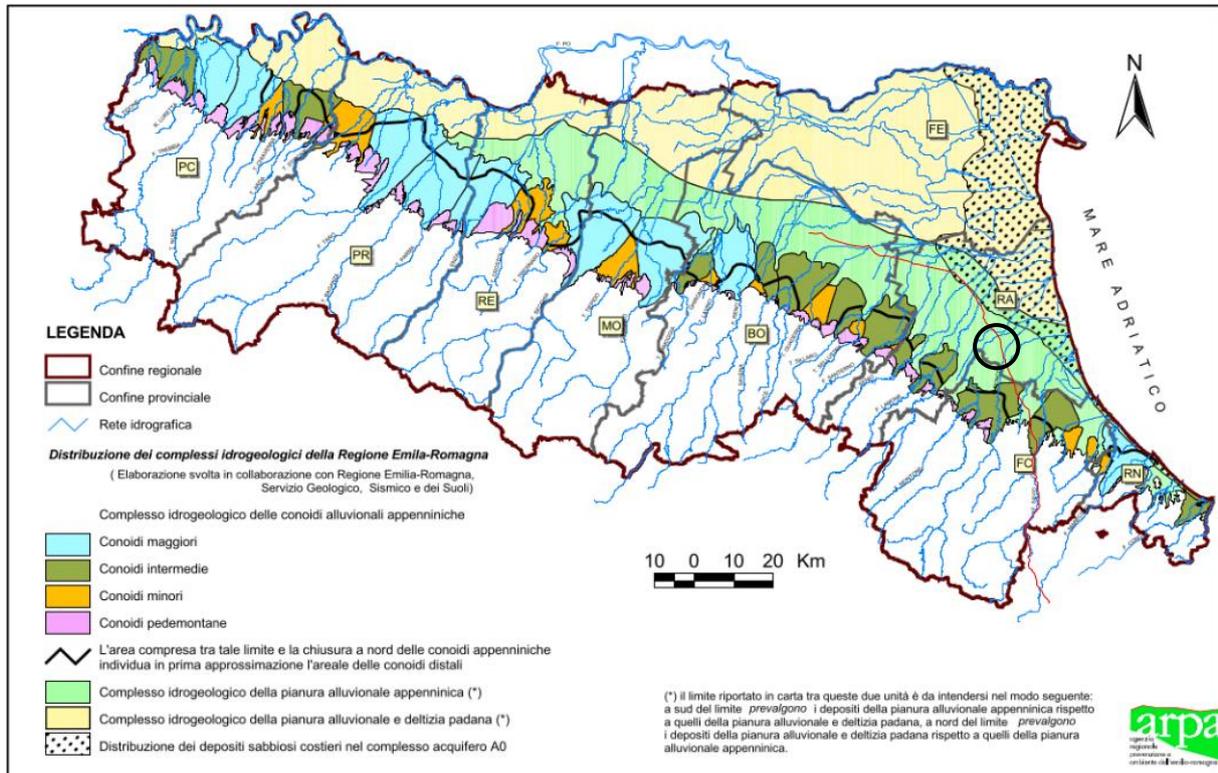
La pianura alluvionale appenninica costituisce la fascia di transizione tra i depositi di conoide alluvionale e l'antistante porzione di piana alluvionale e deltizia padana. Tale complesso è formato prevalentemente da sedimenti fini trasportati dai fiumi appenninici a distanze maggiori, costituiti da alternanze di limi più o meno argillosi, argille, sabbie e sabbie limose; tale complesso inizia laddove i corpi ghiaiosi si chiudono e passano lateralmente a sabbie, presenti come singoli corpi nastriformi di pochi metri di spessore. Questi rappresentano i depositi di riempimento di canale e di argine prossimale. La ricarica dei corpi sabbiosi è limitata alle aree di affioramento delle conoidi, determinando acquiferi solitamente poco produttivi.

Tale complesso, che in corrispondenza dei depositi più grossolani ospita l'acquifero freatico di pianura, è costituito da alternanze di livelli sabbiosi, limosi e argillosi derivanti da depositi di canale fluviale, argine e pianura inondabile in diretto contatto con i corsi d'acqua superficiali e con gli ecosistemi che da esse dipendono, oltre che con tutte le attività antropiche. Si tratta di un acquifero discontinuo, delimitato lateralmente dalla presenza degli acquitardi/acquicludi ospitati nei depositi più fini. La base di tale acquifero è formata da livelli argillosi ricchi in sostanza organica. Data l'elevata frammentazione e lo spessore modesto (nell'ordine dei 10 m), l'acquifero freatico di pianura riveste un ruolo molto marginale per quanto concerne la gestione della risorsa a scala regionale. È invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici.

Nella Figura 4-A è rappresentata la distribuzione dei complessi idrogeologici della Regione Emilia-Romagna.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 10 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15



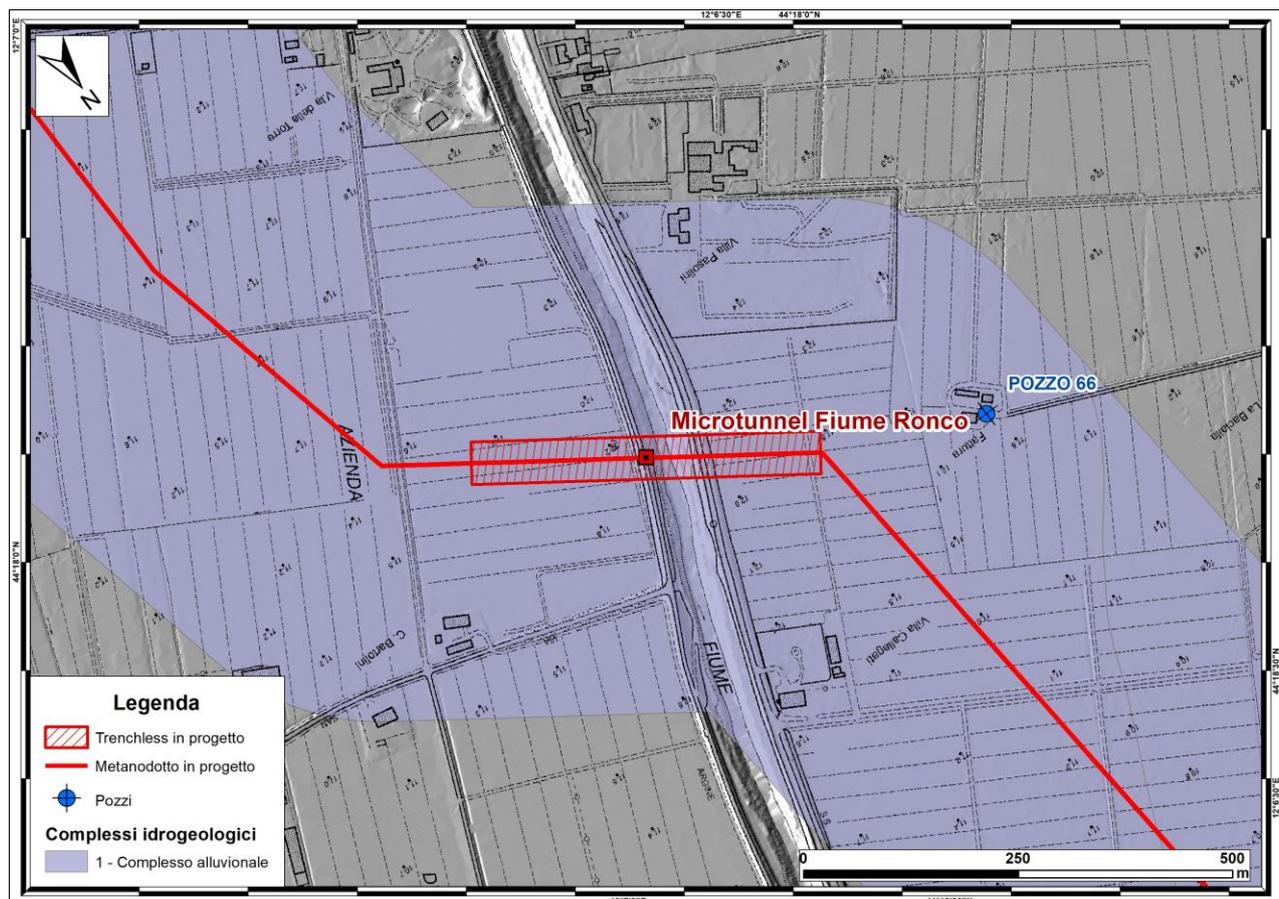
**Figura 4-A: Distribuzione dei complessi idrogeologici della Regione Emilia-Romagna (PTA dell'Emilia-Romagna)**

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 11 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

#### 4.1 Caratteristiche piezometriche dell'area di progetto

Nel caso in studio, la trenchless in progetto ricade nella zona di pianura dei bacini interregionali del Fiume Reno, all'interno del Complesso Idrogeologico della pianura alluvionale appenninica (Figura 4-B).



**Figura 4-B: Stralcio carta idrogeologica**

In sintesi, l'assetto idrogeologico locale è caratterizzato prevalentemente da una circolazione idrica sotterranea all'interno dei depositi sabbiosi che ospitano l'acquifero freatico di pianura; le terebrazioni eseguite nei mesi di marzo e luglio 2023, hanno mostrato valori di soggiacenza medi pari a 2,40 m dal p.c..

Nel settore della trenchless in progetto, l'attività di rilevamento idrogeologico, eseguito ad aprile 2023 (rif. Doc. 00-LA-E-80307), non ha evidenziato la presenza di pozzi in un'intorno di circa 50 m; la soggiacenza misurata nel corso dell'attività suddetta, in pozzi distanti 190 m dall'imbocco nord-ovest, è compresa tra 2 m e 3 m dal piano campagna.

I valori di permeabilità  $K_h$  misurati nel corso di prove a carico variabile tipo Lefranc nei terreni superficiali di natura sabbioso-limoso, sono compresi tra  $4.24 \cdot 10^{-4}$  e  $8.81 \cdot 10^{-4}$  cm/sec.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 12 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 5 ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

### 5.1 Interferenze dell’opera in progetto con aree a pericolosità idrogeologica (P.A.I.)

Il 17 febbraio 2017, con la pubblicazione nella G.U.R.I. n. 27 del 2 febbraio 2017, entra in vigore il D.M. 25 ottobre 2016 che sopprime le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali e disciplina l’attribuzione e il trasferimento del personale e delle risorse strumentali e finanziarie alle Autorità di bacino distrettuali.

L’Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli e l’Autorità di Bacino interregionale dei fiumi Marecchia-Conca confluiscono nell’Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po, mentre l’Autorità di Bacino della Regione Marche confluisce nell’Autorità di Bacino distrettuale dell’Appennino Centrale (Figura 5-A).



Figura 5-A: Perimetrazione dei nuovi Bacini distrettuali (D.M. 25 ottobre 2016)

L’area oggetto di intervento ricade nell’ambito dell’autorità di Bacino “Distretto Padano”.

#### **Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico (AdB Bacini Romagnoli)**

La versione vigente del Piano in oggetto rappresenta un testo coordinato con gli adeguamenti introdotti fino alla “Variante di coordinamento PAI-PGRA” (DGR 2112/2016), che costituisce l’ultimo aggiornamento disponibile (<https://pai.adbpo.it/index.php/piano-stralcio-rischio-idrogeologico-bacini-romagnoli/>).

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 13 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

L'autorità di bacino provvede a perimetrare e normare le aree ove il rischio sussiste (Art. 12: Aree a rischio di frana, comma 2 del testo “Normativa - testo coordinato” consultabile al link di cui sopra).

Le suddette perimetrazioni suddividono il territorio in tre zone a diverso grado di pericolosità:

- Zona 1 – corrisponde all'area dissestata, è definita come la zona a più elevata pericolosità e viene delimitata in base ai risultati delle indagini svolte;
- Zona 2 – corrisponde all'area di possibile evoluzione del dissesto;
- Zona 3 – corrisponde all'area di possibile influenza del dissesto.

Per la elaborazione della Carta della Pericolosità del Piano è stato adottato un concetto di pericolosità semplificata utilizzando come indicatori per determinare il grado di suscettibilità al dissesto di un determinato territorio, gli elementi di dissesto presenti, in atto o avvenuti in passato. La presenza di tali elementi testimonia indubbie condizioni di instabilità geomorfologica la cui gravità è stata valutata sulla base delle concentrazioni degli elementi di dissesto presenti all'interno di definite unità territoriali.

Nel PAI AdB Romagnoli vengono raggruppati quattro classi di pericolosità:

- **P1 =bassa** - Classe bassa di pericolosità per frana ( $2% < iF < 5%$ )
- **P2 =moderata** - Classe medio-bassa di pericolosità per frana ( $5% < iF < 10%$ )
- **P3 =alta** - Classe media di pericolosità per frana ( $10% < iF < 25%$ ),  
- Classe bassa di pericolosità per calanchi ( $5% < iC < 25%$ )
- **P4 =elevata** - Classe medio-alta e alta di pericolosità per frana ( $iF > 25%$ ),  
- Classe alta di pericolosità per calanchi ( $iC > 25%$ )

Per quanto concerne il P.A.I. AdB Romagnoli, si evidenzia che la trenchless in progetto non risulta interferire con alcuna area a pericolosità censita dal suddetto strumento.

