

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 1 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

REGIONI:
TOSCANA – EMILIA-ROMAGNA

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

1° TRONCO: SESTINO - CASTELDELICI




REALIZZAZIONE MICROTUNNEL
Loc. Molino di Bascio 2

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	M. AGOSTINI F. CULTRERA	P. RUSSO G.BRIA	01/06/23
2	Revisionato per aggiornamento a NTC 2008	G.VECCHIO A.M. CARUSO	F. FERRINI	P. IORIO L.ROSSINI	30/11/10
1	Revisionato secondo commenti SRG	F.URBANI	F. FERRINI	P. IORIO L.ROSSINI	12/09/08
0	Emissione per Informazione	F.URBANI	F. FERRINI	P. IORIO L. ROSSINI	20/06/08
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato/ Autorizzato	Data

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




	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 2 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

1	GENERALITÀ	4
1.1	INTRODUZIONE	4
1.2	ELABORATI GRAFICI DI RIFERIMENTO	5
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2	UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL’OPERA	6
2.1	RIFERIMENTI DELL’AREA NEI DISEGNI PROGETTUALI	6
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	7
3.1	CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	7
3.2	FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI LUNGO LE AREE DI INTERESSE	7
4	IDROGEOLOGIA	10
4.1	CARATTERISTICHE PIEZOMETRICHE DELL’AREA DI PROGETTO	12
5	ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	14
5.1	INTERFERENZE DELL’OPERA IN PROGETTO CON AREE A PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA (P.A.I.)	14
5.2	IFFI (INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA)	16
5.3	INTERFERENZE CON DISSESTI RILEVATI IN CAMPO	17
6	SISMICITÀ	18
6.1	SISMICITÀ STORICA	18
6.2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	20
6.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	24
6.4	ZONAZIONE SISMOGENETICA	25
6.5	FAGLIAZIONE ATTIVA E CAPACE	28
6.5.1	Database D.I.S.S.	28
6.5.2	Database I.T.H.A.CA.	29
7	CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA	30
7.1	MODELLO GEOLOGICO	37
7.2	INTERPRETAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	37
7.2.1	Prove penetrometriche (SPT)	37




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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 3 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

7.2.2	Prove di Laboratorio	39
7.2.3	Tomografie elettriche	39
7.3	MODELLO LITOTECNICO	41
8	GEOMETRIA E MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	43
8.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	43
8.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI LAVORAZIONE	43
8.2.1	Preparazione aree di cantiere	43
8.2.2	Postazione di partenza ed installazione delle apparecchiature	44
8.2.3	Elementi tubolari in c.a.	44
8.2.4	Esecuzione del Microtunnel	44
8.2.5	Controlli	45
8.2.6	Esecuzione postazione di uscita	45
8.2.7	Posizionamento del metanodotto nel Microtunnel	45
8.2.8	Riempimento intercapedine tra gli elementi del Microtunnel ed il terreno	45
8.2.9	Intasamento del Microtunnel	46
8.2.10	Ripristino delle aree di cantiere e demolizione delle opere in c.a.	46
8.2.11	Descrizione dei mezzi d'opera	46
9	CONCLUSIONI	48
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	50
11	ANNESI	51

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 4 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 Pennabilli, comune aggregatosi alla provincia di Rimini con legge 117 del 3 agosto 2009, è stata prevista la realizzazione di un microtunnel (Figura 1-A), avente una lunghezza planimetrica complessiva di circa 446 m, per attraversare un’area collinare caratterizzata da alcune criticità geomorfologiche.

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 in generale 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

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 5 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

1.2 Elaborati grafici di riferimento

Allegati:

- 22358-10-LB-11D-81141: Microtunnel Molino di Bascio 2;
- 22358-10-LB-37E-81100: 1° Sestino - Casteldelci (Planimetria Catastale Meccanizzata).

Annessi:

- Annesso 1 – Stratigrafie sondaggi e foto cassette catalogatrici
- Annesso 2 – Certificati di laboratorio
- Annesso 3 – MASW
- Annesso 4 – ERT
- 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.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 6 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

2 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Il microtunnel previsto, di lunghezza planimetrica pari a 446 metri, si sviluppa lungo una direttrice circa SSE-NNO ed è localizzato all'interno dei limiti amministrativi del comune di Pennabilli (RN). La trenchless in progetto attraversa un rilievo collinare posto nel settore orientale rispetto all'abitato di Molino di Bascio (Figura 2-A). L'estremità sud-est dell'opera in progetto è posizionata nella stretta valle del Fosso Torbello che, con andamento circa est-ovest nel suo tratto finale, confluisce nella valle del F. Marecchia ad ovest. Per quanto concerne l'estremità nord dell'opera in progetto, questa è ubicata a valle della confluenza tra il suddetto fosso e il Fiume Marecchia. Il sito interessato dalla realizzazione dell'opera può essere individuato considerando la seguente coppia di coordinate geografiche: 43°46'2.85"N, 12°12'5.67"E.

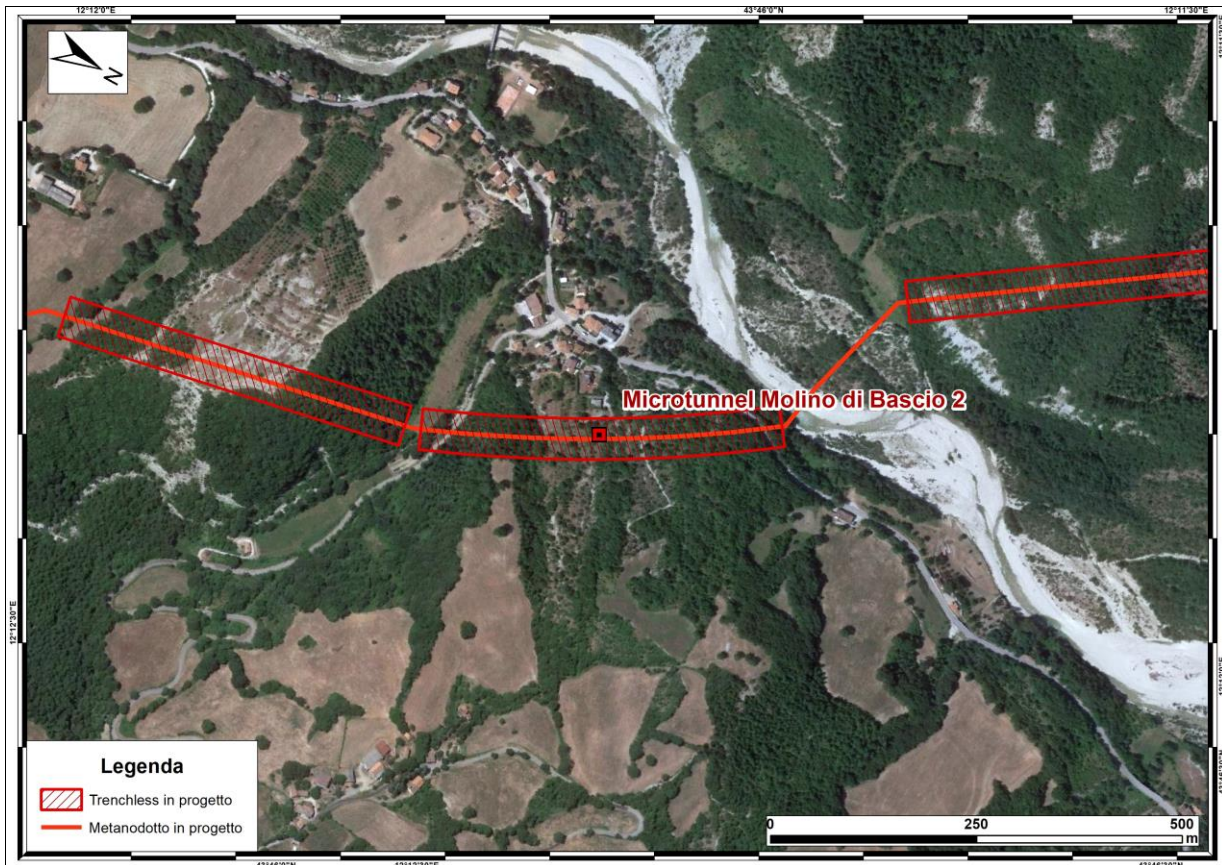





Figura 2-A: Area in cui è prevista la realizzazione dell'opera

2.1 Riferimenti dell'area nei disegni progettuali

L'area in esame ricade all'interno del 1° Tronco Sestino-Casteldelci del metanodotto in progetto (Planimetria Catastale Meccanizzata Disegno 22358-10-LB-37E-81100). In particolare, il microtunnel è localizzato tra i vertici V66 e V68 della planimetria (Dis. 22358-10-LB-11D-81141) e ha uno sviluppo tra punto di intestazione e punto di arrivo della trivellazione di circa 446 metri.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 7 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 dell'Appennino Umbro-Marchigiano settentrionale contraddistinto dalla presenza dei termini più esterni della catena carbonatica appenninica.

Tale area risulta costituita dalla successione umbro-marchigiano-romagnola e dal passaggio verso le adiacenti avanfosse mio-plioceniche marchigiana e adriatica, deformate dalla tettonica. L'Appennino settentrionale è una catena a thrust, formatosi in gran parte a spese della placca Adriatica, a causa dell'interazione di natura compressiva fra le placche africana ed Euroasiatica. Si tratta di un edificio formato da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini: il dominio Ligure, i cui sedimenti si sono depositi originariamente su crosta oceanica (Liguridi s.l., Auctt.) e il dominio Tosco – Umbro – Marchigiano, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria, la cui età inizia a partire dal Triassico.

Tale settore è caratterizzato dai depositi torbiditici di età miocenica (arenarie e argille marnose) affioranti in corrispondenza dell'asse dei rilievi e dai depositi continentali del quaternario, sia di origine fluviale, nelle aree di fondovalle, sia detritica, lungo i versanti vallivi.

In particolare, l'area di interesse è caratterizzata dai depositi quaternari continentali, ascrivibili al Subsistema di Ravenna (AES8), presenti in superficie esclusivamente nella valle del Fiume Marecchia, presso l'imbocco nord, e nella stretta incisione valliva del Torrente Torbello in corrispondenza dell'estremità meridionale dell'opera in progetto. Il bedrock, rappresentato dai termini afferenti alla formazione Marnoso Arenacea appartenente alla successione umbro-marchigiano-romagnola, è presente in modo diffuso in tutto il volume geologico significativo dell'opera in progetto.




Il panorama morfologico della zona d'interesse è caratterizzato dai limitrofi bordi della valle fluviale del F. Marecchia che da sud-ovest scorre, con andamento meandriforme, in una stretta valle bordata ai lati da rilievi collinari e direziona il suo corso gradualmente verso nord-est, dove raggiunge la zona costiera adriatica. Il reticolo secondario è costituito da fossi provenienti dalle aree collinari laterali che trasversalmente confluiscono nell'asta principale.

L'opera in studio, dal punto di vista geomorfologico, attraversa a mezza costa un rilievo collinare, caratterizzato da diversi fenomeni gravitativi, censiti dai diversi strumenti vigenti (PAI, IFFI) unitamente a rilievi in campo, per i quali l'opera si rende necessaria al fine di porre in sicurezza il metanodotto in progetto nel lungo termine. Il versante interessato dalla perforazione presenta un moderato gradiente clivometrico, che digrada verso il fondovalle del fiume Marecchia, lungo il quale sono dislocati sedimenti alluvionali recenti e terrazzati. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geologica-geotecnica (doc.10-LA-E-80004).

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>

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 8 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07


- 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 (Figura 3-A):

- Subsistema del Ravenna (AES8): depositi alluvionali eterometrici da ciottoli, sabbie e limi (Pleistocene Sup. – Olocene).
- Formazione Marnoso Arenacea - membro di Galeata (FMA4): alternanze arenaceo-pelitiche (A/P = 1/1 - 1/4) silicoclastiche. Le arenarie, in strati da sottili a molto spessi, hanno grana fine anche alla base degli strati di maggior spessore. La parte pelitica è costituita da marnosiltiti fine grigie. Talora sono presenti orizzonti di marne biancastre compatte. Abbondanti le calcareniti fini. Questo membro contiene lo “strato Contessa” costituito da un bancone di spessore da 3 a 4 m di calcarenite fine a base arenacea (Miocene).

Il rilievo di campagna ha permesso di definire più in dettaglio l’assetto giaciturale degli strati, ponendo in evidenza la presenza di una monoclinale principale a franapoggio, immergente verso W (circa 270/15°-20°), indicativamente in accordo con quanto riportato sul Foglio Geologico 278 “Pieve S. Stefano”, scala 1:50.000 del CARG. Inoltre, durante i diversi rilievi in campo, è stato osservato il membro di Civitella di Romagna (FMA9), afferente alla Formazione Marnoso Arenacea, costituito da torbiditi pelitico-arenacee quarzoso-micacee. Il rapporto arenite/pelite è generalmente compreso tra 1/5 e 1/10. Le arenarie principalmente a grana media, hanno strati da sottili a spessi, raramente molto spessi. Vi sono intercalate arenarie marnose e marne più o meno sabbiose e orizzonti più arenacei che diventano sempre più frequenti verso l’alto. La frazione pelitica è costituita prevalentemente da marne argillose (Miocene). La presenza di questo membro (osservata nell’estremità nord-est della trenchless in progetto) è in presumibile contatto tettonico con il membro di Galeata (FMA4), per mezzo di un lineamento tettonico orientato all’incirca E-W, rappresentato da un impluvio avente direzione circa NE-SW, il quale pone alla luce il substrato litoide, prevalentemente arenaceo e notevolmente fratturato. Tale substrato è stato osservato che presenta un’immersione a franapoggio verso il torrente Torbello.

Per ulteriori dettagli si rimanda all’Annesso 5 al presente studio.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fig. 9 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

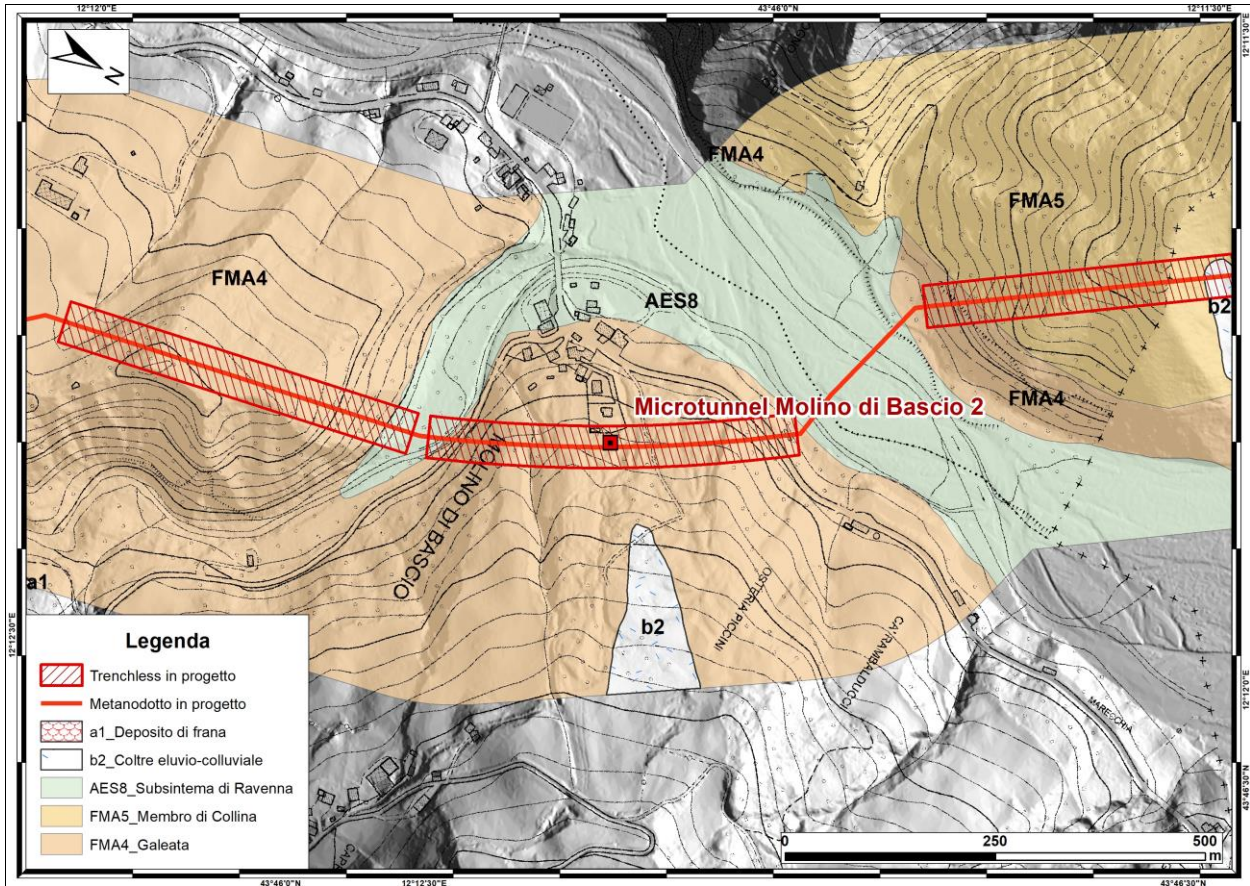





Figura 3-A: Stralcio della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:10.000

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 10 di 51	Rev. 4



Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

4 IDROGEOLOGIA

Il quadro idrogeologico dell'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto è strettamente dipendente dalle condizioni geomorfologiche, variabili lungo le aree su cui insiste l'opera in progetto, caratterizzate da aree montuose e collinari, le quali lasciano il posto (in prossimità del territorio comunale di Cesena verso nord) ad aree pressoché pianeggianti fino al termine del tracciato.

In particolare, la trenchless in progetto, che ricade nella zona montuosa del bacino idrografico del Fiume Marecchia, attraversa il Complesso Idrogeologico dei depositi terrigeni della Formazione Marnoso-Arenacea e dei bacini torbiditici intra-appenninici minori (età Miocene). Il settore geologico è caratterizzato dall'alternanza di marne ed arenarie, talora calcareniti, le cui caratteristiche idrogeologiche danno luogo, più precisamente, al corpo idrico montano identificato come Corpo idrico sotterraneo “Castel del Rio - Castrocara Terme - M Falterona - Mercato Saraceno”, la cui circolazione idrica può essere ricondotta al modello degli hard rock aquifers o acquiferi discontinui. Quest'ultima coinvolge soprattutto le unità a prevalenza arenacea che, se di spessore consistente, possono essere sede di falde perenni, le quali alimentano il reticolo idrografico e le sorgenti maggiori. Di fondamentale importanza per la caratterizzazione della vocazione acquifera della Formazione Marnosa Arenacea (FMA) è il rapporto A/P (arenite/pelite), dove valori più elevati corrispondono ad una maggiore vocazione e viceversa. Solitamente ad un aumento di A/P corrisponde anche un generale aumento dello spessore degli strati, in particolare dei letti arenitici. Tali aspetti rivestono una grande importanza nella circolazione idrica sotterranea (Gargini A. et al. 2009).

Le acque sotterranee circolano preferenzialmente nella coltre superficiale alterata e detensionata della FMA, quest'ultima caratterizzata da una porosità secondaria più elevata di quella primaria della roccia integra e da un grado di permeabilità relativamente più alto; la roccia non alterata o gli strati marnoso-argillosi fungono da litotipi impermeabili. Nei territori appenninici, attraversati dal tracciato in progetto, sono presenti numerose sorgenti alimentate dai corpi arenitici e calcarenitici con portate minime inferiori ad 1 l/s, molte delle quali al servizio di sparsi e numerosi insediamenti montani, da poche unità a poche migliaia di abitanti residenti, con presenza di attività spesso legate al turismo. Le sorgenti montane del Complesso Idrogeologico di FMA sono soggette a monitoraggio costante da parte dell'Arpa Emilia-Romagna ed evidenziano dati di portata (dati monitoraggio 2021) di 0,68 l/s – 0,94 l/s. Si tratta di valori di portata che quasi sicuramente sono associabili a sistemi di flusso a scala locale: falde lungo i versanti, falde in corpi di frana ed in accumuli di detrito.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 11 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

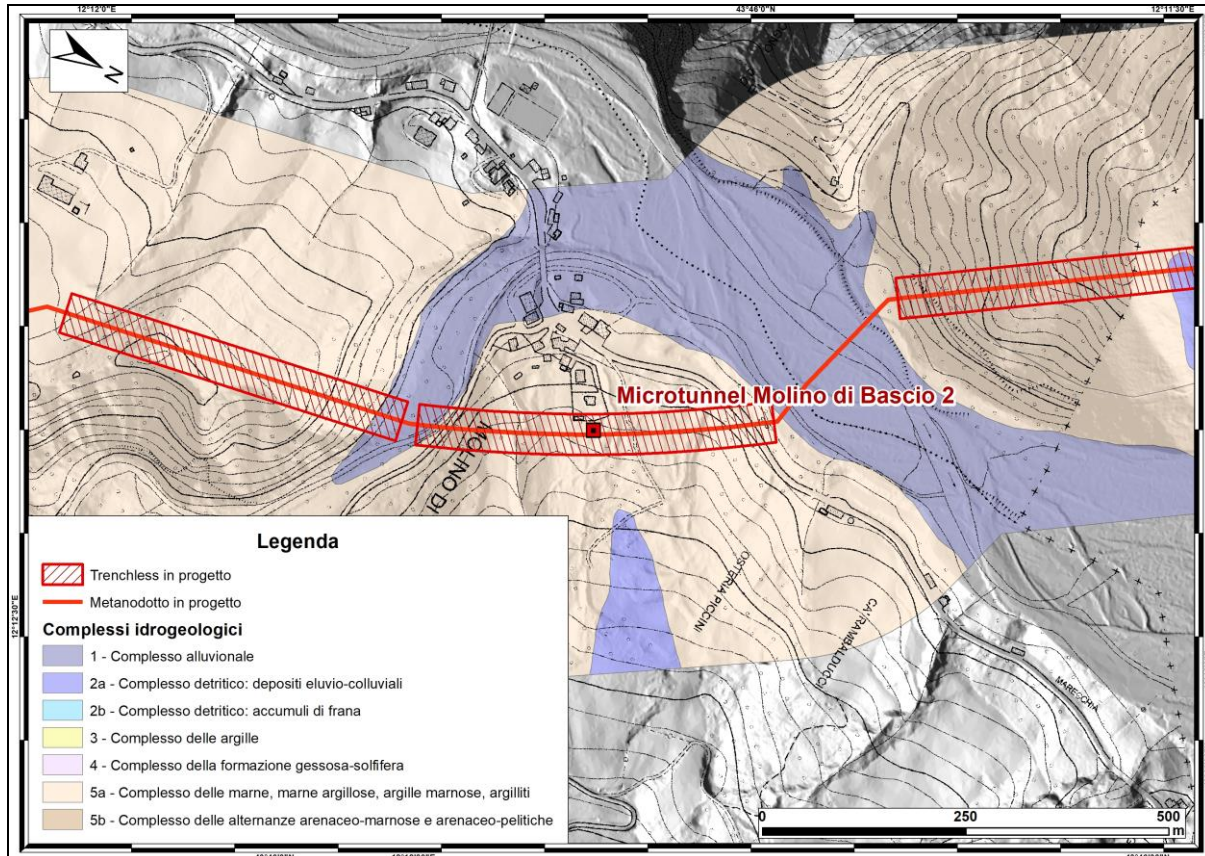


Figura 4-A: Stralcio della Carta Idrogeologica




Di seguito sono riportate le principali caratteristiche degli ulteriori complessi idrogeologici interessati, in misura subordinata, dalla trenchless in progetto.

Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali

Nelle aree di fondovalle è presente il complesso idrogeologico della piana alluvionale del Fiume Marecchia e dei suoi affluenti, caratterizzato da depositi alluvionali terrazzati recenti ed antichi, costituiti da corpi ghiaiosi, ghiaioso sabbiosi e ghiaioso limosi. L'alimentazione di tale complesso è dovuta principalmente all'interazione con le acque superficiali ed in misura minore dall'infiltrazione delle acque di precipitazione. Localmente non si può escludere l'alimentazione da parte dei versanti. Nella parte medio alta delle pianure, come nel caso in studio, gli acquiferi di subalveo sono caratterizzati da un comportamento idrodinamico di tipo libero.