Come previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D. Lgs. 49/2010, nel dicembre del 2019 le mappe della pericolosità di alluvioni sono state aggiornate e pubblicate dalle Autorità di bacino distrettuali.

In particolare, per la porzione del territorio regionale ricadente nel distretto del fiume Po, **l'aggiornamento delle mappe** di pericolosità e di rischio di alluvioni relative al secondo ciclo di pianificazione previsto dalla Direttiva 2007/60/CE **riguarda:**

- le mappe di pericolosità (aree allagabili) complessive che costituiscono quadro conoscitivo dei PAI;

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 14 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

- le mappe di rischio (R1, R2, R3, R4) complessive, elaborate ai sensi del D. Lgs n. 49/2010;
- le mappe di pericolosità e rischio (aree allagabili, tiranti, velocità, elementi esposti) nelle Aree a Rischio Potenziale Significativo (APSEFR)

Tutta la documentazione e i dati relativi agli aggiornamenti (2019 - 2020/2021 - 2021/2027) alle mappe di pericolosità complessive è consultabile e scaricabile al seguente link dell’Autorità di bacino distrettuale del fiume Po:

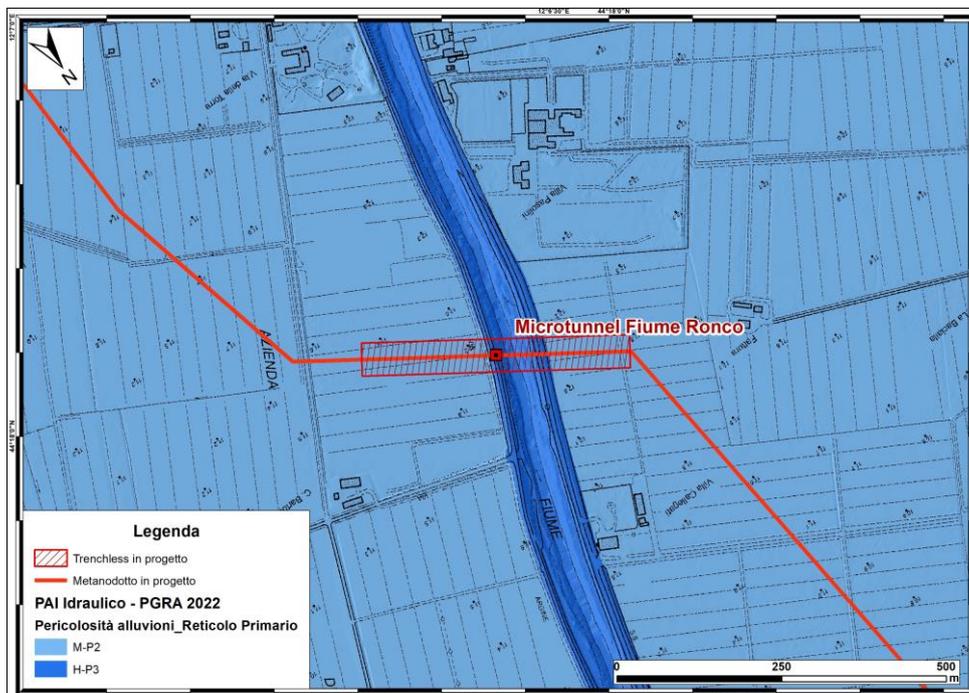
- <https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>

Sulla GU Serie Generale n.32 del 08-02-2023, sono state pubblicati i DPCM 1 dicembre 2022 di definitiva approvazione dei rispettivi primi aggiornamenti dei Piano di Gestione del Rischio da Alluvione PGRA 2021-2027.

Gli scenari di pericolosità nelle aree allagabili sono classificati come segue:

- P3: Alluvioni frequenti, tempo di ritorno tra 20 e 50 anni – elevata probabilità;
- P2: Alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità;
- P1: Alluvioni rare di estrema intensità, tempo di ritorno fino a 500 anni dall’evento – bassa probabilità.

Dalla consultazione della suddetta documentazione, si evince che l’opera in progetto interferisce per tutta la sua estensione con un’area a pericolosità P2, ad eccezione del tratto compreso tra il km 74+040 e il km 74+130, nel quale l’opera percorre un’area a pericolosità P3 (Figura 5-B).



**Figura 5-B: Stralcio della Tavola del “Piano di gestione Rischio Alluvione (P.G.R.A.) – Il ciclo”, con ubicazione dell’opera in progetto (fonte <https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>)**

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 15 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 5.2 IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)

L’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) costituisce la banca dati nazionale ufficiale sulle frane ed è realizzato dal ISPRA in collaborazione con le Regioni e Province Autonome (art. 6 comma g della L. 132/2016). L’attività di archiviazione delle informazioni sui fenomeni franosi è un’attività strategica per una corretta pianificazione territoriale, tenuto conto che gran parte delle frane si riattivano nel tempo, anche dopo lunghi periodi di quiescenza di durata pluriennale o plurisecolare. La trenchless in progetto non risulta interferire con alcuna area censita nel catalogo IFFI.

## 5.3 Interferenze con dissesti rilevati in campo

Durante i sopralluoghi eseguiti lungo le aree interessate dal metanodotto “Sestino-Minerbio”, sono stati cartografati diversi dissesti. In particolare, la trenchless in progetto non interferisce con alcuno dei suddetti fenomeni franosi individuati lungo le aree interessate dal passaggio della condotta in progetto.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 16 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 6 SISMICITÀ

L'attività sismica dell'Appennino centro – settentrionale è legata ai movimenti che hanno portato alla sua formazione. In particolare, la spinta reciproca tra i continenti africano ed eurasiatico unitamente al processo di rotazione in senso antiorario della catena appenninica proseguono. Il modello strutturale elaborato dal C.N.R. – Gruppo Finalizzato Geodinamica suddivide l'Appennino in 3 settori:

- catena esterna a carattere compressivo;
- catena principale caratterizzata da stabilità e sollevamento, zona di transizione tra movimenti compressivi e distensivi;
- catena interna a carattere distensivo.

I caratteri macrosismici del territorio di interesse, secondo questo modello, sono legati ai terremoti che nascono da meccanismi distensivi della catena interna e trascorrenti relativi alla fascia pedeappenninica.

La provincia di Ravenna interessata dal tracciato in progetto ricade in zona sismica 3. Questa classificazione si basa sull'analisi storico – statistica dei terremoti verificatesi e non entra negli specifici effetti locali legati alle diverse forme fisiche dei siti insediativi e alle caratteristiche geomorfologiche e geo-meccaniche dei terreni.

### 6.1 Sismicità storica

Il quadro della sismicità storica, relativamente alle aree interessate dalle opere, oggetto del presente elaborato, è stato definito attraverso la consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI 2015 v. 4.0, Rovida et. al. 2022, INGV), che fornisce dati parametrici sia macrosismici che strumentali, relativamente ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1005-2020.

La versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 v. 4.0 rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11, il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa fino al 2020;
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15 v. 4.0; Locati et al., 2016), significativamente aggiornato;
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati;
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5-6 e 4.5 rispettivamente);
- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algoritmo Boxer;

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 17 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

I dati reperiti testimoniano che i terremoti storici principali che hanno interessato l'area sono stati caratterizzati da una magnitudo momento ( $M_w$ ) generalmente compresa tra 4 e 6 gradi (Figura 6-A). In particolare, gli eventi a maggiore energia risultano quello del 1924 Nel Comune di Mondolfo ( $M_w = 5.48$ ) e quello del 1786 ( $M_w = 5.66$ ) nei pressi di Ghetto Tamagnino, nel Comune di Rimini. Da segnalare, inoltre, un evento di magnitudo 4.02, avvenuto nel 1931 nel Comune di Castel Colonna, in un sito a meno di 100 metri dal tracciato delle linee principali (progetto).

Una rappresentazione complessiva delle informazioni sugli effetti dei terremoti che in passato hanno colpito l'area di studio è la carta delle massime intensità osservate (espressa secondo i gradi della scala MCS), che fornisce anche una prima immagine semplificata della pericolosità sismica (Figura 6-B).

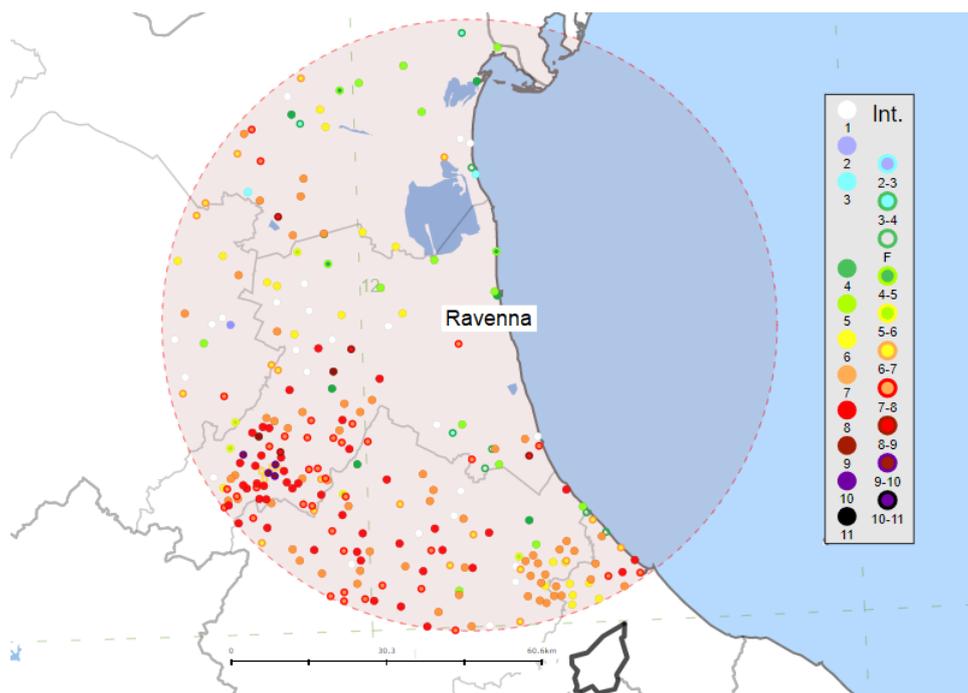
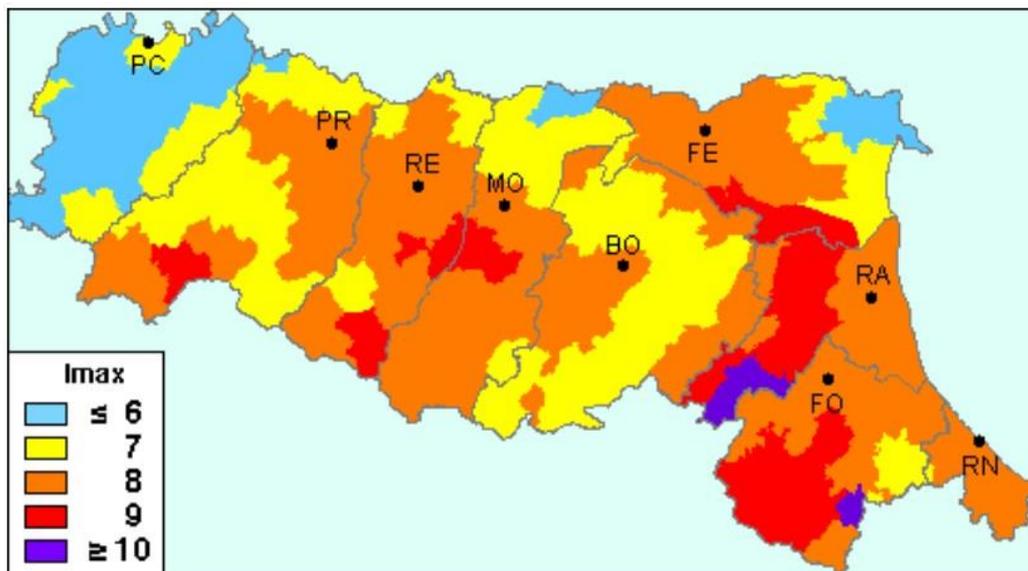


Figura 6-A: Mappa dei terremoti storici avvenuti dall'anno 1000 al 2020 in un raggio di 50 km dal Comune di Ravenna (da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 v. 4.0, Rovida et. al. 2022, INGV). <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 18 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15



**Figura 6-B: Massime intensità macrosismiche in scala MCS osservate nella Regione Emilia-Romagna (GNDT, ING, SSN).**

## 6.2 Caratterizzazione sismica

La classificazione sismica dei Comuni italiani è frutto di un complesso processo legislativo di cui sono riportate a seguire le tappe salienti.