Complesso idrogeologico detritico: accumuli di frana

Limitatamente alle aree soggette a fenomeni franosi, si individua il complesso idrogeologico detritico, il quale presenta un comportamento idrogeologico differente, a causa della variabilità della permeabilità e della porosità. Si tratta, tuttavia, di un complesso avente uno spessore limitato, in grado di ospitare piccole falde superficiali, poiché localizzate al di sopra della Formazione Arenaceo-Marnosa, la quale funge da acquitrando. La porosità è sufficientemente

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 12 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

elevata, mentre la permeabilità assume valori medio-bassi a causa della componente pelitica, proveniente dall’alterazione della formazione flyschoidale.




Complesso idrogeologico detritico: depositi eluvio-colluviali

I sedimenti che costituiscono il complesso eluvio-colluviale presentano andamento irregolare per estensione e spessore (esigui), peculiarità che si traducono in una limitata potenzialità della falda idrica in essi contenuta. Le acque di precipitazione infiltrano, difatti, all’interno dei pori e vengono intrappolate negli interstizi della coltre superficiale. Le aliquote d’acqua di infiltrazione vengono agevolate inoltre dalla morfologia generalmente subpianeggiante dei siti, infatti i depositi eluvio-colluviali si trovano in corrispondenza dei cambi di pendenza, alla base dei versanti o sui versanti a pendenza da debole a moderata.

4.1 Caratteristiche piezometriche dell’area di progetto

In sintesi, l’assetto idrogeologico locale è caratterizzato da vari sistemi di circolazione idrica sotterranea:

- sistema di circolazione idrica nella Formazione Marnoso-Arenacea (FMA) che può dar luogo, localmente, a venute d’acqua in corrispondenza delle attività di scavo lungo gli strati arenacei di maggiore potenza, in particolar modo quelli che presentano maggiori discontinuità e confinati tra strati a minore permeabilità (tale configurazione non esclude l’instaurarsi di falde in pressione); difatti, durante la realizzazione del sondaggio S07_SM_L, è stata rilevata la presenza di acqua a circa 21 m dal p.c., manifestata ad una pressione tale da permetterne la risalita fino al p.c.; a seguito di tale situazione, il sondaggio è stato interrotto ed il foro cementato. Contrariamente, il sondaggio S3, eseguito nel 2007 in posizione prossima al sondaggio S07_SM_L, non ha evidenziato tale problematica ed è stata raggiunta una profondità di 20 m dal p.c. e quindi potenzialmente insufficiente a ritrovare la suddetta falda in pressione. Inoltre, come descritto nel par. 3.2, tale formazione Marnoso-Arenacea si presenta altamente fratturata e pertanto caratterizzata da una maggiore permeabilità;
- sistema di circolazione idrica di versante nella porzione più superficiale, detensionata e fratturata, della Formazione Marnoso-Arenacea, caratterizzata da linee di flusso che seguono la morfologia del versante, che potrebbero essere in parte alimentate anche dalle acque drenate dal corpo di frana censita dal PAI. Tale frana, con andamento circa NE-SW, lambisce a nord l’abitato di Molino da Bascio;
- sistema di circolazione idrica all’interno delle alluvioni del F. Marecchia e del T. Torbello, rispettivamente nei settori dell’imbocco nord e sud, che è condizionata dal regime idrologico dei rispettivi corsi d’acqua. In particolare, le indagini eseguite hanno permesso di rilevare la falda nella zona dell’imbocco sud; in questo caso la stratigrafia del sondaggio S2 evidenzia la presenza, fino a circa 4.6 m dal p.c., di terreni sabbioso-ghiaiosi permeabili, con elevata predisposizione ad interagire con il deflusso superficiale del T. Torbello. In accordo con quanto osservato dalle risultanze del sondaggio S06_SM_L, attrezzato con un piezometro a tubo aperto di lunghezza 14,0 m, avente un tratto fessurato da 2,0 m a 11,0 m dal piano campagna, si evince la presenza di alluvionali permeabili fino a circa 7 m di profondità. Le misure di soggiacenza rinvenuta sono riepilogate nella Tabella 4-A e nell’annesso 1 al presente documento.




	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 13 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

Monitoraggio piezometro S06_SM_L				
Data lettura	18/04/23	05/05/23	20/06/23	18/07/23
Soggiacenza (m p.c.)	3,20	3,10	2,60	2,20

Tabella 4-A: Misure di soggiacenza eseguite nel sondaggio S06_SM_L attrezzato con piezometro

L'attività di rilevamento idrogeologico, eseguito ad aprile 2023 (rif. Doc. 00-LA-E-80307), non ha evidenziato la presenza di pozzi e sorgenti in un'intorno rispettivamente di circa 50 m e 250 m.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 14 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (AdB Marecchia-Conca)

La Variante PAI Marecchia-Conca 2016 è entrata in vigore a seguito dell’avvenuta pubblicazione sulla GURI n. 261, del 21 ottobre 2020, della Variante Marecchia-Conca e coerentemente con quanto previsto dalla Delibera CIP di adozione della Variante stessa (ex art. 8, Del. CIP, n.2, del 18/11/2019 – delibera_2-2019_Variante_Conca-Marecchia (<https://pai.adbpo.it/index.php/variante-pai-marecchia-conca-2016/>)).

Il Piano classifica le aree in dissesto in:

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 15 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

- **Frane Attive (Fa):** dissesti in cui sono evidenti i segni di movimento in atto o recente, indipendentemente dall'entità e dalla velocità dello stesso.
- **Frane Quiescenti (Fq):** dissesti senza indizi di movimento in atto o recente.

Le aree in dissesto sono definite come “aree da assoggettare a verifica” in quanto sono da assoggettare a specifica ricognizione e verifica in relazione alla valutazione della pericolosità dei fenomeni di dissesto; le Norme che disciplinano le attività nelle aree individuate dal PAI sono: art. 17, art. 14 co. 2 e art. 16 co.2.

Per quanto concerne il P.A.I. (AdB Marecchia-Conca), a seguito dell'avvenuta pubblicazione sulla GURI n. 261, del 21 ottobre 2020, della Variante Marecchia-Conca e coerentemente con quanto previsto dalla Delibera CIP di adozione della Variante stessa (ex art. 8, Del. CIP, n.2, del 18/11/2019 – delibera_2-2019_Variante_Conca-Marecchia), si evidenzia che il sito progettuale in questione ricade all'interno di una perimetrazione definita nell'ambito del suddetto strumento (Figura 5-B). Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle interferenze individuate:

Dissesto P.A.I.		Da km	A km
Pericolosità	Attività		
Elevata	Quiescente	4+195	4+230
		4+330	4+360
Molto elevata	Attiva	4+230	4+330

Tabella 5-A: Interferenza dell'opera in progetto con i dissesti censiti dal P.A.I.

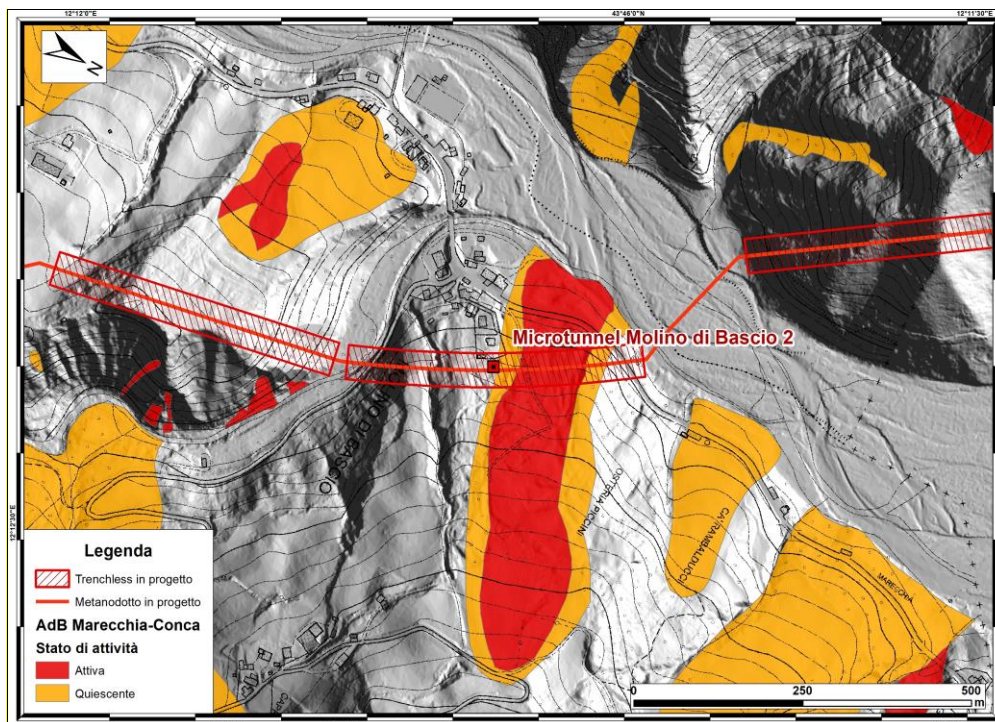


Figura 5-B: Stralcio della Tavola del “Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico (P.A.I.)” dell'Autorità di Bacino del Marecchia-Conca”, con ubicazione dell'opera in progetto (fonte <https://pai.adbpo.it/index.php/variante-pai-marecchia-conca-2016/>)

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 16 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 risulta interferire con un’area censita nel catalogo IFFI, classificata come un deposito di frana attiva di tipo indeterminato, coincidente con la perimetrazione della frana censita nel P.A.I. (Figura 5-C).

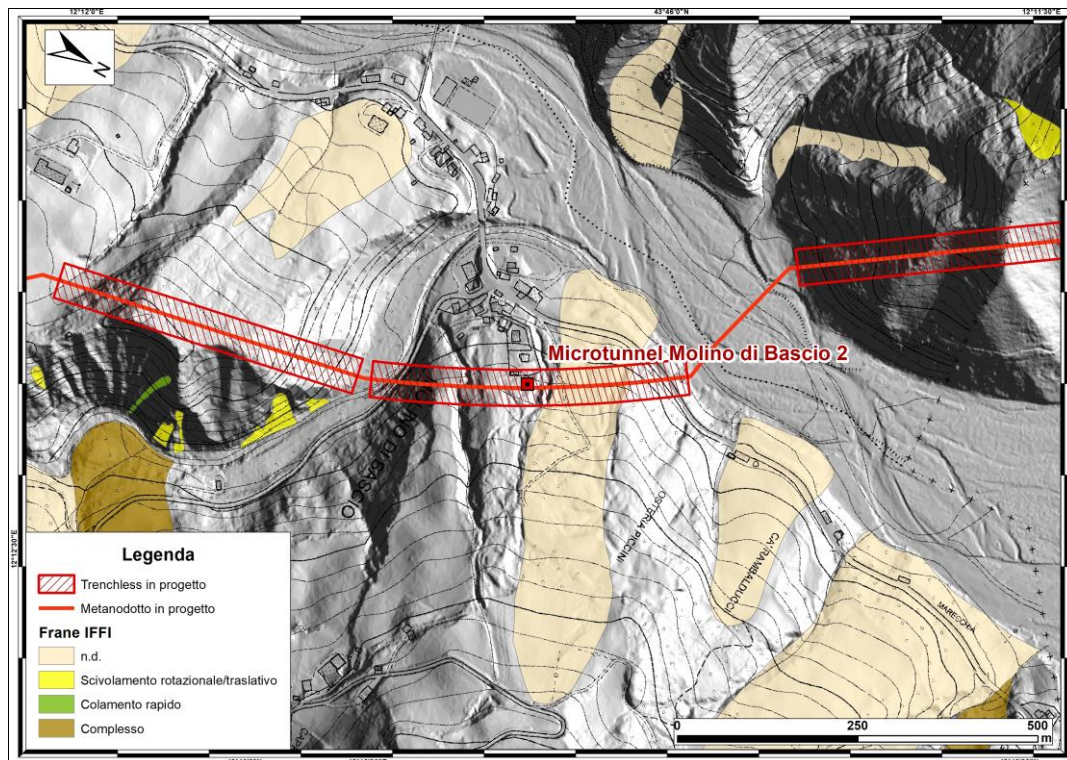


Figura 5-C: Stralcio del catalogo I.F.F.I. (Inventario Fenomeni Franosi in Italia)

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 17 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 interferisce con un dissesto rilevato in campo, classificato come una frana complessa, nel tratto compreso tra il km 4+015 e il km 4+085 (Figura 5-D).