Nel 1998 la Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi, inserisce i Comuni in una delle 3 categorie sismiche previste dal Decreto del Ministero dei Lavori pubblici del 16/01/96 (zone di I, II e III categoria, a cui corrispondevano i valori del grado di sismicità S pari a 12, 9 e 6). Il resto del territorio italiano, non incluso nelle categorie previste, è considerato non classificato (N.C.).

L’Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 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”, detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l’adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l’Edilizia”), hanno compilato l’elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall’OPCM 3274/03, è stato adottato con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all’OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 6-A), riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_s 30 > 800$  m/s secondo lo schema seguente:

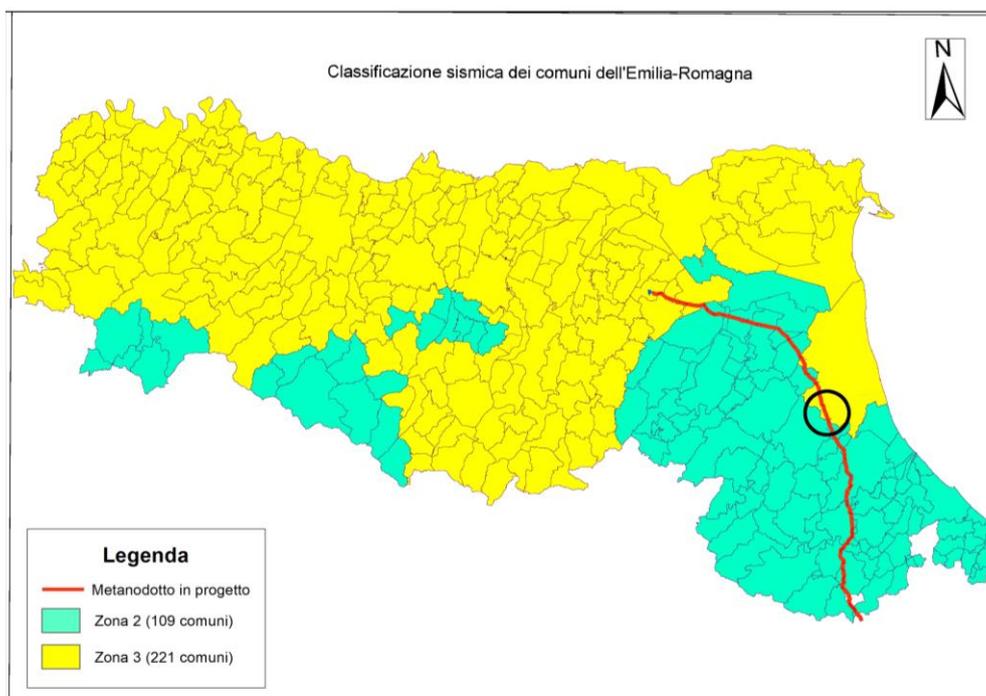
	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 19 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

ZONA	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica <b>alta</b> : indica la zona più pericolosa dove possono verificarsi forti terremoti	$ag > 0.25$
2	Zona con pericolosità sismica <b>media</b> , dove possono verificarsi forti terremoti	$0,15 < ag \leq 0,25 \text{ g}$
3	Zona con pericolosità sismica <b>bassa</b> , che può essere soggetta a scuotimenti modesti	$0,05 < ag \leq 0,15 \text{ g}$
4	Zona con pericolosità sismica <b>molto bassa</b> , dove possono verificarsi deboli terremoti con danni modesti	$\leq 0,05 \text{ g}$

**Tabella 6-A: Classificazione sismica O.P.C.M. 3519/23.**

L'atto di recepimento da parte della Regione Emilia-Romagna dell'O.P.C.M. 3519 avviene con la Deliberazione della Giunta Regionale n.146 del 06 febbraio 2023 "Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia-Romagna, che aggiorna la precedente classificazione del 2018 causa della formazione di 3 nuovi Comuni nati da altrettante fusioni e il passaggio di 2 Comuni dalla Regione Marche (PU) alla Regione Emilia-Romagna (RN). Sulla base di questa riclassificazione il territorio comunale di Ravenna (RA), su cui insiste l'area di studio, è inserito in zona sismica 3 (Figura 6-C).



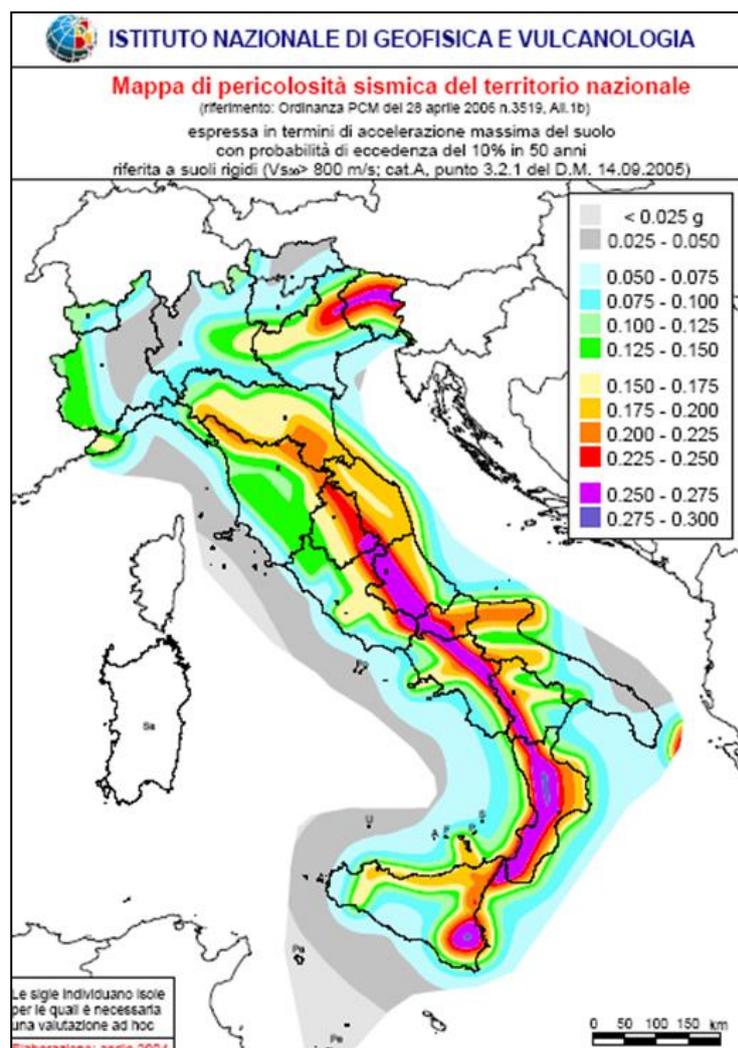
**Figura 6-C: Riclassificazione sismica della Regione Emilia-Romagna DGR 146/23; il cerchio nero indica l'area oggetto di intervento.**

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 20 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

L’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 è rimasta cogente per le opere strategiche e per le nuove costruzioni ubicate nelle zone sismiche 1 e 2 fino alla pubblicazione del più recente DM 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" (NTC2018).

Le NTC 2018 richiamano il DM 14/01/2008 (NTC 2008) considerando il concetto di “pericolosità sismica”, come uno strumento di previsione delle azioni sismiche non più vincolato dalle divisioni amministrative (comuni) e relativo ad un unico Tr, ma sulla base di mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborate dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) su base statistica e probabilistica, che costituiscono il reticolo di riferimento per la determinazione dei nuovi parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito, della classe d’uso e della vita nominale dell’opera in esame (fattori questi ultimi che, alla luce del tipo di analisi effettuata, influenzano il valore di TR). La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale è rappresentata in Figura 6-D.

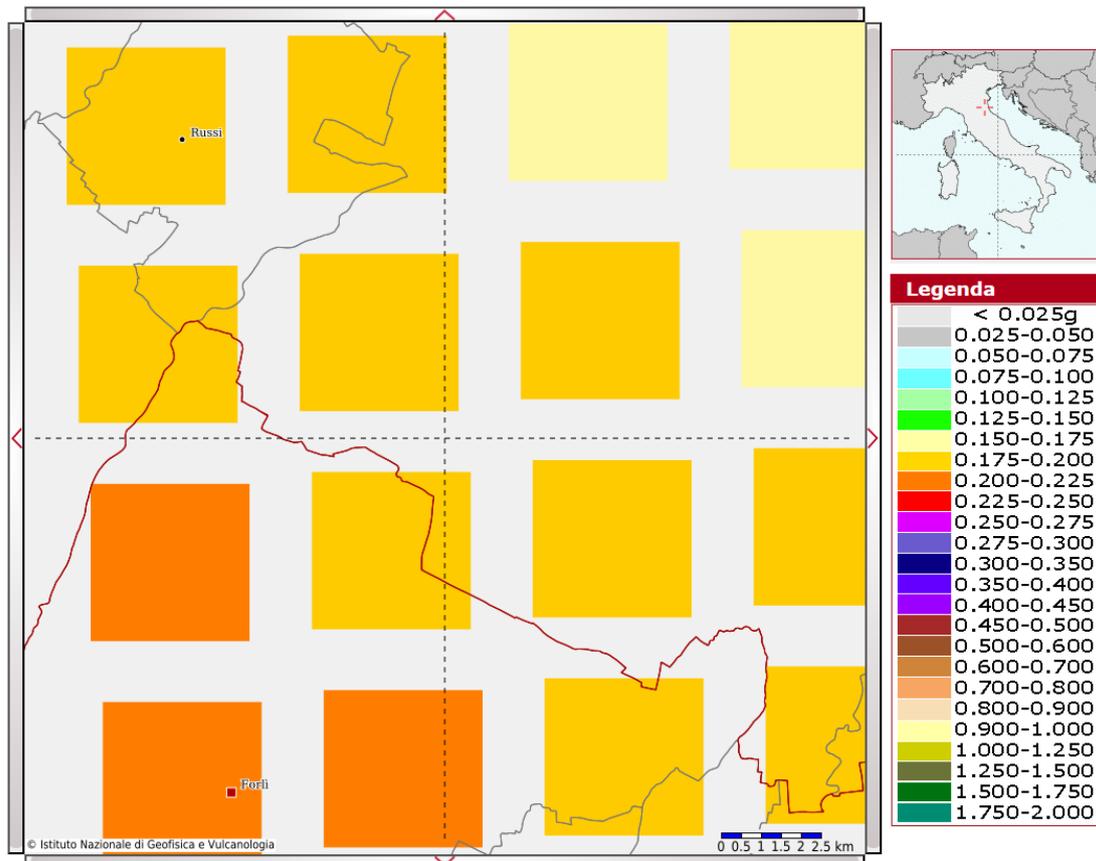


**Figura 6-D: Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).**

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 21 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

Sulla base della mappa di pericolosità sismica Figura 6-E si evince che il territorio interessato è situato in corrispondenza di una zona caratterizzata da un valore di accelerazione massima su suolo compresa tra 0.175 g e 0.200 g (per probabilità di superamento del 10% in 50 anni).



**Figura 6-E: Mappa di Pericolosità Sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR=475 anni) centrata sulla trenchless in progetto ubicata nei limiti amministrativi del Comune di Ravenna (RA)**

### 6.3 Zonazione sismogenetica

L'inquadramento macrosismico di riferimento si basa sulla zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2004). Zonazione sismogenetica ZS9 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/sh/zs9>).

La zonazione, effettuata con lo scopo di creare una base per la stima della pericolosità sismica (hazard) del territorio nazionale, si fonda su un modello sismotettonico riferibile alla correlazione dei seguenti elementi:

1. Il modello strutturale 3D della penisola italiana e dei mari adiacenti;
2. la distribuzione spaziale dei terremoti storici e attuali per le diverse classi di magnitudo;
3. il modello cinematico dell'area mediterranea centrale, riferito agli ultimi 6 milioni di anni.

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

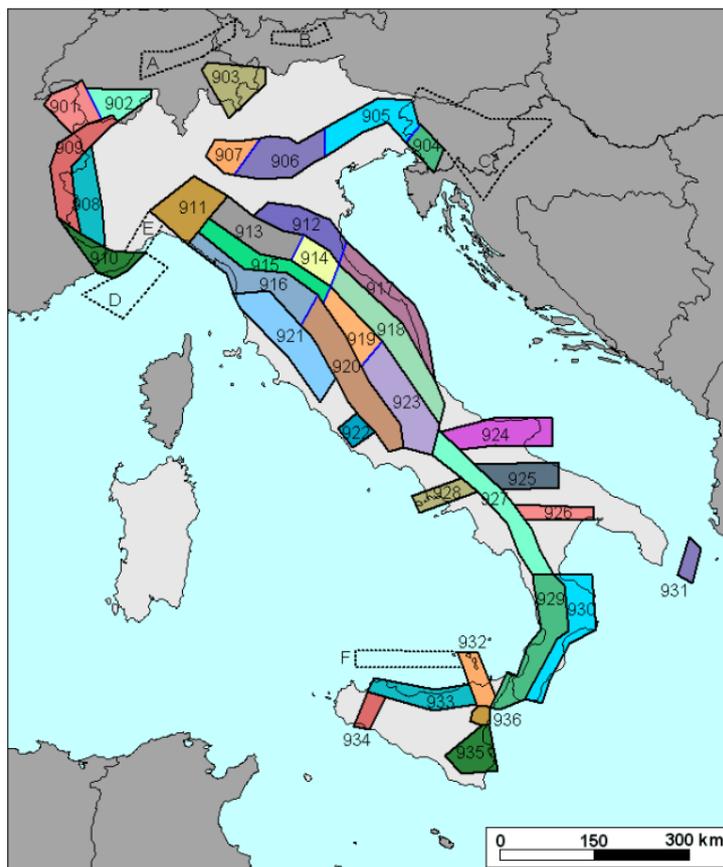
**T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A.** - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 22 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

Per zone sorgente, o sismogenetiche, si intendono quelle aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico – strutturale e soprattutto cinematico. Il nuovo modello sismogenetico usato in Italia, introdotto appositamente per la redazione della mappa di pericolosità 2004, è la cosiddetta zonazione ZS9 per la quale il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F) (Figura 6-F).

Per ogni zona sismogenetica è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente. Si è valutato, inoltre, il grado di incertezza nella definizione dei limiti delle zone.



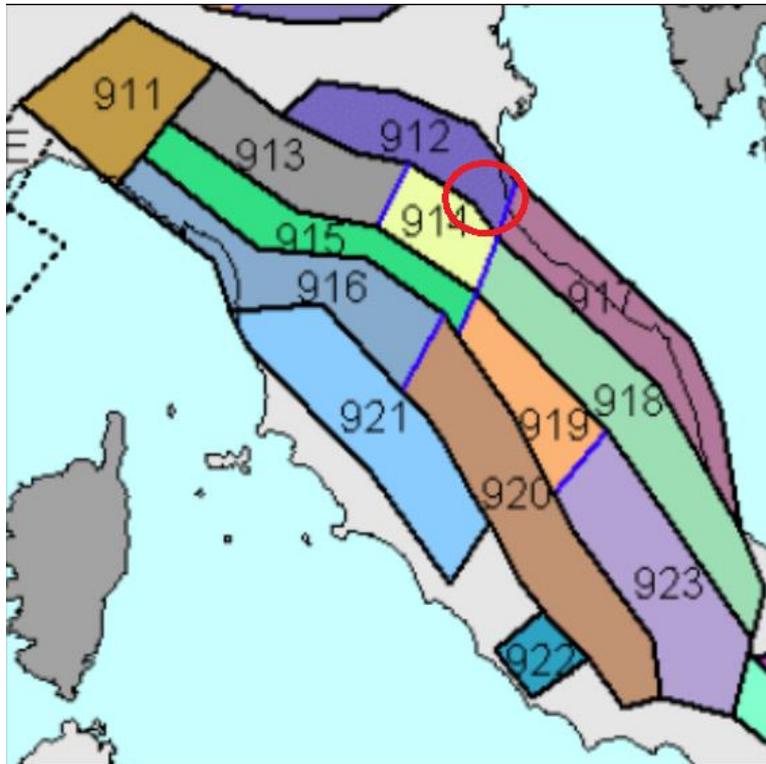
**Figura 6-F: Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).**

L’opera in studio ricade nella zona meridionale della zona sismogenetica 912 (Figura 6-G), porzione esterna della fascia in compressione dell’arco appenninico settentrionale (la fascia si chiude poco a sud di Porto S. Giorgio, laddove non si hanno più chiare evidenze di cinematica compressiva). All’interno di questo settore si osserva un regime tettonico debolmente compressivo in atto, in cui strutture compressive (prevalentemente thrust) allineate lungo la costa o a breve distanza da essa sono responsabili della sismicità.

La zona 912 è disposta longitudinalmente l’asse della catena appenninica e possiede un regime tettonico debolmente compressivo (prevalentemente thrust) allineate lungo la costa e responsabili della sismicità.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 23 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15



**Figura 6-G: Zonazione sismogenetica; il cerchio rosso indica l'area oggetto di intervento**

La Tabella che segue mostra i valori delle profondità efficaci ottenute per la zona sismogenetica 912.

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
912	180	141	54	4.6	5-8	7

Per la zona sopra descritta è stato determinato, inoltre, il meccanismo di fagliazione prevalente, ovvero quello che ha la massima probabilità di caratterizzare i futuri terremoti significativi. L'assegnazione della tipologia è stata effettuata in funzione dell'angolo di rake sulla base del seguente semplice criterio:

Meccanismo prevalente		Angolo di rake
Diretto		>225 (-135), <315 (-45)
Inverso		>45, <135
Trascorrente	sinistro	<45, >315 (-45)
	destro	>135, <225 (-135)

Nel caso della zona 912 è stato possibile assegnare un meccanismo di fagliazione inversa.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 24 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 6.4 Fagliazione attiva e capace

Le NTC 2018, prevedono inoltre che per la valutazione delle caratteristiche di sismicità della zona interessata dal progetto, bisogna porre particolare attenzione all'eventuale presenza di lineamenti geo-strutturali attivi (faglie) in corrispondenza o in prossimità delle opere da realizzare.

Quindi, a titolo informativo, si è provveduto all'identificazione degli elementi tettonico strutturali dell'area interessata dall'opera tramite la consultazione di alcuni database di cui dispone la comunità scientifica che risultano sintetizzate all'interno di due banche dati principali e che riguardano l'intero territorio nazionale:

- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV);
- Database Italy Hazard from Capable faults (ITHACA, ISPRA).

### 6.4.1 Database D.I.S.S.

Il database DISS raggruppa tutte le informazioni relative a faglie attive, pieghe attive, sorgenti sismogenetiche individuali, sorgenti sismogenetiche composite e sorgenti sismogenetiche dibattute in letteratura (DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0> (<https://diss.ingv.it/data>). Dall'analisi della suddetta banca dati si evince che il sito interessato dalla realizzazione dell'opera risulta interna alla sorgente sismogenetica ITCS 011 (Figura 6-H).

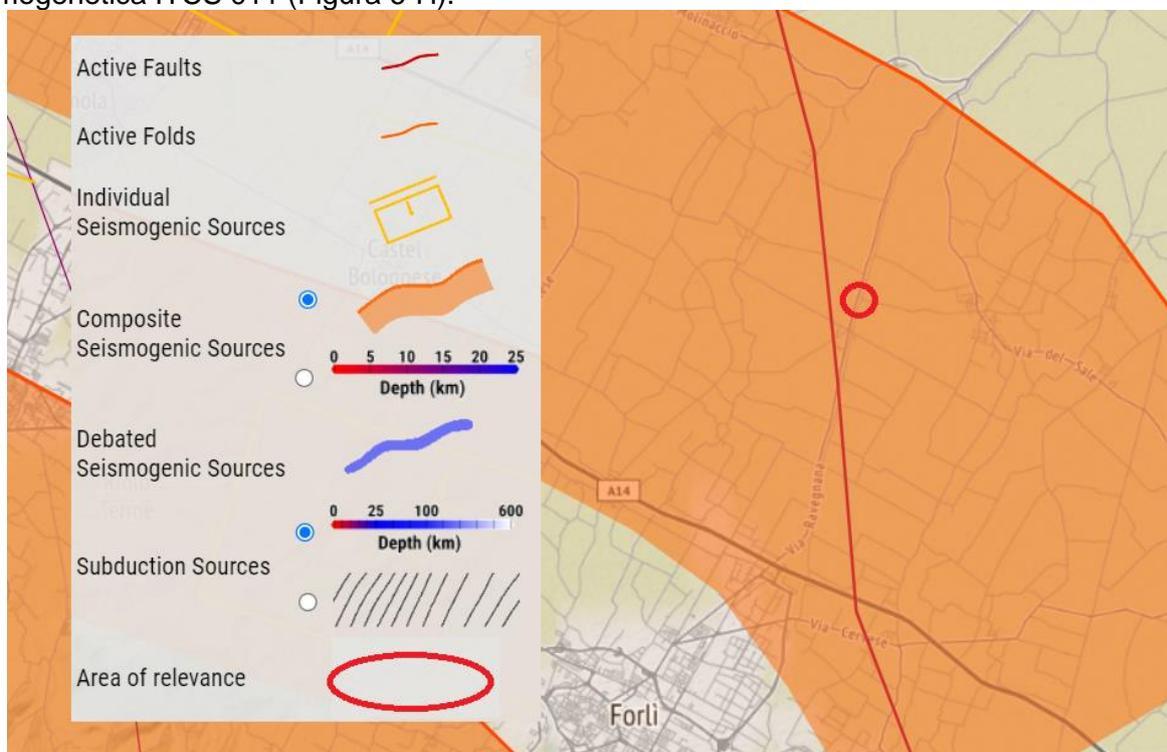


Figura 6-H: Stralcio database DISS versione 3.3.0 (2021, INGV) relativamente all'area di interesse.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 25 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

Di seguito si riportano le principali caratteristiche della sorgente sismogenetica ITCS011 denominata “Ascensione-Armaia”.

	Parameter	Quality	Evidence
<b>Min depth [km]</b>	2.0	LD	Based on geological data from various Authors.
<b>Max depth [km]</b>	10.0	LD	Based on geological data from various Authors.
<b>Strike [deg] min/max</b>	110/140	LD	Based on geological data from various Authors.
<b>Dip [deg] min/max</b>	25/45	LD	Based on geological data from various Authors.
<b>Rake [deg] min/max</b>	80/100	EJ	Inferred from regional tectonic data.
<b>SlipRate [mm/y] min/max</b>	0.1500/0.3300	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	7.0	ER	Estimated from Leonard’s (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Questa sorgente composita si trova a sinistra della bassa valle del Savio, tra le città di Ravenna (a nord-est) e Forlì (a sud), formando una parte del fronte di faglia dell'Arco di Ferrara. Questo sistema di faglie è l'arco interno che si estende verso NE nel settore nord-orientale della catena dell'Appennino settentrionale, tra la fascia pedemontana romagnola e la Pianura Padana.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una scarsa sismicità intermedia ( $4.5 < M_w < 5.0$ ) nella regione, con la notevole eccezione del terremoto dell'11 aprile 1688 ( $M_w$  5.9, Romagna) ben all'interno dell'area, e di quello del 725 d.C. ( $M_w$  5.6, Classe-Ravenna), a nord-est della regione. Si potrebbe includere anche l'evento del 10 luglio 1570 ( $M_w$  5.2, Forlì). A sud-est dell'area si è verificato l'evento dell'11 agosto 1483 ( $M_w$  5.7, Romagna Meridionale).

I dati del sottosuolo (Pieri e Groppi, 1981; Cassano et al., 1986) e l'evidenza di una deformazione attiva apparentemente rapida in superficie, descritta da numerosi autori, suggeriscono l'attività tettonica delle anticlinali sepolte nella parte posteriore dell'Arco di Ferrara.

Lo strike di questa sorgente si è basato su quello delle strutture regionali mappate. L'inclinazione si basa su osservazioni geologiche e considerazioni geometriche. L'inclinazione rappresenta una spinta pura, desunta dalle osservazioni geologiche. La profondità minima e massima si basano su osservazioni geologiche e su considerazioni geometriche relative alla geometria del thrust. Il tasso di slittamento è stato calcolato in base ai dati geologici del sottosuolo.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 26 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

#### 6.4.2 Database I.T.H.A.C.A.

Il database ITHACA, di proprietà dell'ISPRA, tiene conto invece delle faglie capaci, cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione permanente in superficie, indipendentemente dalla natura strutturale. Dall'analisi della suddetta banca dati si evince che lo sviluppo longitudinale del microtunnel in progetto non risulta intersecare faglie capaci (Figura 6-I).