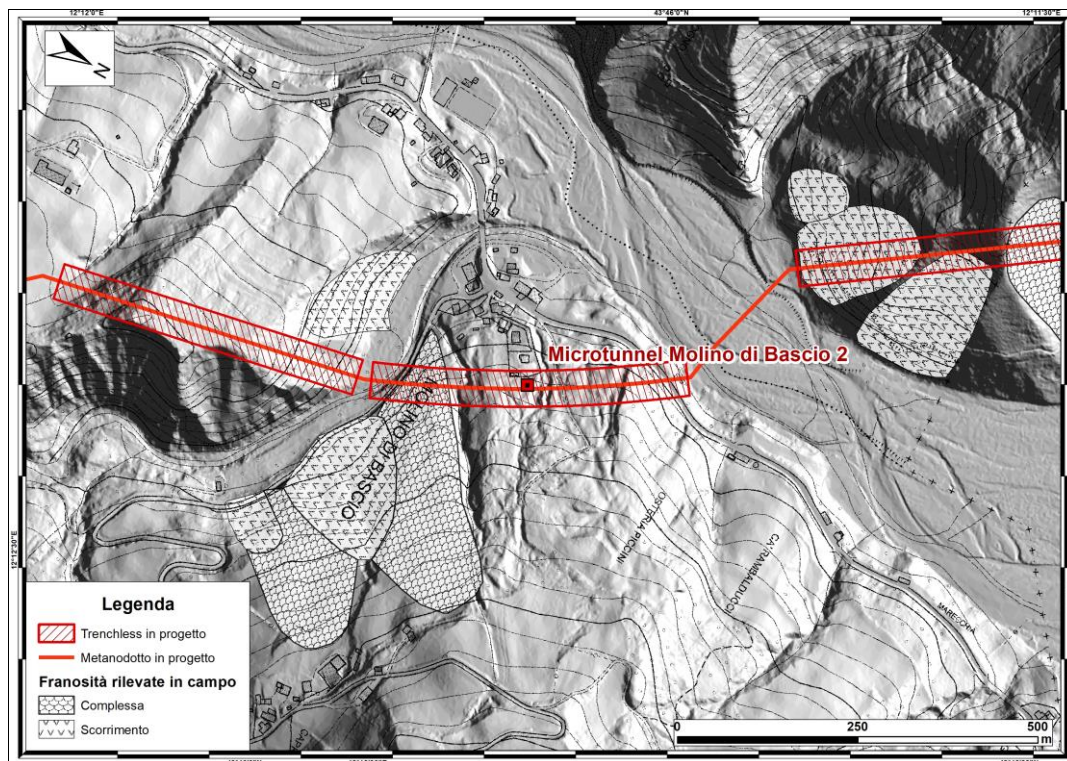





Figura 5-D: Stralcio dei dissesti rilevati in campo

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 18 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 Rimini interessata dal tracciato in progetto ricade in zona sismica 2. 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 dalla trenchless in progetto, 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 ≥ 5 o magnitudo ≥ 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;
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 19 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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).

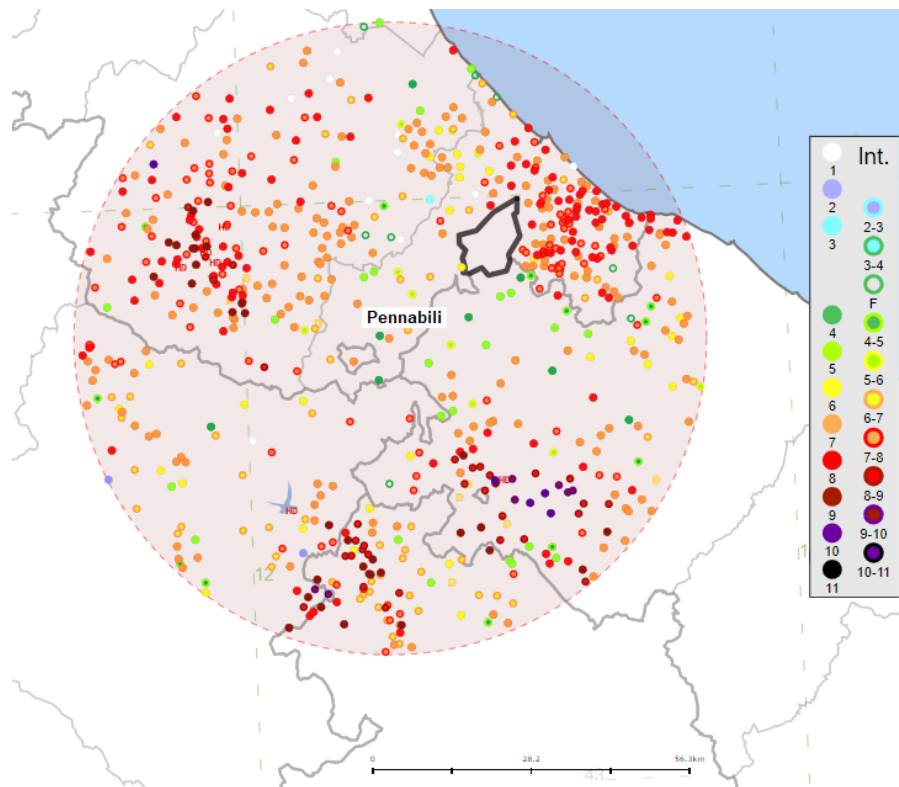





Figura 6-A: Mappa dei terremoti storici avvenuti dall'anno 1000 al 2020 in un raggio di 50 km dal Comune di Pennabilli (da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 v. 4.0, Rovida et. al. 2022, INGV). <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 20 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

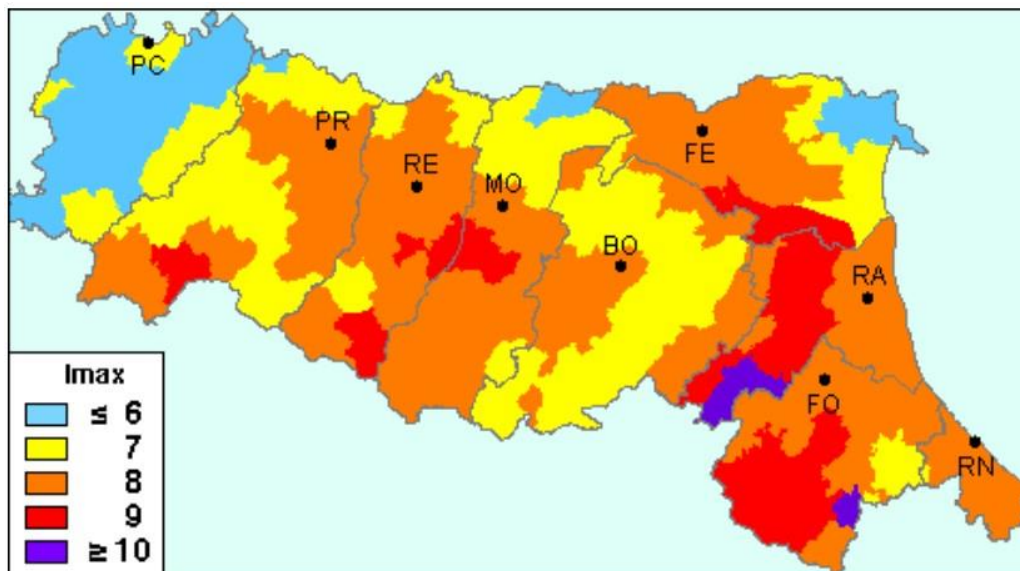


Figura 6-B: Massime intensità macrosismiche in scala MCS osservate nella Regione Emilia-Romagna (GNDT, ING, SSN).




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 (ag), 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 $V_s > 800$ m/s secondo lo schema seguente:

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 21 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

ZONA	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta : indica la zona più pericolosa dove possono verificarsi forti terremoti	$ag > 0,25$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi forti terremoti	$0,15 < ag \leq 0,25$ g
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti	$0,05 < ag \leq 0,15$ g
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa , dove possono verificarsi deboli terremoti con danni modesti	$\leq 0,05$ 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, cha 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 i territori comunali di Pennabilli (RN), su cui insiste l'area di studio, sono inseriti in zona sismica 2 (Figura 6-C).

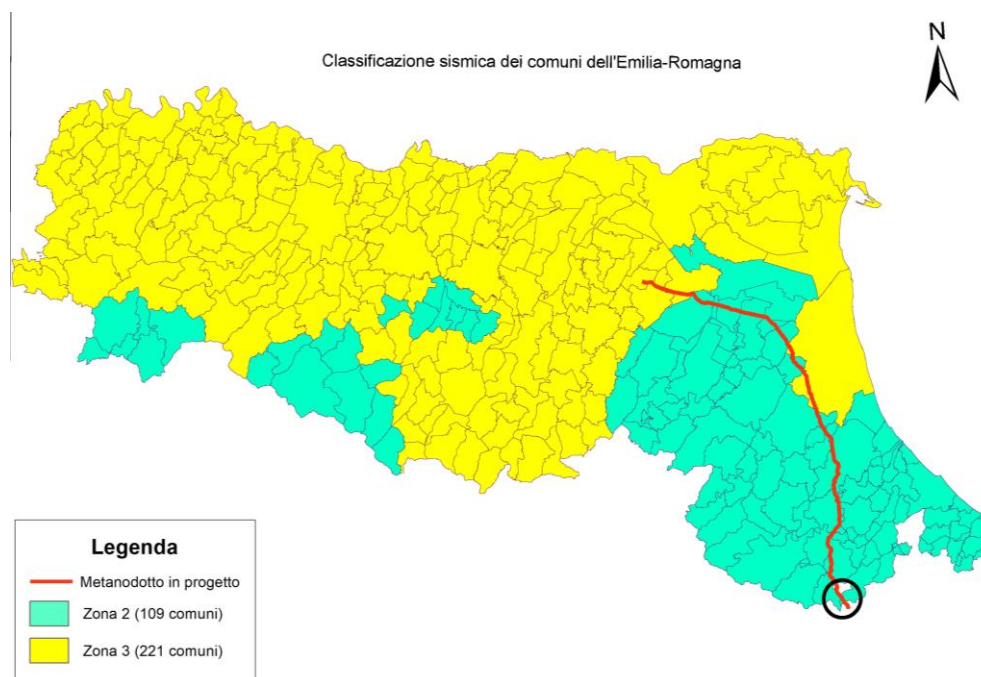


Figura 6-C: Riclassificazione sismica della Regione Emilia-Romagna DGR 146/23; il cerchio nero indica l'area oggetto di intervento.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 22 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 T_r , 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 T_r).

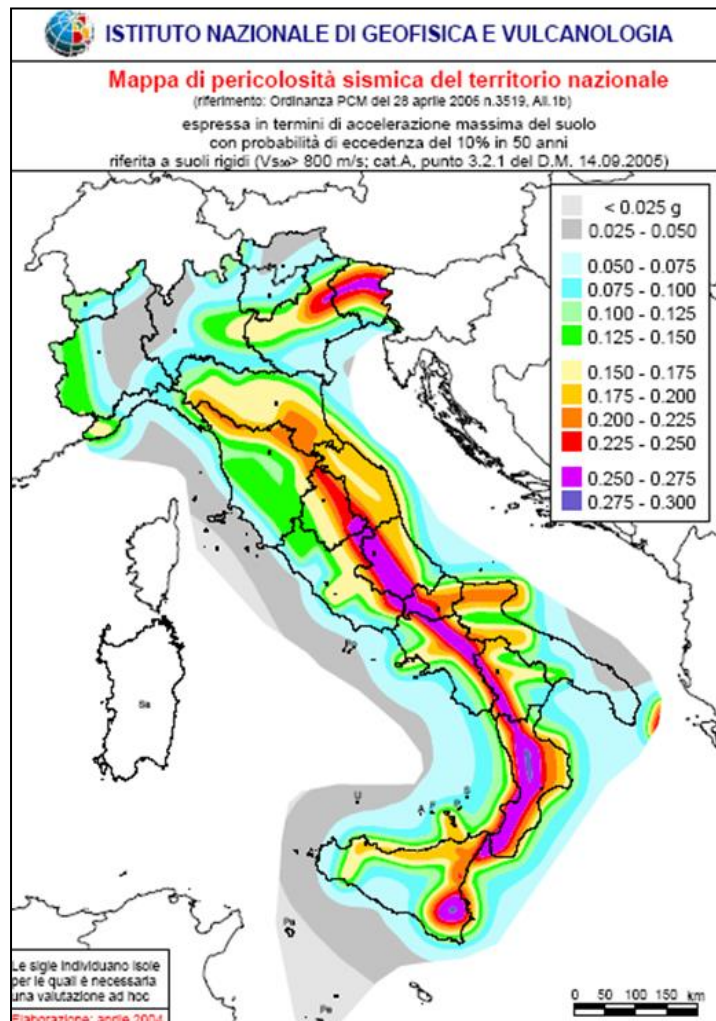





Figura 6-D: Mapa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R/22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 23 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

Sulla base della mappa di pericolosità sismica in 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) che corrisponde ad una zona sismica di tipo 2.