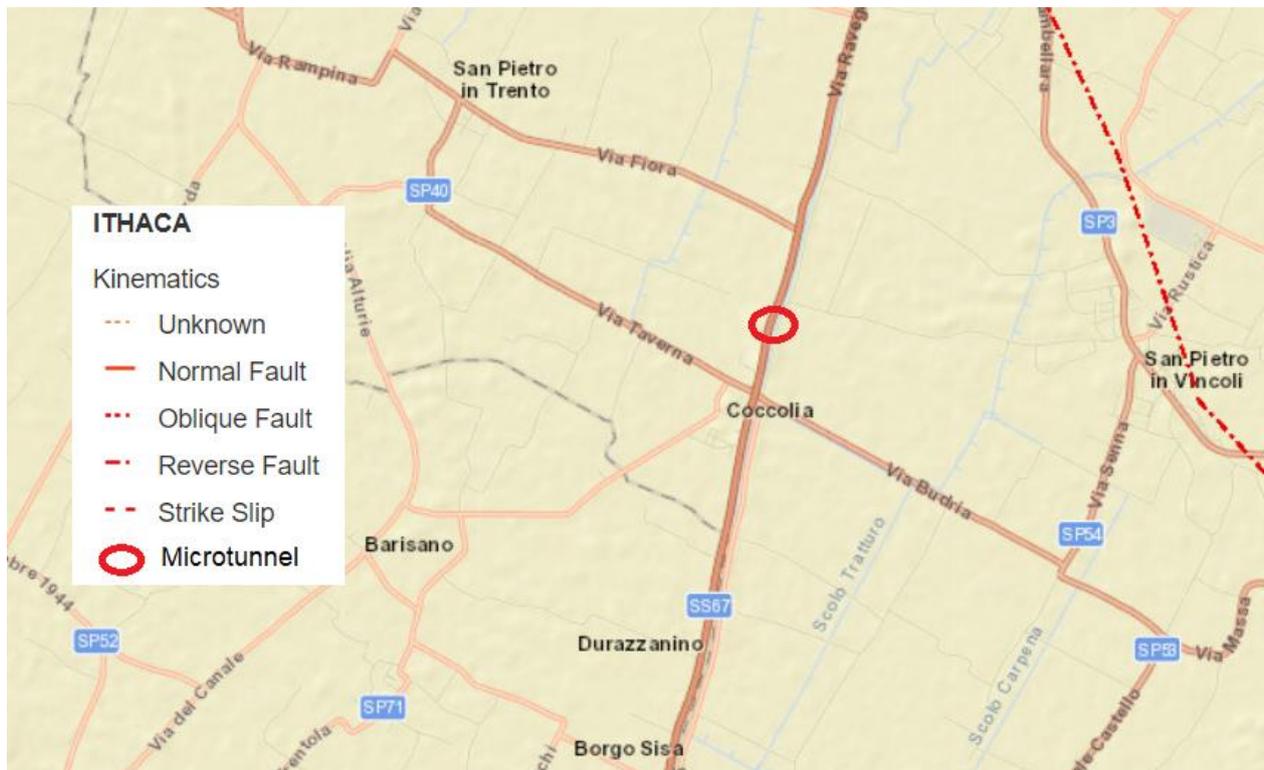


Figura 6-I: Stralcio database ITHACA (ISPRA) relativamente all'area di interesse. Accessibile al link <https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>

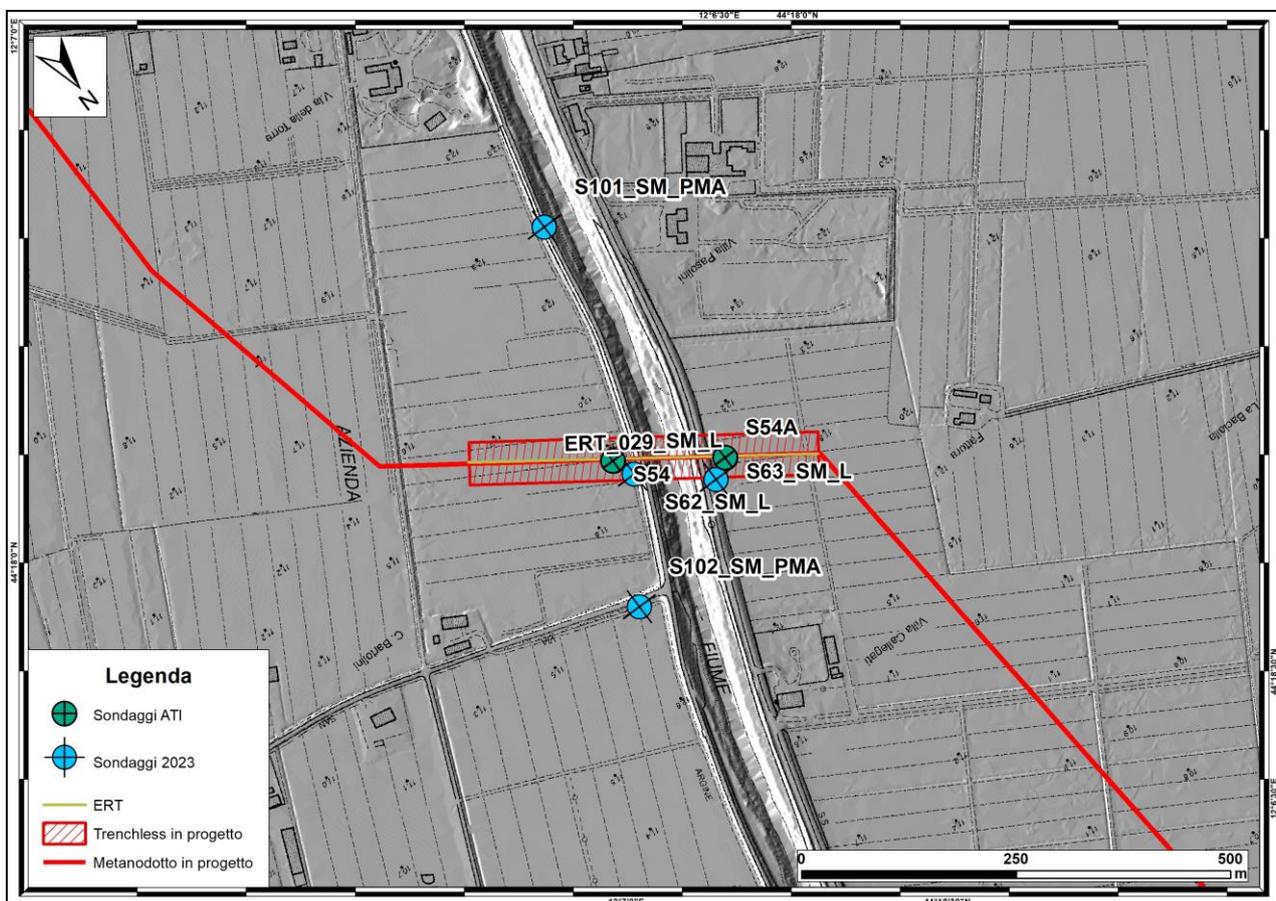
	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 27 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 7 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Nell’ambito della progettazione dell’attraversamento sono state eseguite nel tempo diverse campagne di indagini geognostiche finalizzate alla ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo dell’area ed alla definizione dei parametri geotecnici dei litotipi interessati dall’opera in progetto. In particolare, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche (Figure 7-A):

- n. 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, denominati S54 e S54A (campagna ATI), S062\_SM\_L, S063\_SM\_L, S101\_SM\_PMA e S102\_SM\_PMA (campagna 2023);
- n. 1 tomografia elettrica, denominata ERT\_29\_SM\_L.



**Figure 7-A: Ubicazione dei sondaggi geognostici eseguiti nell’area oggetto di intervento**

Nel corso dell’esecuzione dei sondaggi sono state eseguite delle prove di penetrazione dinamica a fondo foro (SPT) a diverse quote e sono stati prelevati alcuni campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno che sono stati successivamente sottoposti a prove geotecniche di laboratorio.

Le prove penetrometriche dinamiche vengono eseguite in avanzamento sul fondo del foro di sondaggio, registrando la resistenza alla penetrazione in funzione della profondità. Le prove S.P.T. sono state eseguite seguendo le modalità standard indicate dall’A.G.I. (Associazione

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 28 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

Geotecnica Italiana) ed hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni.

Le prove penetrometriche dinamiche (tipo S.P.T.) sono state eseguite con un dispositivo automatico di sganciamento del maglio (massa battente) del peso di 63.5 Kg con caduta libera da un'altezza di 76 cm. La massa battente scorre lungo aste di collegamento al terminale di infissione aventi peso per metro lineare di circa 7 Kg. L'esecuzione avviene secondo le modalità contenute nella normativa ASTM n D 1586 e compresa nelle "Raccomandazioni ISSMFE" per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976).

Lo strumento viene infisso nel terreno facendo avanzare la punta di 45 cm, registrando separatamente i colpi relativi agli intervalli 0-15 (N1); 15-30 (N2) e 30-45 (N3). I valori riferiti ai primi 15 cm generalmente non vengono considerati in quanto rappresentativi di un terreno disturbato dalla perforazione; si registrano solo se il numero di colpi è maggiore di 50 (lo strumento va a rifiuto). Il valore di  $N_{spt}$  è quindi dato dalla somma dei colpi ottenuti nei restanti 30 cm.

Per i terreni nel quale si è registrato il rifiuto della prova non esistono in letteratura correlazioni con l'angolo di attrito e/o con la coesione. Indicativamente è possibile individuare un valore di massima ponendo in tale caso  $N_{spt} = 100$ .

Nella Tabella 7-A vengono indicate le profondità di prelievo dei campioni e di esecuzione delle prove S.P.T. per la campagna ATI.

Sondaggio	Sviluppo verticale (m)	Profondità S.P.T. (m)	Prof. prelievo Camp. Ind./rimaneggiati/litoidi (m)
S54	10.00	1.70-2.15 C 6.00-6.45 C	1.50-1.70 T 5.50-6.00 T
S54A	10.00	2.20-2.65 C 4.00-4.45 C	1.70-2.20 T 3.40-4.00 T
C = prova penetrometrica a punta chiusa A = prova penetrometrica a punta aperta L = campione litoide T = campione terrigeno			

**Tabella 7-A: Profondità dei test S.P.T. nel foro di sondaggio e di prelievo dei campioni durante la campagna geognostica ATI.**

In Tabella 7-B sono indicate le profondità di prelievo dei campioni e di esecuzione delle prove S.P.T. per la campagna 2023.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 29 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

Sondaggio	Sviluppo verticale (m)	Profondità S.P.T. (m)	Prof. prelievo Camp. Ind./rimaneggiati/litoidi (m)
S62_SM_L	30	9.00-9.45 A 15.00-15.45 A 18.00-18.45 A	5.00-5.60 T 10.00-10.60 T 20.00-20.60 T
S63_SM_L	30	1.50-1.95 A 3.50-3.95 A 5.60- 6.05 A 7.50-7.95 A 9.50-9.95 A 11.50-11.95 A 13.50-13.95 A 15.60- 16.05 A 18.60-19.05 A	5.00-5.60 T 15.00-15.60 T 18.00-18.60 T
C = prova penetrometrica a punta chiusa A = prova penetrometrica a punta aperta L = campione litoide T = campione terrigeno			

**Tabella 7-B: Profondità dei test S.P.T. nel foro di sondaggio e di prelievo dei campioni durante la campagna geognostica 2023.**

### SONDAGGIO S54

Il sondaggio S54 è stato eseguito nel territorio comunale di Ravenna (RA), ad una quota di 12,00 m s.l.m., per caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico l'attraversamento in destra idrografica del fiume Ronco.

Dalla stratigrafia si evince una coltre superficiale costituita da un terreno agricolo marrone, a granulometria di una sabbia limosa, di spessore 0.30 m, a cui segue da 0.30 m a 8.70 m dal p.c sabbia medio-fine limosa marrone-ocracea mediamente addensata, poco umida, di colore grigio da 7.00 m a 8.70 m dal p.c. Da 8.70 m a fondo foro (10.00 m) si ha argilla limosa grigia, consistente, umida, con spalmature nerastre.

Nel foro di sondaggio è stata effettuata una prova di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile, in una tasca di prova compresa tra 3.00-4.00 m dal p.c., nel corso della quale è stato misurato un coefficiente  $K_h$  pari a  $4.24 \cdot 10^{-4}$  cm/sec.

Sondaggio S54					
(X: 748334,33; Y: 4910200,46)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
10	2	2	-	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-0.30		Terreno agricolo sabbioso limoso			
0.30-8.70		Sabbia limosa			
8.70-10.00		Argilla limosa			

**Tabella 7-C: Sondaggio S54**

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 30 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

### SONDAGGIO S54A

Il sondaggio S54A è stato eseguito nel territorio comunale di Ravenna (RA), ad una quota di 11,00 m s.l.m., per caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico l'attraversamento in sinistra idrografica del fiume Ronco.

Dalla stratigrafia si evince una coltre superficiale costituita da un terreno agricolo marrone, a granulometria di una sabbia limosa, di spessore 0.90 m, a cui segue da 0.90 m a 2.40 m dal p.c. sabbia medio-fine debolmente limosa marrone-ocracea mediamente addensata, poco umida. Da 2.40 m a fondo foro (10.00 m) si rinviene argilla limosa grigia, subordinatamente marrone, consistente, umida, con intercalazioni sabbioso-limose, di spessore decimetrico.

Nel foro di sondaggio è stata effettuata una prova di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile, in una tasca di prova compresa tra 1.50-2.10 m dal p.c., nel corso della quale è stato misurato un coefficiente  $K_h$  pari a  $8.81 \cdot 10^{-4}$  cm/sec.