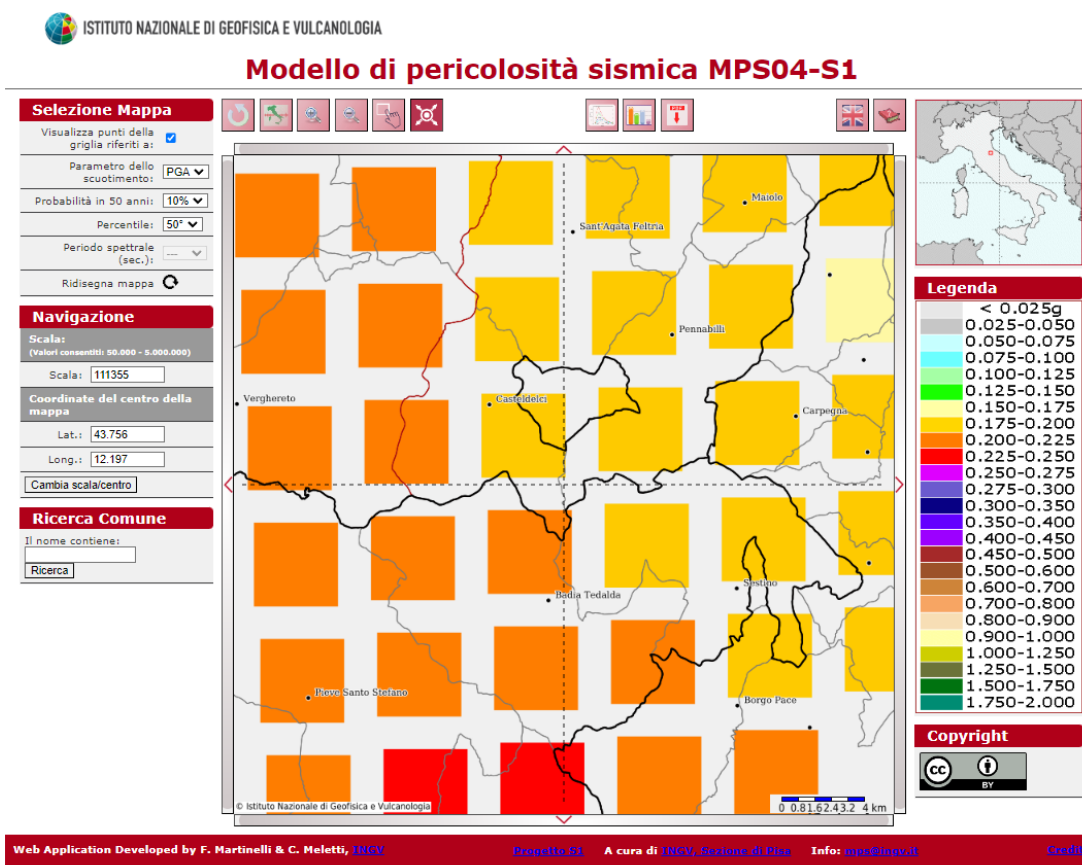





Figura 6-E: Mappa di Pericolosità Sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR=475 anni) centrata sull’opera in oggetto, all’interno dei limiti amministrativi del Comune di Pennabilli (RN).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 24 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

6.3 Categoria di sottosuolo

Le “Norme Tecniche per le Costruzioni” impongono di valutare l’azione sismica di progetto sulla base della “pericolosità sismica di base” attraverso il calcolo di uno specifico “spettro di risposta elastico” modificato dalle condizioni di sito stratigrafiche e topografiche. Come già specificato, in mancanza di specifiche analisi, la risposta sismica locale si valuta sull’individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento sulla base del parametro V_{eq} (Tabella 6-B). Questo rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde S ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi H (30) metri di sottosuolo.

CATEGORIA	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore ai 30m.

Tabella 6-B: Categorie di sottosuolo secondo NTC18


Nel caso specifico, sono state utilizzate le risultanze di n. 1 prova MASW eseguita in corrispondenza del sito progettuale.

La velocità delle onde di taglio nei primi trenta metri V_{seq30} è risultata pari a:

MASW	V_{seq30} (m/s)
M25	403

Il sottosuolo dell’area in esame appartiene alla **categoria B**.

Il report specifico dell’indagine geofisica è allegato alla presente relazione “Annesso 3”.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 25 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

6.4 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.

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.

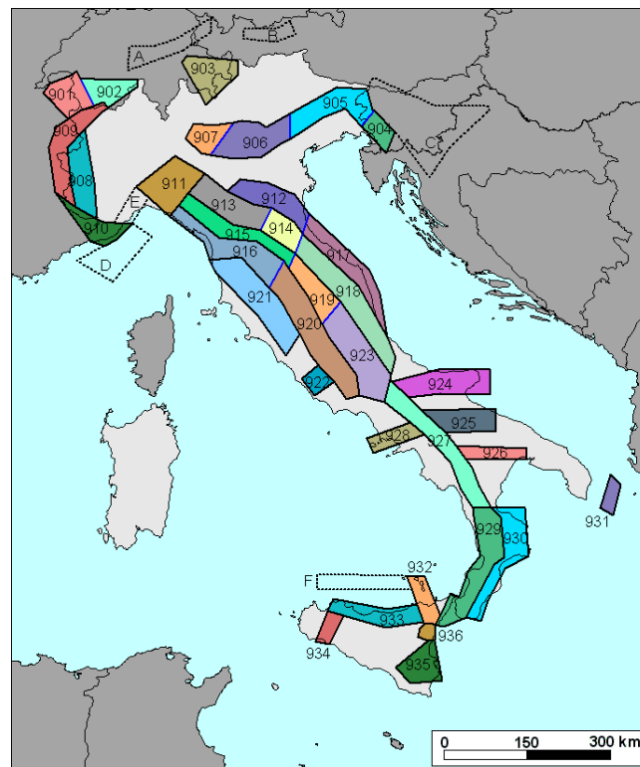





Figura 6-F: Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 26 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

L’opera in progetto ricade nella porzione settentrionale della zona sismogenetica 918 (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 918, insieme alla 913 e 914 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all’Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nordoccidentale e distensivi nella porzione sudorientale. Si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L’intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna. Alla zona 918 sono da riferire alcune sorgenti silenti legate a fagliazione normale.

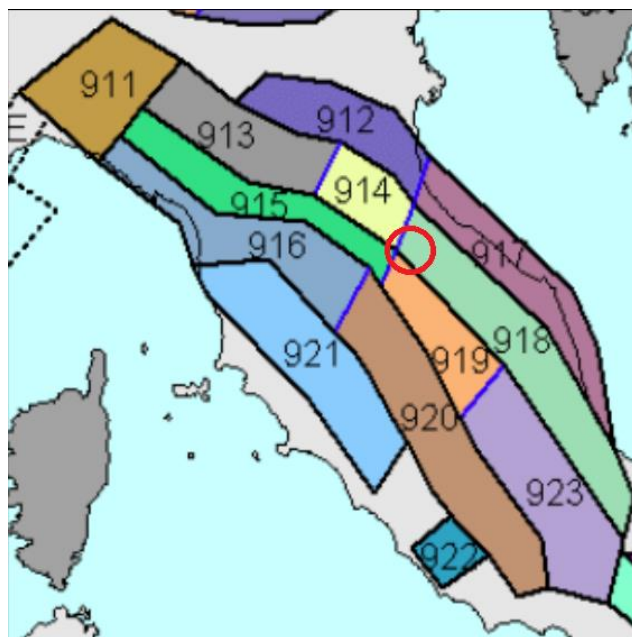


Figura 6-G: Zonazione sismogenetica; il cerchio rosso indica l’area oggetto di intervento

La Tabella che segue mostra i valori delle profondità efficaci ottenute per la zona sismogenetica 918.

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)
918	455	179	26	4.2	12-20	13

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:




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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 27 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 918 non è stato possibile assegnare (in modo univoco) un meccanismo di fagliazione prevalente.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 28 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

6.5 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 sintetizzati all’interno di due banche dati principali estese all’intero territorio nazionale:

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

6.5.1 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 esterno alle sorgenti sismogenetiche (Figura 6-H).

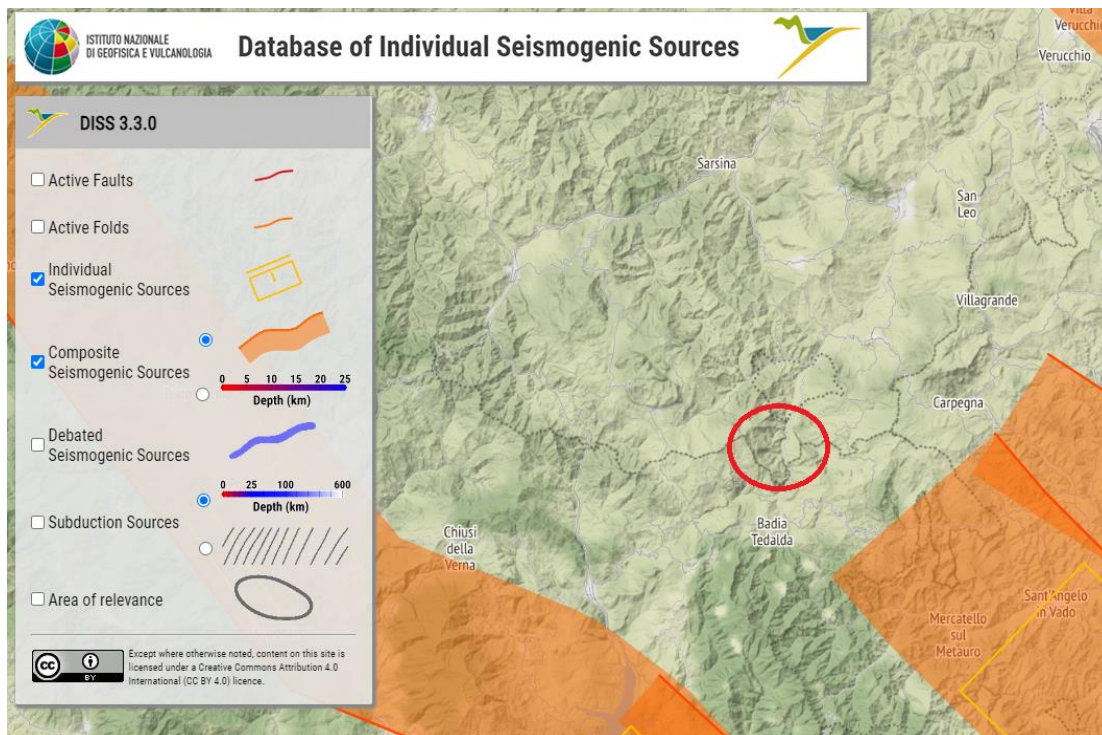


Figura 6-H: Stralcio database DISS versione 3.3.0 (2021, INGV) relativamente all’area di interesse.

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 29 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

6.5.2 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 della trenchless in progetto non risulta intersecare faglie capaci (Figura 6-I).

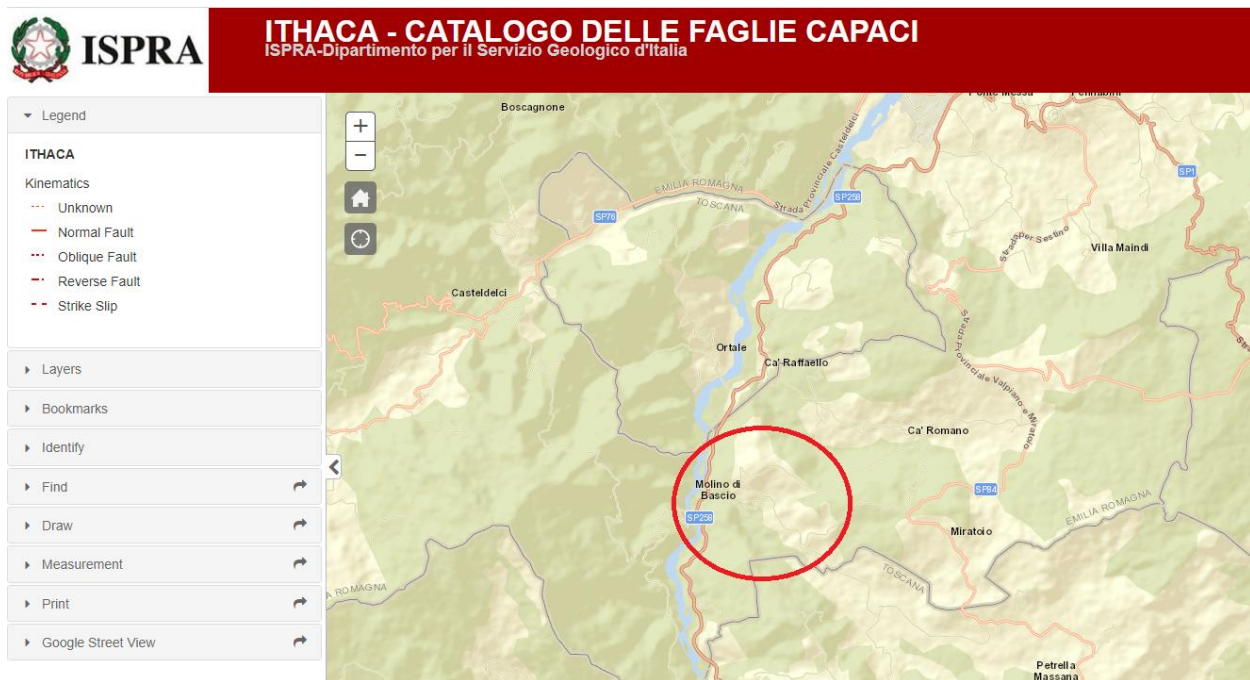


Figura 6-I: Stralcio database ITHACA (ISPRA) relativamente all'area di interesse. Accessibile al link <http://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html#>

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 30 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 (Figura 7-A):

- n. 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo: S2, S3, S4 e S5 (campagna ATI) e S06_SM_L e S07_SM_L (campagna 2023);
- n. 1 prova MASW, denominata MASW_025_SM_L;
- n. 1 tomografia elettrica, denominata ERT_03_SM_L.

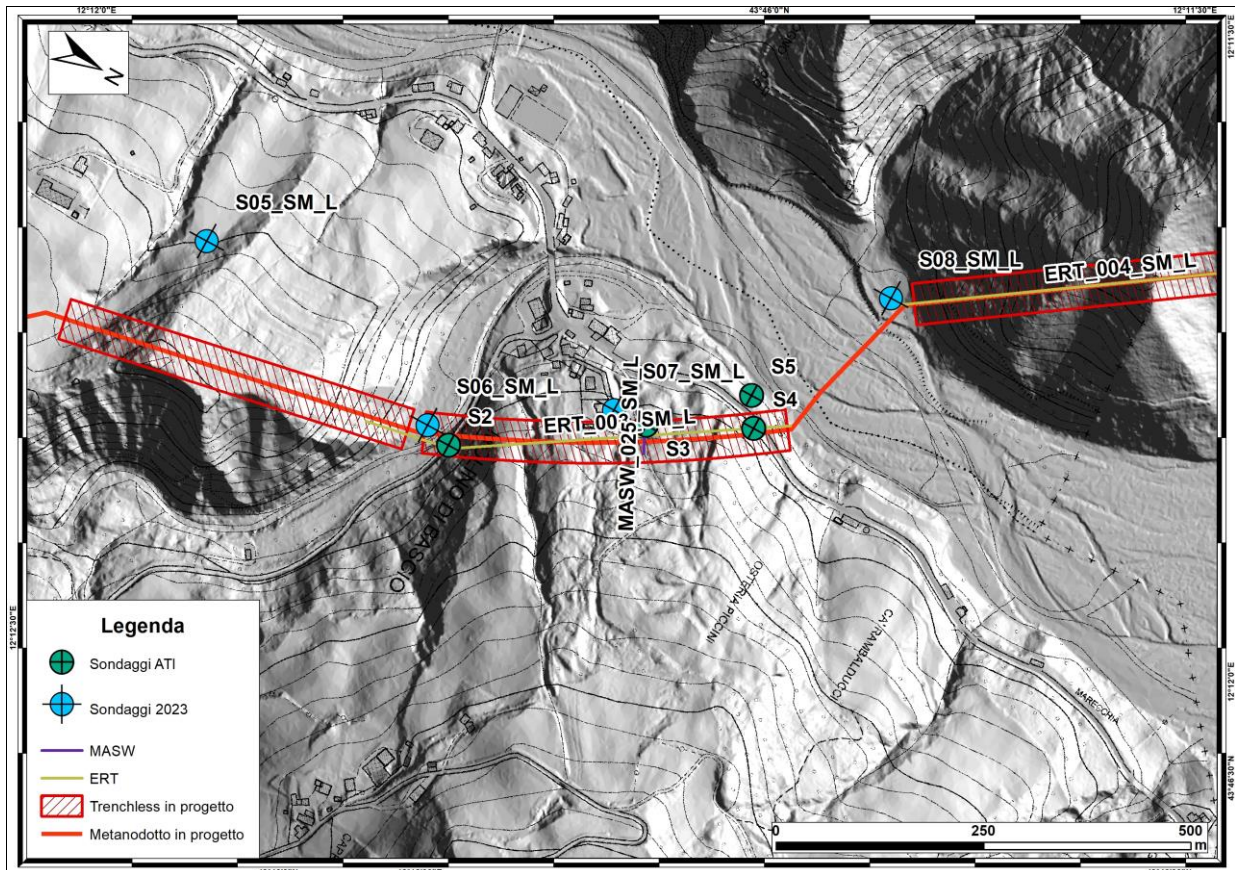





Figura 7-A: Ubicazione dei sondaggi geognostici eseguiti nell’area oggetto di intervento.

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

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 31 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 $N_{spt} = 100$.




Di seguito vengono elencati i sondaggi geognostici eseguiti nelle precedenti campagne, le relative profondità di prelievo dei campioni, il numero di prove S.P.T. eseguite nel foro durante la campagna ATI (Tabella 7-A).

Sondaggio	Profondità (m)	Profondità S.P.T. (m)	Profondità campioni (m)
S2	10	1.50-1.95 C 3.90-4.35 C	2.15-2.37 T 9.40-9.65 L
S3	20	6.50-6.95 C	17.00-17.31 L
S4	10	1.60-2.05 C 4.00-4.45 C	2.15-2.37 T 7.18-7.40 L
S5	10	3.00-3.14C 8.00-8.24C	7.18-7.40 T

C = prova penetrometrica a punta chiusa
 A = prova penetrometrica a punta aperta
 L = campione litoide
 T = campione terrigeno

Tabella 7-A: Sondaggi eseguiti durante le campagne geognostiche ATI.

Di seguito vengono elencati i sondaggi geognostici eseguiti nella campagna 2023, le relative profondità di prelievo dei campioni, il numero di prove S.P.T. eseguite (Tabella 7-B).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 32 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

Sondaggio	Profondità (m)	Profondità S.P.T. (m)	Profondità Campioni (m)
S06_SM_L	20	1.50-1.95 A 3.00-3.45 A 4.50-4.95 A 6.00-6.07 C 7.50-7.61 C 9.00-9.34 C 10.50-10.52 C 12.00-12.01 C 13.50-13.53 C 15.00-15.01 C 16.50-16.51 C 18.00-18.02 C 19.50-19.51 C	1.50-2.00 T 3.00-3.50 T 4.50-5.00 T 6.00-6.50 T 7.50-8.00 T 9.00-9.50 L 10.50-11.00 L 12.00-12.50 L 13.50-14.00 L 15.00-15.50 L 16.50-17.00 L 18.00-18.50 L 19.50-20.00 L
S07_SM_L	28.5	3.00-3.40 C 9.00-9.01 C 15.00-15.01 C	3.00-3.50 T 6.00-6.50 L 12.00-12.50 L 15.00-15.50 L
C = prova penetrometrica a punta chiusa A = prova penetrometrica a punta aperta L = campione litoide T = campione terrigeno			

Tabella 7-B: Sondaggi eseguiti durante la campagna geognostica 2023.

SONDAGGIO S2




Il sondaggio S2 è stato effettuato nel territorio comunale di Pennabilli (RN), ad una quota di 430,00 m s.l.m. La verticale d'indagine è stata eseguita per caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico l'imbocco nord del microtunnel Molino di Bascio I ma, per la vicinanza, risulta utile anche per analizzare la zona di imbocco sud-est della trenchless in oggetto.

Dalla stratigrafia emerge che al di sotto del terreno vegetale dello spessore di circa 0,85 m, si rinviene fino a 4,60 m una stratificazione costituita da sabbie sciolte ghiaiose e a luoghi limose di natura alluvionale e detritica. Da 4,60 fino a 5,50 m si ha un livello di siltite alterata dal grigio al grigio chiaro; quindi, fino a fondo foro, è presente siltite marnosa poco fratturata, compatta, con livelli arenacei centimetrici.

Sondaggio S2 (X: 757801,44, Y: 4850868,77)					
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 – 0.85		Terreno vegetale			
0.85 – 2.00		Sabbie ghiaiose e limo, sciolto di 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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 33 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

Sondaggio S2					
(X: 757801,44, Y: 4850868,77)					
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			
		quarzosa			
2.00 – 2.60		Limo sabbioso			
2.60 – 4.60		Sabbie ghiaiose			
4.60 – 5.50		Siltite marnosa alterata			
5.50-10.00		Siltite marnosa			

Tabella 7-C: Sondaggio S2




SONDAGGIO S3

Il sondaggio S3, ubicato nel territorio comunale di Pennabilli (RN) ad una quota di 440,00 m s.l.m., è stato eseguito per caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico i terreni attraversati dal microtunnel denominato Molino di Bascio 2.

Dalla stratigrafia emerge che al di sotto del terreno vegetale dello spessore di circa 0,60 m, si rinviene, fino a 2,80 m, uno strato costituito da sabbie ghiaiose da molto addensate ad addensate. Da 2.80 m fino a 5,00 m è presente l'alterazione del substrato semilitoide costituito da marne argillose e argille marnose, alterate e fratturate. Da circa 5.00 m fino a fondo foro sono presenti marne e marne argillose del substrato poco fratturate e talvolta laminate con inclinazione di circa 5° a franapoggio.

Sondaggio S3					
(X: 757652,29, Y: 4851056,60)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
20	1	1	-	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00 – 0.60		Terreno vegetale			
0.60 – 2.80		Sabbie ghiaiose			
2.80 – 5.00		Siltite marnosa alterata			
5.00 – 20.00		Siltite marnosa			

Tabella 7-D: Sondaggio S3

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 34 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

SONDAGGIO S4

Il sondaggio S4 è stato eseguito in prossimità della S.P. n. 258 Marechiese, nel territorio comunale di Pennabilli (RN), ad una quota di 426,00 m s.l.m per caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico l'area dell'imbocco nord-ovest del microtunnel in studio.

Dalla stratigrafia emerge che al di sotto del terreno vegetale dello spessore di circa 0,50 m, si rinviene un livello costituito da limi sabbiosi poco consistenti e ghiaie moderatamente addensate di natura detritico-alluvionale, presenti fino a circa 2,00 m. Dai 2,00 m e fino a fondo foro è presente siltite marnosa compatta, da alterata a fortemente alterata, e stratificata, di colore dal grigio al grigio chiaro. Tale siltite risulta intervallata tra 2,00 e 3,50 m da un livello di sabbie ed arenaria compatta.