Sondaggio S54A					
(X: 748222,07; Y: 4910268,20)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
10	2	2	-	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-0.90		Terreno agricolo limoso sabbioso			
0.90-2.40		Sabbia debolmente limosa			
2.40-10.00		Argilla limosa			

Tabella 7-D: Sondaggio S54A

### SONDAGGIO S62\_SM\_L

Il sondaggio S62\_SM\_L è stato eseguito nel territorio comunale di Ravenna (RA), ad una quota di 13,00 m s.l.m., per caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico l'attraversamento in destra idrografica del fiume Ronco.

Il sondaggio inizia con uno strato di 0.30 m di terreno agricolo, al di sotto del quale fino a 7.50 m dal p.c. è presente una sabbia limosa nocciola debolmente argillosa, mediamente addensata, umida. Da 7.50 m a fondo foro (30.00 m) si intercetta argilla limosa, debolmente sabbiosa, da grigia a nocciola, a consistenza plastica e a tratti consistente. Da 9.90 m a 16.00 m dal p.c. aumenta la percentuale della componente sabbiosa. Si rinvengono sporadici livelletti sabbiosi centimetrici.

Sondaggio S62_SM_L					
(X: 748321,50; Y: 4910227,41)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
30	3	3	-	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-0.30		Terreno agricolo			
0.30-7.50		Sabbia medio fine limosa deb. argillosa			
7.50-30.00		Argilla limosa			

Tabella 7-E: Sondaggio S62\_SM\_L

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 31 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

### SONDAGGIO S63\_SM\_L

Il sondaggio S63\_SM\_L è stato eseguito nel territorio comunale di Ravenna (RA), ad una quota di 11,00 m s.l.m., per caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico l'attraversamento in sinistra idrografica del fiume Ronco. Il sondaggio inizia con uno strato di 0.30 m di terreno agricolo, successivamente fino a 3.00 m è presente limo sabbioso, debolmente argilloso, sciolto. Da 3.00 m a 7.00 m dal p.c. si rinviene argilla limosa, di colore nocciola, passante a grigia, dura, sovraconsolidata; successivamente da 7.00 m a 16.40 m dal p.c. è presente una sabbia limosa, a tratti argillosa, marrone subordinatamente grigiastria, mediamente addensata, da umida a satura. Da 16.40 m a 23.80 m dal p.c. si intercetta argilla debolmente limosa, a tratti limosa, grigia, molto consistente. A seguire da 23.80 m a 27.00 m dal p.c. si rinviene argilla sabbiosa grigia, plastica e, fino a fondo foro (30,00 m), si ha argilla limoso-sabbiosa grigia, consistente.

Sondaggio S63_SM_L					
(X: 748245,07; Y: 4910283,91)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
30	9	3	-	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-0.30		Terreno vegetale			
0.30-3.00		Limo sabbioso, deb. argillosa			
3.00-7.00		Argilla sabbiosa			
7.00-16.40		Sabbia limosa, a tratti argillosa			
16.40-23.80		Argilla debolmente limosa			
23.80-27.00		Argilla sabbiosa			
27.00-30.00		Limo sabbioso argilloso			

Tabella 7-F: Sondaggio S63\_SM\_L

### SONDAGGIO S101\_SM\_PMA

Il sondaggio S101\_SM\_PMA è stato eseguito nel territorio comunale di Ravenna (RA), ad una quota di 12,00 m s.l.m., al fine di monitorare il livello di falda nell'area oggetto di studio. Il sondaggio inizia con uno strato di 0.30 m di terreno vegetale, successivamente fino a 6.40 m è presente sabbia limosa, poco addensata, umida, con un livello di argilla sabbiosa tra i 5.3 m e 6.4 m. Successivamente fino a fondo foro (15.0 m) si ha un'argilla la cui componente sabbiosa diminuisce andando in profondità. Durante la perforazione è stata rilevata la presenza di falda a circa 3.50 m dal p.c.

Sondaggio S101_SM_IDRO					
(X: 748253,08; Y: 4909926,54)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 32 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

15	-	-	-	-	1
<b>Intervallo (m)</b>		<b>Litologia</b>			
0.00-0.30		Terreno vegetale			
0.30-6.4		Sabbia debolmente limosa			
6.4-15.00		Argilla sabbiosa mediamente consistente			

**Tabella 7-G: Sondaggio S101\_SM\_IDRO**

### SONDAGGIO S102\_SM\_PMA

Il sondaggio S102\_SM\_PMA è stato eseguito nel territorio comunale di Ravenna (RA), ad una quota di 11,00 m s.l.m., al fine di monitorare il livello di falda nell'area oggetto di studio. Il sondaggio inizia con uno strato di 0.40 m di terreno vegetale, successivamente fino a 5.20 m è presente sabbia limosa, poco addensata, umida. Successivamente fino a fondo foro (15.0 m) si ha un'argilla la cui componente sabbiosa diminuisce andando in profondità. Durante la perforazione è stata rilevata la presenza di falda a circa 1.70 m dal p.c.

<b>Sondaggio S102_SM_IDRO</b>					
(X: 748400,99; Y: 4910361,35)					
<b>Prof. sondaggio (m da p.c.)</b>	<b>n. SPT</b>	<b>n. campioni indisturbati</b>	<b>n. campioni rimaneggiati</b>	<b>n. campioni ambientali</b>	<b>Attrezzatura in foro (PZ)</b>
15	-	-	-	-	1
<b>Intervallo (m)</b>		<b>Litologia</b>			
0.00-0.40		Terreno vegetale			
0.40-5.20		Sabbia debolmente limosa			
5.20-15.00		Argilla sabbiosa mediamente consistente			

**Tabella 7-H: Sondaggio S102\_SM\_IDRO**

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 33 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 7.1 Modello geologico

Le risultanze dei sondaggi geognostici eseguiti in corrispondenza del sito progettuale confermano nel loro complesso l'assetto geologico illustrato nel paragrafo 3.2 della presente relazione.

I terreni alluvionali presenti nell'area, appartenenti ai depositi di canale (Unità di Modena AES8a), sono caratterizzati da possibili eteropie laterali (da sabbiose a limoso-argillose con locali lenti torbose), non prevedibili nel dettaglio, correlate alle variazioni energetiche del regime idraulico che, di conseguenza, possono comportare variazioni di conducibilità idraulica e delle caratteristiche litotecniche.

Da un punto di vista litologico, le verticali indagate dei sondaggi eseguiti, evidenziano la presenza di un deposito prevalentemente sabbioso-limoso ocraceo mediamente addensato, da umido a saturo, di spessore variabile 7.20 a 8.40 m, in destra idrografica del fiume Ronco. In sinistra idrografica invece, i primi 17.00 m di depositi alluvionali sono caratterizzati da alternanze di sabbie limose, a tratti argillose e argille limose, con prevalenza delle prime nella verticale S63\_SM\_L. Tale corpo sabbioso seppur appare discontinuo, sembra distribuito per tutta la lunghezza dell'opera in progetto. A seguire sono presenti in prevalenza argille e limi grigi consistenti, con rari livelli sabbiosi, a varie profondità, e un livello organico a consistenza plastica di spessore circa 3.00 m, tra 24.00 m e 27.00 m dal p.c.

Le verticali di indagine diretta sono state eseguite nella zona di piana e non hanno quindi caratterizzato gli argini.

Il modello geologico ipotizzato sulla base delle verticali di indagine eseguite è riportato nell'Annesso 4.

## 7.2 Interpretazione indagini geognostiche

### 7.2.1 Prove penetrometriche (SPT)

Le prove penetrometriche del tipo SPT, eseguite in avanzamento di perforazione hanno permesso di conoscere la resistenza alla penetrazione offerta dai terreni attraversanti dall'utensile. Qui di seguito vengono riportate alcune correlazioni, tratte dalla letteratura geotecnica, utilizzate al fine di ricavare alcuni valori fisici e meccanici dei terreni riscontrati durante le perforazioni. Si precisa che i valori geotecnici ricavati dalle correlazioni sono indicativi in quanto le variabili (profondità, litologia ecc.) che entrano in gioco nella valutazione dei parametri sono molteplici e non tutte facilmente controllabili.

L'interpretazione delle prove SPT è sempre molto soggettiva e i valori ricavati dalle correlazioni semi empiriche tra  $N_{spt}$  e le grandezze più significative (e.g.  $Cu$  e  $\gamma$ ) vanno utilizzati sempre con la giusta cautela in quanto spesso sovrastimati rispetto ai valori corrispondenti ricavati dalle prove di laboratorio, che rimangono i valori più veritieri.

Dalle prove SPT eseguite, sono stati ottenuti i valori di angolo di attrito inseriti in Tabella 7-I:

Sondaggio	Profondità (m)	$N_{spt}$	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$Cu$ (kg/cm <sup>2</sup> )
S54	1.70-2.15	8-10-7	1.75	33.3	-
	6.00-6.45	5-6-7	1.75	31.3	-
S54A	2.20-2.65	3-5-7	1.75	32	-
	4.00-4.45	3-5-8	1.80	-	0.50
S62_SM_L	9.00-9.45	8-13-17	1.85	-	0.20
	15.00-15.45	5-7-10	1.80	-	0.10
	18.00-18.45	10-15-23	1.85	-	0.25

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 34 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

S63_SM_L	1.50-1.95	4-3-4	1.75	29	-
	3.50-3.95	3-5-8	1.80	-	0.05
	5.60- 6.05	4-6-5	1.80	-	0.05
	7.50-7.95	5-11-13	1.75	32.5	-
	9.50-9.95	6-10-11	1.80	32.0	-
	11.50-11.95	8-13-15	1.80	33.2	-
	13.50-13.95	8-15-19	1.80	34.1	-
	15.60- 16.05	7-13-16	1.80	33.3	-
	18.60-19.05	9-15-18	1.90	-	0.25

**Tabella 7-I: Interpretazione parametrica per le diverse campagne geognostiche.**

### 7.2.2 Prove di Laboratorio

Dei campioni prelevati all'interno dei sondaggi sono state eseguite prove di laboratorio sui campioni C2 di S54 e S54A. Di seguito si riporta il riassunto del prelievo di campioni per la campagna ATI. Nella Tabella 7-J sono elencati i campioni prelevati nel corso della campagna ATI:

Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	Lavorazione
S54	1.50-1.70	Terreno	No
	5.50-6.00	Terreno	Si
S54A	1.70-2.20	Terreno	No
	3.40-4.00	Terreno	Si

**Tabella 7-J: Prelievo dei campioni per la campagna ATI.**

Sui campioni analizzati di S54 e S54A è stata eseguita una caratterizzazione fisica; in Tabella 7-K ed in Tabella 7-L si riepilogano i risultati delle prove di laboratorio, fisiche e meccaniche, eseguite rispettivamente nel campione 2 del sondaggio S54 e nel campione 2 del sondaggio S54A:

Campione	Profondità (m)	Granulometria			
		G (%)	S (%)	L (%)	A (%)
CI 2	5.50-6.00	0	76	17	7

**Tabella 7-K: Tabella riassuntiva caratterizzazione del campione del S54.**

Campione	Profondità (m)	Granulometria				Indice plastico (%)	Limite liquido (%)	Taglio diretto
		G (%)	S (%)	L (%)	A (%)			
CI 2	3.40-4.00	0	0	43	57	21.98	62.00	$\Phi$ 21.6° C' 17.1 kPa

**Tabella 7-L: Tabella riassuntiva caratterizzazione del campione del S54A.**

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 35 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

### 7.2.3 Tomografie elettriche

Le prospezioni geoelettriche, eseguite mediante un dispositivo multielettrodo, contengono una ricostruzione dell'andamento della resistività apparente lungo una sezione orizzontale sino alla massima profondità ottenibile in rapporto al tipo di array utilizzato (configurazione elettrodoica), alla lunghezza dello stendimento e alla resistività dei terreni.

Per l'acquisizione si utilizza uno stendimento lineare di elettrodi equidistanti collegati, tramite un cavo multi-conduttore, ad un resistivimetro e una batteria. Attraverso una centralina elettronica di commutazione è possibile selezionare gli elettrodi di corrente e quelli di potenziale secondo la geometria di acquisizione impostata. I dati ottenuti sono infine processati attraverso un metodo detto d'inversione per la ricostruzione della pseudosezione elettrica.