Sondaggio S4 (X: 757585,72; Y: 4851167,43)					
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 – 0.50		Terreno vegetale			
0.50 – 2.00		Limi sabbiosi ghiaiosi			
2.00 – 3.00		Siltite marnosa alterata			
3.00 – 3.50		Arenaria compatta			
3.50 – 7.50		Siltite marnosa alterata			
7.50-10.00		Siltite marnosa			




Tabella 7-E: Sondaggio S4

SONDAGGIO S5

Il sondaggio S5 è stato eseguito nel territorio comunale di Casteldelci (PU), ad una quota di 423,00 m circa s.l.m per caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico l'attraversamento del fiume Marecchia.

Dalla stratigrafia emerge che al di sotto di un esiguo spessore di terreno vegetale si rinviene, fino a 4,80 m dal p.c. un potente livello costituito da ghiaie sabbiose sciolte e subordinatamente, da ghiaie sabbiose sciolte con ciottoli, sede della falda superficiale. I clasti si presentano sub-arrotondati, del diametro compreso tra 60 e 100 mm. Da questa profondità e fino a fondo foro si ha uno strato costituito da limi sabbiosi molto consistenti e ghiaie sub-arrotondate del diametro minore di 30 mm. I terreni sono di natura alluvionale e connessi all'attività del Fiume Marecchia.

Sondaggio S5 (X: 757553,16; Y: 4851143,97)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
10	2	1	-	-	-

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 35 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

Intervallo (m)	Litologia
0.00 – 0.30	Terreno vegetale
0.30 – 2.60	Ghiaie sabbiose sciolte
2.60 – 4.80	Ghiaie sabbiose con ciottoli
4.80 – 10.00	Limi sabbiosi e ghiaie

Tabella 7-F: Sondaggio S5

SONDAGGIO S_06_SM_L

Il sondaggio S_06_SM_L (campagna 2023) è stato eseguito in località Molino di Bascio, nel territorio comunale di Pennabilli (RN), ad una quota di 473,60 m s.l.m. al fine di caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico un'area in dissesto attiva censita dal PAI del Marecchia-Conca e prossima all'estremità meridionale della trenchless in progetto. Dopo una copertura di 0.10 m di terreno vegetale, si rinviene fino ai 3.00 m di profondità Argilla sabbiosa marrone con ghiaia e ciottoli arrotondati. Prosegue fino ai 6.70 m uno strato di ghiaia e ciottoli, questo fino ai 5.00 m è caratterizzato da una scarsa matrice sabbiosa marrone, successivamente la matrice sabbiosa diventa abbondante. Fino ai 7.50 m si rinviene uno strato di arenaria. Dai 7.50 fino a fondo foro si succede un'alternanza di argilliti, siltiti e arenarie. Le arenarie risultano molto compatte, argilliti e siltiti fittamente stratificate e fratturate. Il sondaggio è stato dotato di piezometro. Nel tempo sono stati misurati 4 livelli di falda, il primo registrato il 18/04/23 riporta la quota piezometrica a 3.20 m, la seconda lettura è stata effettuata il 05/05/23 ed ha rilevato una quota a 3.10 m, la terza eseguita il 20/06/23 a evidenziato la falda a 2.60 m ed infine l'ultima, effettuata il 18/07/2023, ha segnalato il livello ad una quota di 2,2 m dal p.c.

Sondaggio S06_SM_L					
(X: 757794,51, Y: 4850834,02)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
20	13	-	13	-	1
Intervallo (m)	Litologia				
0.00 – 3.00	Argilla sabbiosa con ghiaia e ciottoli				
3.00-6.70	Ghiaia e ciottoli				
6.70-7.50	Arenaria				
7.50-20.00	Alternanza di argilliti, siltiti e arenarie				




Tabella 7-G: Sondaggio S06_SM_L

SONDAGGIO S_07_SM_L

Il sondaggio S_07_SM_L (campagna 2023) è stato eseguito in località Molino di Bascio, nel territorio comunale di Pennabilli (RN), ad una quota di 494 m s.l.m. al fine di caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico un'area in dissesto attiva censita dal PAI del Marecchia-Conca. Il primo strato che si rinviene è un limo sabbioso grigio con ciottoli e ghiaia fino alla profondità di 1.60 m. Successivamente fino ai 2.50 m è presente un'argilla limosa sabbiosa grigia con ghiaia. Prosegue fino ai 3.50 m con un limo sabbioso grigio con ciottoli e

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 36 di 51	Rev. 4




Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

fino ai 14.40 m con un'argillite con rari livelli di arenaria. Nel tratto da 12.50 m ai 14.40 m l'argillite si presenta fratturata. Tra i 14.40 m e i 16.00 m è presente uno strato di arenaria molto fratturata. Prosegue fino a fondo foro alternanze di arenaria e argillite con livelli di calcite. Dalla quota -21 m dal p.c. è stata registrata una venuta continua di acqua in pressione.

Sondaggio S07_SM_L (X: 757657,9, Y: 4851013,21)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
28.5	3	2	2	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-1.60		Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli			
1.60-2.50		Argilla limosa sabbiosa con ghiaia			
2.50-3.50		Limo sabbioso con ciottoli			
3.50-14.40		Argillite.			
14.40-16.00		Arenaria molto fratturata.			
16.00-28.50		Alternanze di arenaria e argillite con livelli di calcite			

Tabella 7-H: Sondaggio S07_SM_L

Le colonne stratigrafiche complete e la documentazione relativa alle prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati sono inclusi negli annessi alla presente relazione.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 37 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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.

Da un punto di vista litologico le verticali indagate dai sondaggi evidenziano nel complesso un assetto caratterizzato dal bedrock litoide della Formazione Marnoso-Arenacea, il quale è soggetto, verso l'alto, ad un progressivo processo di degradazione. La porzione più superficiale, prossima al p.c., esposta maggiormente agli agenti esogeni, si presenta difatti più fratturata e detensionata, evidenziando una spinta degradazione in sabbie, limi ed argille. Nel caso specifico, tali sedimenti risultano coinvolti in un esteso, quanto superficiale, fenomeno franoso, censito dal PAI, che coinvolge l'intero versante interessato dalla trenchless; tale coltre è stata riscontrata nei sondaggi S3, S4 e S07_SM_L.

Nelle aree degli imbocchi del microtunnel, a sud-est ed a nord-ovest, affiorano sedimenti alluvionali, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, legati rispettivamente alle esondazioni del Torrente Torbello (S2 e S06_SM_L) e del Fiume Marecchia (S5).

Come precedentemente illustrato, i diversi rilievi di campagna hanno permesso di definire più in dettaglio l'assetto giaciturale dei litotipi prevalentemente arenacei affioranti nell'area percorsa dalla trenchless in progetto. È stato osservato che il versante attraversato dall'opera ha un assetto monoclinale a franapoggio, immergente verso W (circa 270/15°-20°). Tuttavia, è stato osservato che l'estremità sud-est dell'opera in progetto risulta attestarsi in un'area caratterizzata da litotipi prevalentemente marnosi, la cui giacitura è di circa 170°-200° con un'inclinazione tra 20° e 30° e di conseguenza risultando anch'essi a franapoggio. La differente giacitura è stata associata alla presenza di una presunta struttura tettonica, rappresentato da un impluvio avente direzione circa NE-SW. Tale lineamento tettonico pone presumibilmente in contatto il membro di Galatea arenaceo (FMA4) con il membro di Civitella marnoso (FMA9).




In relazione alla struttura del rilievo e ai dati dei sondaggi eseguiti è stato possibile caratterizzare la porzione più superficiale della formazione flyschoidale, prevalentemente siltitico-marnosa, sovrastante lo sviluppo della trenchless.

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. C_u e γ) vanno utilizzati sempre con

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 38 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

la giusta cautela in quanto spesso sovrastimati rispetto ai valori corrispondenti ricavati dalle prove di laboratorio, che rimangono i valori più veritieri.

Per la campagna ATI sono state ottenute le seguenti interpretazioni:




Sondaggio	Profondità (m)	Nspt	γ (t/m ³)	ϕ (°)
S2	1.50-1.95	3-6-8	1.85	29.5
	3.90-4.35	24-30-36	2.00	35.0
S3	6.50-6.95	39-44-49	2.00	40.0
S4	1.60-2.05	6-8-8	1.90	27.0
	4.00-4.45	5-6-7	1.85	29.0
S5	3.00-3.14	R14	2.00	32
	8.00-8.24	27-R9	1.85	27

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

Per la campagna geognostica 2023 sono state ottenute le seguenti interpretazioni:

Sondaggio	Profondità (m)	Nspt	γ (t/m ³)	ϕ (°)
S_06_SM_L	1.50-1.95	12-17-15	1.85	31.5
	3.00-3.45	17-24-32	1.85	34.5
	4.50-4.95	11-15-17	1.85	31.8
	6.00-6.07	R	1.90	36.1
	7.50-7.61	R	1.90	36.1
	9.00-9.34	25-36-R	1.95	35.5
	10.50-10.52	R	2.00	36.0
	12.00-12.01	R	2.00	35.9
	13.50-13.53	R	2.00	35.9
	15.00-15.01	R	2.00	35.8
	16.50-16.51	R	2.00	35.9
	18.00-18.02	R	2.00	35.9
	19.50-19.51	R	2.00	35.9
S_07_SM_L	3.00-3.40	5-10-R	1.85	34.1
	9.00-9.01	R	2.00	36
	15.00-15.01	R	2.00	36

Tabella 7-J: Interpretazione parametrica per la campagna 2023.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 39 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

7.2.2 Prove di Laboratorio

Sui campioni prelevati all'interno dei sondaggi sono state eseguite diverse prove di laboratorio in funzione della natura litologica degli stessi. Di seguito si riporta il riassunto del prelievo di campioni per la campagna ATI.

Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	Lavorazione
S2	2.15-2.37	Terreno	No
	9.40-9.65	Roccia	No
S3	17.00-17.31	Roccia	Si
S4	2.15-2.37	Terreno	No
	7.18-7.40	Roccia	No
S5	7.18-7.40	Terreno	No

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

Dei campioni prelevati è stato sottoposto a prove di laboratorio il campione CR1 appartenente al sondaggio S3. Su di esso è stata eseguita una prova Point Load.

Il Point Load Test fornisce un indice di resistenza per la classificazione del materiale roccioso. Questo indice, più propriamente noto come Point Load Test Index, si relaziona empiricamente con la resistenza a compressione monoassiale di una roccia. Si può applicare sia su campioni irregolari che regolari di roccia. Questi ultimi generalmente sono carote di sondaggio (quindi cilindriche) di dimensioni variabili dai 25 a 50 millimetri di lunghezza per i quali può essere sufficiente applicare un carico massimo di 50 kN. Lo strumento è costituito da coni d'acciaio con forma appuntita terminale entro cui viene posto il campione; le punte vengono abbassate con una manovella fino a toccare il campione. Si misura il valore D che è la distanza tra le due punte a contatto col campione. Poi si applichi una forza di compressione fino a provocare la rottura del campione stesso. Si registra la forza a rottura (P) Il Point Load Test Index sarà $Is=P/D2$.




Per procedere ad una classificazione dell'ammasso roccioso in funzione della compressione monoassiale, occorre considerare $Is(50)$ cioè il valore di resistenza a rottura corretto per un campione di 50mm. Per determinare "empiricamente" la resistenza a compressione monoassiale della roccia potrà essere utilizzata la seguente relazione: $q=K Is(50)$. K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24.

Per il campione CR1 è stato ottenuto un valore di $Is(50)$ medio di 2.85 Mpa che indicativamente corrisponderebbe ad un valore di resistenza a compressione monoassiale di circa 40 Mpa

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 elettrodo), 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.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 40 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

Tomografia elettrica ERT03_SM_L

Nel sito d’investigazione è stata effettuata una tomografia elettrica durante la campagna 2023, denominata ERT03_SM_L. Le caratteristiche d’acquisizione sono di seguito riassunte:

Profilo elettrico	Tipologia Array	Direzione*	Profondità d’investigazione (m)	Lunghezza stesa (m)
ERT06_SM_L	Wenner	Longitudinale	55	270

*Riferito all’orientamento del metanodotto

Tabella 7-L: Caratteristiche tomografia elettrica.