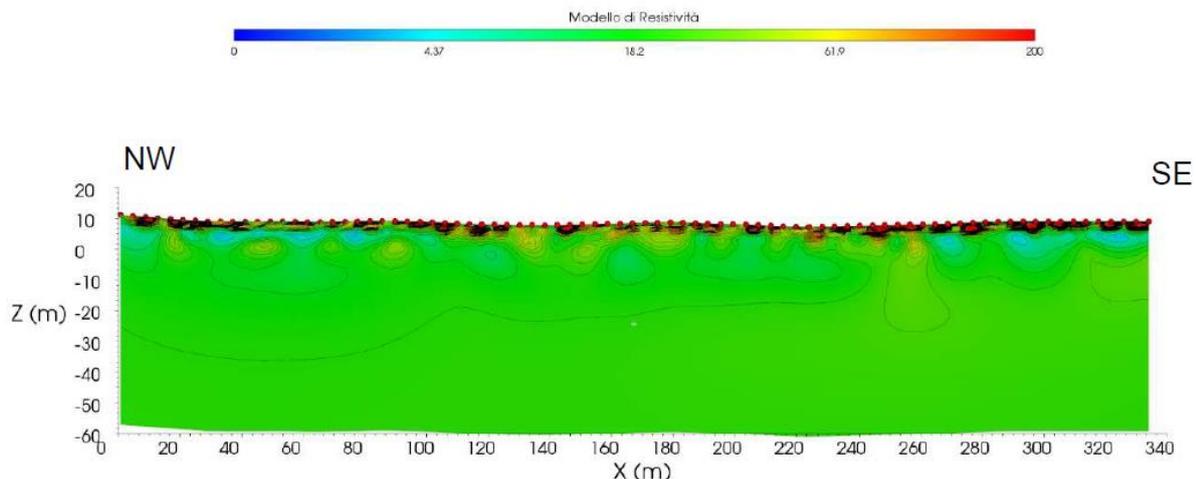
#### Tomografie elettriche

Nel sito d'investigazione è stata effettuata una tomografia elettrica durante la campagna 2023, denominata ERT29\_SM\_L, il cui esito è rappresentato nella sezione geoelettrica di Figure 7-B. Le caratteristiche d'acquisizione sono di seguito riassunte (Tabella 7-M):

Profilo elettrico	Tipologia Array	Direzione*	Profondità d'investigazione (m)	Lunghezza stesa (m)
ERT29_SM_L	Wenner	Longitudinale	65	335

\*Riferito all'orientamento del metanodotto

**Tabella 7-M: Caratteristiche tomografia elettrica**



**Figure 7-B: Tomografia elettrica ERT29\_SM\_L**

La pseudosezione geoelettrica indica la presenza di terreni fortemente coesivi che rappresentano la formazione predominante dell'area. Solo nei primi 10 m di profondità si evidenziano alcune tracce della presenza di strati che possono essere a predominanza sabbiosa, ma da questo livello in poi è presente argilla limosa o debolmente limosa.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 36 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

### 7.3 Modello litotecnico

L'analisi delle risultanze delle indagini (dirette e indirette) e delle prove geotecniche di laboratorio eseguite hanno consentito la ricostruzione di un modello geotecnico relativamente al sito progettuale.

La caratterizzazione geotecnica di questi corpi è stata definita mediante l'interpretazione dei dati ottenuti nelle indagini penetrometriche S.P.T. e nelle indagini di laboratorio.

I parametri geotecnici determinati sono i seguenti:

- $\gamma$ = peso di volume;
- $c'$ = coesione drenata;
- $\phi'$ = angolo d'attrito interno;

I riferimenti alla consistenza dei terreni coesivi sono rispondenti alla classificazione di Terzaghi e Peck 1967 e per la densità dei terreni granulari si fa riferimento a Terzaghi-Peck 1948.

#### Unità 1 – Sabbie limose debolmente argillose sciolte (coltre oggetto di variazione del livello di falda) – spessore variabile tra 2.00 e 16.00 m.

Dati da sondaggio S54, S54A, S62\_SM\_L e S63\_SM\_L:

$\gamma$ =	17 – 18	kN/m <sup>3</sup>
$c'$ =	0	MPa
$\phi'$ =	29 - 34	°

#### Unità 1a – Argilla sabbiosa dura, sovraconsolidata (coltre oggetto di variazione del livello di falda) – spessore variabile tra 4.00.

Dati da sondaggio S63\_SM\_L:

$\gamma$ =	18 – 20	kN/m <sup>3</sup>
$c'$ =	10-15	kPa
$\phi'$ =	20-26	°
$C_u$ =	150 - 250	kPa

#### Unità 2 – Alternanze irregolari con andamenti lenticolari costituiti da terreni sia a comportamento granulare e sia coesivo: Sabbie fini limose da sciolte a mediamente addensate

Dati da sondaggio S62\_SM\_L e S63\_SM\_L:

$\gamma$ =	17 – 19	kN/m <sup>3</sup>
$c'$ =	0	kPa
$\phi'$ =	26 – 30	°

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 37 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

### Limi argilloso-sabbiosi a consistenza media

Dati da sondaggio S62\_SM\_L e S63\_SM\_L:

$\gamma =$	19 – 20	kN/m <sup>3</sup>
$c' =$	5-10	kPa
$\phi' =$	20 – 26	°
$C_u =$	50 - 100	kPa

Nota: irregolarmente sono presenti lenti torbose aventi caratteristiche geotecniche più scadenti.

I valori indicati fanno riferimento a quanto indagato nei primi 10 m e pertanto le caratteristiche tendono a migliorare con la profondità come evidenziato dalle prove geofisiche eseguite.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 38 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 8 GEOMETRIA E MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO

### 8.1 Modalità esecutive dell'attraversamento

L'attraversamento in oggetto è previsto mediante la realizzazione di un'unica trivellazione con tecnica "microtunnelling".

Nell'elaborato grafico di dettaglio Dis. 22358-10-LB-19E-81641 oltre alla geometria dell'attraversamento sono riportate le seguenti informazioni di progetto:

- Diametro interno e/o esterno, spessore e tipo di acciaio della condotta di linea;
- Diametro esterno, spessore e lunghezza dei conci in c.a.;
- Lunghezza complessiva del microtunnel in c.a. e lunghezze parziali dei tratti rettilinei;
- Angoli di ingresso e uscita e raggio di curvatura;
- Copertura minima dal piano campagna;
- Dimensioni indicative delle postazioni di partenza e d'arrivo;

Le coperture del tunnel rispetto al piano campagna sono da considerarsi valori minimi da rispettare durante l'esecuzione del tunnel.

La geometria finale esecutiva sarà verificata e stabilita dalla ditta esecutrice sulla base di dettagliate indagini geognostiche e dallo stato dei luoghi al momento della realizzazione dell'opera (come, ad esempio, la presenza di aree allagate, altezza della falda, ecc.).

### 8.2 Descrizione delle fasi di lavorazione

Il sistema di costruzione mediante microtunnelling permette la realizzazione della posa della condotta in sotterraneo senza la necessità di scavi a cielo aperto, i quali saranno realizzati solamente in prossimità della postazione di partenza e di arrivo dell'apparato fresante. Tale tecnologia prevede una perforazione direzionale del sottosuolo e la progressiva installazione di conci prefabbricati in c.a. aventi diametro maggiore della condotta in progetto (Figura 8-A). Per conci in c.a. si intendono degli elementi tubolari interi in cemento armato che, preceduti da un apparato fresante, vengono spinti progressivamente nel terreno ed entro i quali sarà successivamente inserita la condotta in progetto.

Al fine di limitare le sollecitazioni sui conci potranno essere installate delle stazioni di spinta intermedie.

Per l'esecuzione del Microtunnel si opererà secondo le modalità qui di seguito descritte:

#### 8.2.1 Preparazione aree di cantiere

Per la preparazione dei siti previsti per l'installazione delle aree di cantiere si prevedono i seguenti lavori:

- sistemazione/realizzazione di strade di accesso;
- rimozione di eventuali ostacoli;
- eventuali spianamenti del terreno;
- prosciugamento delle aree destinate all'alloggiamento delle postazioni di partenza e arrivo (operando sotto falda);

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 39 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

- eventuale drenaggio (da prevedersi in caso di aree con rischio di allagamento);
- preparazione delle aree per l'alloggiamento di containers e stoccaggio materiali;
- preparazione aree destinate allo stoccaggio dello smarino;
- installazione del cantiere.

### 8.2.2 Postazione di partenza ed installazione delle apparecchiature

La realizzazione della postazione di partenza, prevista per il progetto, prevede l'esecuzione delle seguenti attività:

- realizzazione della postazione di trivellazione interrata mediante l'installazione di strutture di contenimento verticali e del piano di calpestio con tipologie adeguate a resistere ai carichi esterni, alla spinta delle terre ed alle spinte idrostatiche.
- esecuzione della postazione di partenza per l'alloggiamento della macchina di spinta;
- delimitazione e chiusura, con apposita recinzione, delle aree di cantiere e di scavo;
- costruzione soletta di base per appoggio strutture di spinta e alloggiamento guide in acciaio;
- installazione degli elementi per la guida delle apparecchiature di perforazione;
- installazione apparecchiature di spinta;
- installazione delle apparecchiature di perforazione;
- installazione del sistema di trasporto a giorno dello smarino mediante sistema idraulico;
- installazione di attrezzature e strumentazioni varie;
- apertura foro nella parete frontale;
- messa in opera dell'anello di guida e della guarnizione tenuta;
- installazione sistema di controllo della direzione.

### 8.2.3 Elementi tubolari in c.a.

Gli elementi tubolari impiegati per il rivestimento del tunnel sono in c.a. vibrati, calcolati per resistere alla spinta assiale prodotta dalla stazione di spinta durante la messa in opera degli elementi stessi, ed ai carichi superiori, gravati secondo quanto stabilito dalle vigenti norme.

### 8.2.4 Esecuzione del Microtunnel

#### Scavo del tunnel

Lo scavo del tunnel avviene mediante l'avanzamento di uno scudo cilindrico a cui è applicata frontalmente una fresa rotante dello stesso diametro dello scudo.

Durante la fase di scavo, la testa della macchina è quindi lubrificata con una miscela di bentonite e acqua, trasportata tramite un sistema di circolazione chiuso.

La testa della macchina di scavo opera sotto una campana di aria compressa o di una miscela di acqua/bentonite; comunque è tenuta sempre in pressione. L'avanzamento della testa fresante avviene mediante la spinta degli elementi tubolari in c.a. che vengono successivamente infissi dalla postazione di spinta.

#### Infissione degli elementi tubolari nel terreno

Per l'avanzamento degli elementi tubolari in c.a. è utilizzata una unità spingitubo collocata all'interno del pozzo di spinta. L'unità di spinta è composta da martinetti idraulici montati su un

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 40 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

telaio metallico, da un anello di spinta mobile posto davanti ai martinetti idraulici e da una parete metallica di spinta fissa posta dietro i martinetti.

Quando un elemento è completamente spinto nel terreno, i martinetti idraulici e l'anello di spinta sono retratti per l'inserimento di un nuovo elemento.

Il nuovo elemento è calato all'interno del pozzo e incastrato all'estremità dell'elemento precedente. Non appena ultimato l'incastro la spinta riprende.

Per ridurre l'attrito tubo/terreno è impiegata una miscela bentonitica come lubrificante esterno. Le giunzioni tra i conci in c.a. sono di tipologia idonea per consentire la deviazione angolare del microtunnel e la tenuta idrica. L'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi sono garantiti mediante un'opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari di acciaio annegati nel getto.

#### Trasporto a giorno dello smarino tramite sistema idraulico

Il materiale scavato viene evacuato dalla parte anteriore dello scudo e portato in una unità di frantumazione. Il materiale frantumato viene miscelato con acqua e formare una miscela fluida (slurry) e quindi smaltita all'esterno attraverso un sistema di riciclo fino ad una unità di dissabbiatura e decantazione in apposita vasca impermeabilizzata.

#### **8.2.5 Controlli**

Essendo necessario il controllo in tempo reale della direzionalità del microtunnel durante l'operazione di spinta, viene approntato un sistema computerizzato di elaborazione dati rilevati mediante puntamento ottico e laser o sistema di auto-guida.

L'operatore addetto alla verifica opera con continuità sulla consolle di comando per le necessarie correzioni.

#### **8.2.6 Esecuzione postazione di uscita**

Nel punto terminale del tunnel si provvede all'esecuzione della postazione di arrivo per il recupero dello scudo e delle apparecchiature di scavo. Nel caso risulti necessario, in relazione alle condizioni geologiche locali, si può prevedere il consolidamento del terreno, in adiacenza al punto di uscita della testa fresante.

#### **8.2.7 Posizionamento del metanodotto nel Microtunnel**

La posa della condotta nel tunnel viene effettuata "varando" una colonna prefabbricata in esterno, oppure realizzando le saldature in corrispondenza dell'estremità del tunnel stesso.

La condotta è separata dalla parete del microtunnel mediante distanziatori in malta poliuretana gettati in opera posti ad un determinato interasse con resistenze caratteristiche adeguate alle sollecitazioni a cui sono sottoposti durante le operazioni di varo.

#### **8.2.8 Riempimento intercapedine tra gli elementi del Microtunnel ed il terreno**

Lo spazio presente tra la parete esterna degli elementi del Microtunnel e il terreno viene saturato mediante iniezione di bentonite e/o boiaccia di cemento attraverso appositi ugelli predisposti nei tubi in c.a.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 41 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

### **8.2.9 Intasamento del Microtunnel**

Dopo le operazioni di infilaggio del tubo in acciaio e dei tubi portacavi, l'intercapedine tra la parete interna del Microtunnel ed i tubi suddetti viene intasata con miscele cementizio/bentonitiche realizzate secondo le specifiche previste dal Cliente.

Preliminarmente alle operazioni d'intasamento, vengono realizzate, in corrispondenza delle due estremità, le strutture per il contenimento all'interno del tunnel della miscela fluida.

### **8.2.10 Ripristino delle aree di cantiere e demolizione delle opere in c.a.**

A fine dei lavori, tutte le aree di cantiere interessate vengono ripristinate per ricostituire la morfologia originaria del terreno. Vengono inoltre realizzate le opere previste per il recupero ambientale delle aree interessate dai lavori.

Vengono ripristinati tutti gli accessi temporanei agli imbocchi utilizzati in corso di esecuzione di lavori, in modo da restituire le originarie morfologie alle aree interessate dai lavori.

Le opere in c.a. vengono demolite quanto più possibile e comunque per una profondità minima di 1.50 m dal piano campagna originale, fatto salvo le parti la cui demolizione potrebbe non essere funzionale all'esercizio del Microtunnel.

### **8.2.11 Descrizione dei mezzi d'opera**

Questa metodologia di attraversamento prevede due aree di lavoro ubicate alle due estremità del "microtunnel"; la principale, quella dove alloggia la "postazione di partenza" che ha una dimensione di circa 15 m x 6 m, mentre dalla parte opposta, dove è ubicata la postazione di arrivo è allestita un'area di lavoro minore, pari a circa 10 m x 6 m.

#### Unità generatore

L'unità generatore ha bisogno di produrre l'energia necessaria al funzionamento dell'impianto ed è generalmente costituita da una serie di motori diesel; l'energia viene trasmessa alla testa di perforazione e a tutti gli impianti del cantiere tramite la cabina di manovra detto anche "container comando".

#### Cabina di manovra

La cabina di manovra contiene tutti i dispositivi necessari per manovrare l'unità di spinta (martinetti idraulici), la consolle di guida della testa di perforazione e quant'altro per il controllo di tutti i parametri di trivellazione.

#### Mezzo di sollevamento

Un mezzo di sollevamento serve per la movimentazione dei conci in c.a. precedentemente stoccati nelle vicinanze.

#### Unità fanghi e vibrovaglio

Questa attrezzatura consente la continua riutilizzazione dell'acqua per il circuito dei fanghi e nel contempo la separazione della porzione solida contenuta nei fluidi di perforazione per avviarla a scarica; l'unità è costituita da una o più vasche nelle quali vengono fatte decantare e/o filtrati per mezzo di vibrovagli i fluidi provenienti dal circuito di smarino: tramite pompe sommerse comandate dall'operatore i fanghi ripuliti vengono re-immessi nel circuito di mandata dell'acqua; in presenza di materiali fini come argille e limi, l'azione di separazione dei materiali solidi viene rafforzata con l'uso di cicloni centrifughi; tutto il materiale di risulta del processo descritto pocanzi

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 42 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

viene stoccato temporaneamente in un'area del cantiere apposita per poi essere trasportata definitivamente in discarica autorizzata;

#### Area ricambi-materiali

L'area ricambi-materiali è costituita da più container con tutte le attrezzature del caso ed eventuali ricambi delle macchine operatrici.

#### Area spogliatoi, uffici e servizi

Questa zona è a uso degli operatori.

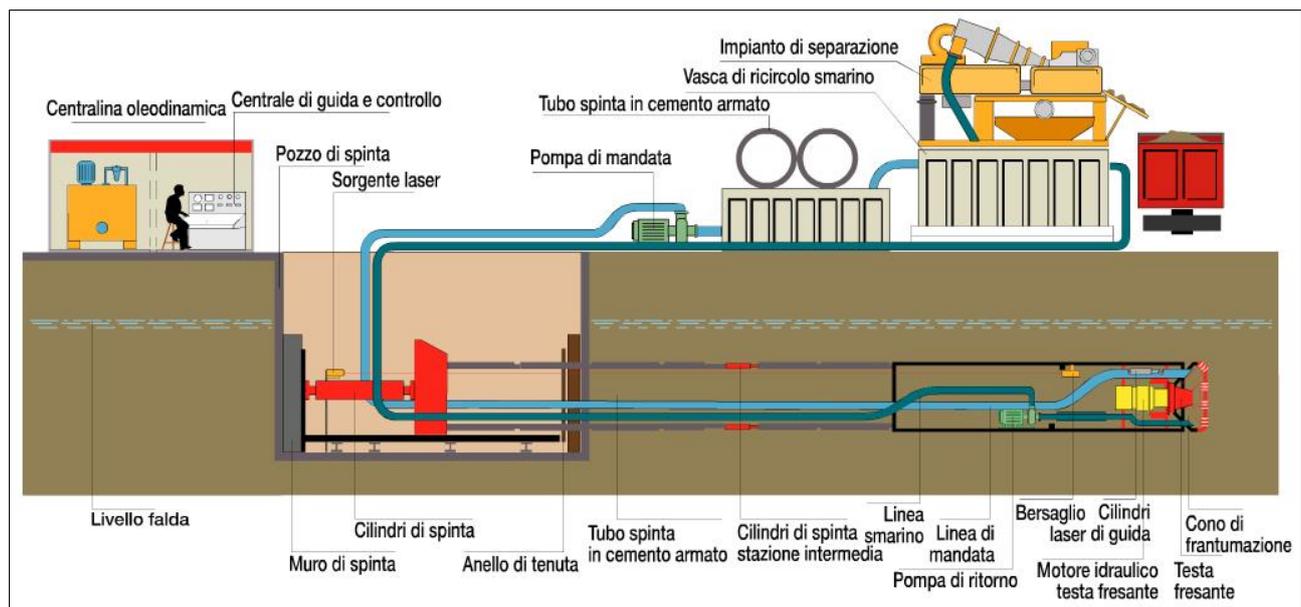
#### Impianto di confezionamento miscela bentonitica

Dopo il varo della condotta di linea avviene intasamento del microtunnel tramite un impianto di confezionamento del tipo automatico in grado di preparare con costanza e precisione la miscela prevista, caricando e pesando i componenti ed eseguendo la miscelazione tramite cicloni ad elevata turbolenza.

Successivamente alla realizzazione del microtunnel in questa area saranno ubicate le apparecchiature per la prefabbricazione delle stringhe di tubo (saldatrici) e per il successivo varo (mezzi di sollevamento).

#### Postazione di arrivo

L'area della postazione di arrivo ospita invece essenzialmente la trincea necessaria per il recupero della testa di perforazione, un'area pezzi di ricambio e stoccaggio materiali più un mezzo di sollevamento.



**Figura 8-A: Tipica configurazione di cantiere per la realizzazione di un microtunnel in c.a. (fonte: Icop S.p.A.).**

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 43 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 9 CONCLUSIONI

Nell’ambito della progettazione del metanodotto “Sestino-Minerbio DN 1200 (48”), DP 75 bar”, all’interno del territorio comunale di Ravenna (RA), è stata prevista la realizzazione di un microtunnel, avente una lunghezza planimetrica complessiva di circa 400.74 m, per attraversare il Fiume Ronco.

In riferimento alla geologia, il settore è caratterizzato da sedimenti alluvionali di vario genere ma specificatamente nel tratto interessato dall’attraversamento del metanodotto, si rilevano sedimenti medio-fini di deposizione fluviale relativi al Fiume Ronco. In particolare, l’area di interesse è caratterizzata dai depositi alluvionali del Subsistema di Ravenna – Unità di Modena (AES8a), presente in modo diffuso in tutto il volume geologico significativo dell’opera in progetto.

I terreni, investigati specificatamente lungo le verticali dei sondaggi, per la loro modalità di messa in posto, possono presentare irregolari alternanze di terreni a comportamento granulare (sabbie e sabbie limose) sciolti o mediamente addensati e terreni a comportamento coesivo a consistenza variabile da bassa a media, con incluse lenti torbose. In tale contesto litotecnico le permeabilità possono essere alquanto variabili.

Le risultanze dei sondaggi geognostici eseguiti in corrispondenza del sito progettuale confermano l’assetto geologico di cui sopra.

Dal punto di vista idrogeologico, il sito progettuale ricade all’interno del complesso idrogeologico della pianura alluvionale appenninica, che costituisce la fascia di transizione tra i depositi di conoide alluvionale e l’antistante porzione di piana alluvionale e deltizia padana.

L’attività di rilevamento idrogeologico eseguita ad aprile 2023 non ha evidenziato la presenza di pozzi in un’intorno di circa 50 m; la soggiacenza misurata nel corso dell’attività suddetta, in pozzi distanti almeno 190 m dall’imbocco nord-ovest, è compresa tra 2 m e 3 m dal piano campagna. Tale dato è confermato dal valore di soggiacenza misurati, nel corso dei sondaggi geognostici eseguiti nell’area oggetto di intervento, i quali variano da pari a 1.70 a 3.5 m dal p.c.

Le estremità del microtunnel sono disposte in un’area alluvionale che vede una copertura superficiale di limi sabbiosi e sabbie limose, con subordinate intercalazioni limoso-argillose dure, sovraconsolidate (spessore 4.00 m nella verticale S63\_SM\_L), per uno spessore variabile tra 2.00 m e 16.00 m. In tali terreni le prove di permeabilità eseguite in sito hanno restituito valori di  $K_h$  variabili tra  $4.24 \cdot 10^{-4}$  cm/sec e  $8.81 \cdot 10^{-4}$  cm/sec.

La consultazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) AdB Romagnoli e del catalogo I.F.F.I. relativi a pericolosità da fenomeni franosi, ha consentito di verificare l’assenza di interferenze planimetriche dell’opera in progetto con aree in frana perimetrate nell’ambito dei suddetti strumenti. Inoltre, si evidenzia che l’opera in progetto non risulta interferire con alcuna area a pericolosità idraulica, censita dal P.A.I., mentre dalla consultazione del Piano di Gestione del Rischio da Alluvione (PGRA 2021-2027) si evince che la trenchless interferisce per tutta la sua estensione con un’area a pericolosità P2, ad eccezione del tratto compreso tra il km 74+040 e il km 74+130, nel quale la stessa percorre un’area a pericolosità P3.

Dall’analisi del database D.I.S.S. (INGV) si evince che il sito interessato dalla realizzazione dell’opera risulta all’interno della sorgente sismogenetica ITCS011.

Il database ITHACA (ISPRA) tiene conto invece delle faglie capaci, cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione permanente in superficie, aldilà della natura

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

**T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A.** - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 44 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

strutturale. Dall'analisi della suddetta banca dati si evince che lo sviluppo longitudinale della trenchless in progetto non risulta intersecare faglie capaci.

Pertanto, sulla base di quanto descritto, la realizzazione della trenchless prevede l'attraversamento di strati a differente competenza, da gestire con idonea strumentazione e utensili di scavo, in relazione alla resistenza intrinseca della natura delle litologie.

Gli eventuali pareri di compatibilità saranno acquisiti presso gli enti prima dell'esecuzione dell'opera in progetto. Dalle indagini eseguite, per quanto concerne l'attraversamento del corso d'acqua, la quota di posa è a profondità tale da garantire la sicurezza della condotta nei confronti dei processi erosivi, in accordo ai tempi di ritorno previsti dalle NTA delle AdB di competenza. Ulteriori indagini sono a carico dell'appaltatore che avrà cura di verificare le ipotesi su cui l'opera è stata progettata.

In definitiva, in virtù di quanto esposto negli approfondimenti specifici del presente documento, è possibile affermare che, per quanto concerne l'assetto geologico dell'area in esame, desunto dai sopralluoghi e dalle indagini eseguite, sussistono le condizioni di fattibilità dell'opera secondo la geometria di progetto e i dovuti accorgimenti tecnico-costruttivi.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 45 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG);
- Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 (Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 (Regione Emilia-Romagna);
- CPTI 2015, INGV. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani;
- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV). Servizi webgis;
- Database Italy Hazard from Capable faults (ITHACA, ISPRA). Servizi webgis;
- Database Centro Nazionale Terremoti (CNT, INGV);
- Massime intensità macrosismiche relativamente al territorio italiano (GNDDT, ING, SSN);
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.). Regione Emilia-Romagna. Servizi wms e shapefile.

	<b>PROGETTISTA:</b>  	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22358</b>	<b>UNITÀ</b> ----
	<b>LOCALITÀ:</b> <b>REGIONI Toscana – Emilia-Romagna</b>	<b>10-LA-E-80035</b>	
	<b>PROGETTO:</b> <b>METANODOTTO SESTINO-MINERBIO</b> <b>DN 1200 (48”), DP 75 bar</b>	<b>Fg. 46 di 46</b>	<b>Rev.</b> <b>4</b>

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-306-CN-1441-15

## 11 ANNESSI

- Annesso 1 – Stratigrafie sondaggi e foto cassette catalogatrici
- Annesso 2 – Certificati di laboratorio
- Annesso 3 – Prova ERT
- Annesso 4 – Prova Lefranc
- Annesso 5 – Sezione geologica