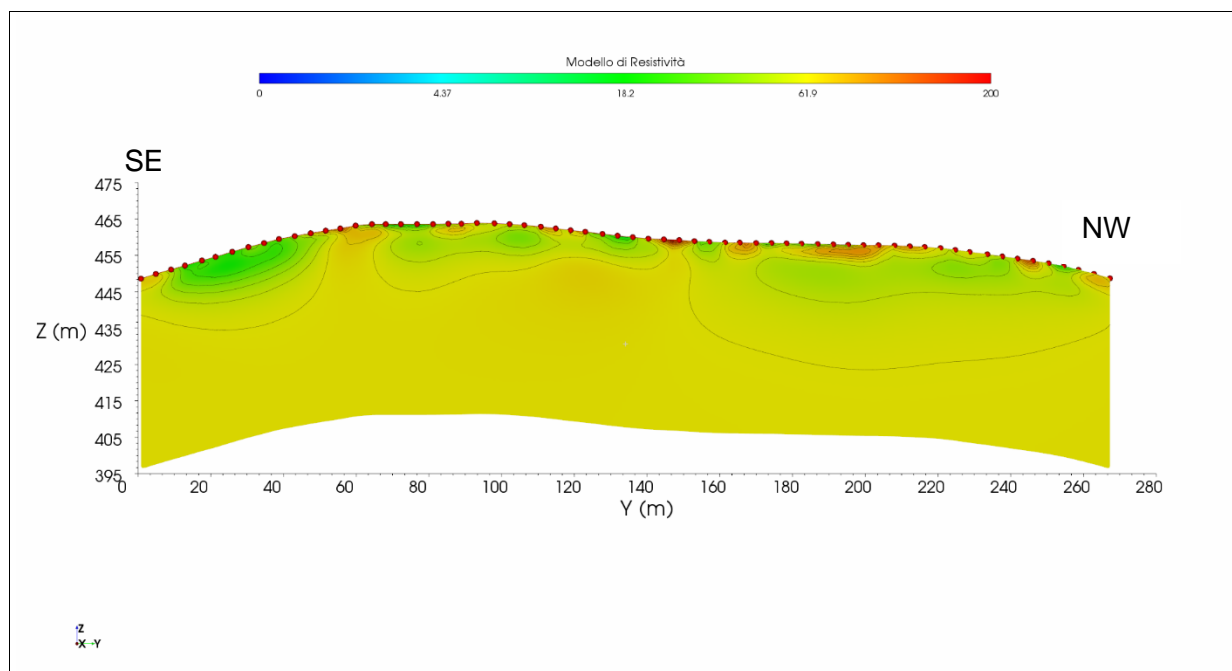





Figura 7-B: Tomografia elettrica ERT03_SM_L

La distribuzione dei valori di resistività appare congruente con le stratigrafie ottenute nella campagna geognostica 2023. Infatti, a fronte superficialmente della presenza di strati di terreno a frazione granulometrica prevalente variabile, tra i 7/10 m di profondità fino alla profondità massima di investigazione, si evince una distribuzione dei valori di resistività apparente omogenea. Tale condizione può essere associata alla presenza di strutture litoidi intercettate per la quasi totalità della pseudosezione. In generale dalle misurazioni non è possibile individuarne il grado di fratturazione e la natura litologica (arenaria o argillite o marna) a cui si rimanda al rilievo stratigrafico in sito.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 41 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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:

- γ = peso di volume;
- c' = coesione drenata;
- ϕ' = 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 – Ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose e sabbie limose sciolte (alluvioni) – spessore variabile

Dati da sondaggio S2, S5, e S006_SM

γ =	19 – 21	kN/m ³
c' =	0	MPa
ϕ' =	28 – 34	°

Nota: lenti limoso-argillose, di spessore limitato, a bassa consistenza e caratteristiche geotecniche più scadenti possono essere incluse all'interno delle sabbie.

Unità 2 – Limi argillosi a consistenza da plastica a media con sabbie limose sciolte (coltre di alterazione superficiale della Formazione Marnoso-Arenacea) – spessore compreso tra 2 e 4 m circa.

Dati da sondaggio S3 e S007_SM_L

γ =	18 – 19	kN/m ³
c' =	0 – 5	MPa
ϕ' =	20 – 24	°




Unità 3 – Alternanze di siltite marnosa, arenarie, marne in strati a potenza variabile da compatti a fratturati (bedrock litoide e coltre superficiale alterata e/o molto fratturata) – spessore non definito.

Dati da sondaggio S2, S3, S4, S006_SM_L e S07_SM_L

γ =	22 - 26	kN/m ³
c' =	0 - 2	MPa

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 42 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

Nota: i valori inferiori e maggiori sono associati rispettivamente agli orizzonti superficiali fratturati più alterati e all'ammasso litoide meno alterato. Il grado di alterazione, la caratterizzazione litologico-strutturale (struttura dei giunti e loro orientamento spaziale, minerali componenti, grado di alterazione, omogeneità della roccia) è in prima ipotesi stimabile in riferimento alle risultanze delle indagini eseguite.




$\phi' = 22 - 30 \quad ^\circ$

Nota: i valori inferiori sono associati agli orizzonti pelitico-marnosi e i valori maggiori a quelli arenacei.

La roccia integra, caratterizzata mediante prove di point load, presenta:

$\sigma_f = 7 - 30 \quad \text{MPa (S3CR1)}$

I valori indicati fanno riferimento a quanto indagato nella porzione più superficiale della formazione e pertanto le caratteristiche tendono nel complesso a migliorare con la profondità, come evidenziato indirettamente dalle prove geofisiche eseguite.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 43 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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-11D-81141 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;

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 44 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

- prosciugamento delle aree destinate all'alloggiamento delle postazioni di partenza e arrivo (operando sottofalda);
- 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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 45 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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 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 poliuretanicca 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.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 46 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 47 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

pocanzi 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.

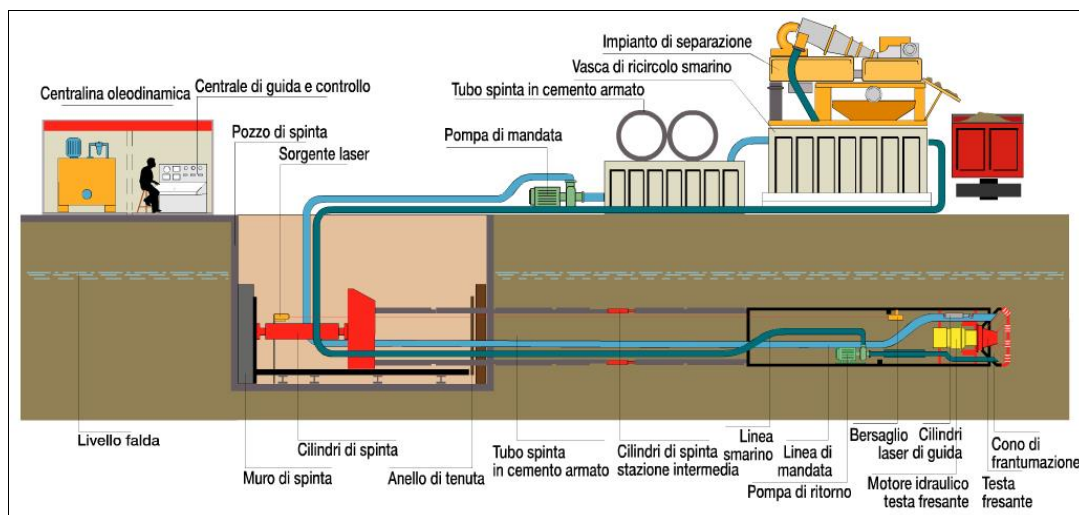





Figura 8-A: Tipica configurazione di cantiere per la realizzazione di un microtunnel in c.a. (fonte: Icop S.p.A.).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 48 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

9 CONCLUSIONI



Nell’ambito della progettazione del metanodotto “Sestino-Minerbio DN 1200 (48”), DP 75 bar”, all’interno del territorio comunale di Pennabilli (RN), è stata prevista la realizzazione di un microtunnel avente una lunghezza planimetrica complessiva di circa 446 m, al fine attraversare un’area collinare caratterizzata da alcune criticità geomorfologiche.

Dal punto di vista geologico, il settore interessato dalla trenchless in progetto è caratterizzato dalla Formazione flyschoidale Marnoso Arenacea - Membro di Galeata (FMA4), costituita da un’alternanza di marne, siltiti marnose, argilliti ed arenarie fittamente stratificate. Tale formazione geologica, che risulta prevalente nel volume geologico significativo dell’opera in progetto, presenta un andamento monoclinale immergente verso ovest. Nella zona prossima all’imbocco sud è presente, in contatto tettonico, il Membro di Civitella (FMA9) con litotipi prevalentemente marnosi e andamento a franapoggio verso il T. Torbello. Il substrato costituito marnoso-arenaceo con la profondità aumenta gradualmente di compattezza e riduce la fessurazione andando a costituire il bedrock vero e proprio. Depositi quaternari continentali, ascrivibili al Subsistema di Ravenna (AES8), sono presenti in superficie, esclusivamente nella valle del F. Marecchia e nella stretta incisione valliva del T. Torbello, nel settore dell’estremità sud dell’opera in progetto.

Per quanto concerne agli aspetti idrogeologici, nella FMA si distinguono i membri a prevalenza marnoso-pelittica, a bassa permeabilità, dai membri a prevalenza arenacea a maggiore conducibilità idraulica. Su tali litotipi la fratturazione, quando molto spinta, tende ad aumentare significativamente la permeabilità secondaria dell’ammasso e, generalmente, tale effetto risulta maggiore negli spessori superficiali ove le fessure tendono ad essere beanti a causa della minore pressione litostatica. In tale contesto geologico-stratigrafico l’assetto idrogeologico locale può essere caratterizzato dalla presenza di sistemi di circolazione idrica sotterranea: in profondità nei livelli più permeabili della Formazione Marnoso-Arenacea, nonché da flussi nella porzione più superficiale e fratturata della formazione suddetta. Ulteriori circolazioni idriche sono correlate all’idrografia del Torrente Torbello, nel settore dell’imbocco sud, e del F. Marecchia all’imbocco nord.

Dal punto di vista geotecnico, i depositi flyschoidi rientrano nella categoria dei litotipi complessi in relazione sia alle ritmiche variazioni litologiche e sia in relazione alla “strutturazione”, intesa come micro e macro fratturazione dell’ammasso per azioni tettoniche, che predispone ad un maggior decadimento delle caratteristiche geotecniche ed un potenziale aumento della conducibilità idraulica.

La consultazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e del catalogo I.F.F.I. ha consentito di verificare la presenza di interferenze planimetriche dell’opera in progetto con aree di attenzione perimetrate nell’ambito dei suddetti strumenti, le cui perimetrazioni in parte sono coincidenti. Il PAI classifica il dissesto come un colamento con stato di attività incipiente, l’I.F.F.I. contrariamente identifica un deposito di frana attivo di tipo indefinito. Inoltre, durante la campagna di rilevamento geologico-geomorfologico, sono stati cartografati diversi fenomeni franosi lungo l’area interessata dal metanodotto in progetto. In particolare, l’area caratterizzata dal passaggio della trenchless in progetto, nella zona prossima all’estremità sud della stessa, risulta interferire planimetricamente un dissesto classificato come una frana complessa.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 49 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07




Dall’analisi del database D.I.S.S. (INGV) si evince che il sito interessato dalla realizzazione dell’opera risulta non ricadere all’interno di sorgenti sismogenetiche.

Il database ITHACA (ISPRA) tiene conto invece delle faglie capaci, cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione permanente in superficie, al di là della natura 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 litoide, agli aspetti giacitureali nonché al grado di cementazione e fratturazione, volgendo particolare attenzione alle estremità dell’opera in progetto, in quanto caratterizzate da parametri geotecnici inferiori e da circolazione idrica.

Gli eventuali pareri di compatibilità saranno acquisiti presso gli enti prima dell’esecuzione dell’opera in progetto. Dalle indagini eseguite, la trenchless in progetto è stata posata al di sotto dei corpi di frana perimetrati e studiati in fase di progettazione. 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.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 50 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

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);
- Gargini A. et al., 2009. “Le gallerie TAV attraverso l'Appennino toscano: impatto idrogeologico ed opere di mitigazione”.
- Massime intensità macrosismiche relativamente al territorio italiano (GNDD, ING, SSN);
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.). Regione Emilia-Romagna. Servizi wms e shapefile;

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana – Emilia-Romagna	10-LA-E-80016	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 51 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-301-CN-1441-07

11 ANNESSI

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