

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 1 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

REGIONI:
TOSCANA – EMILIA-ROMAGNA

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

2° TRONCO: CASTELDELCI - SARSINA

REALIZZAZIONE MICROTUNNEL
Loc. Colle Cantuccio

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 2 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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	7
2.1	RIFERIMENTI DELL'AREA NEI DISEGNI PROGETTUALI	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
3.1	CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	8
3.2	FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI LUNGO LE AREE DI INTERESSE	8
4	IDROGEOLOGIA	10
4.1	CARATTERISTICHE PIEZOMETRICHE DELL'AREA DI PROGETTO	12
5	ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	13
5.1	INTERFERENZE DELL'OPERA IN PROGETTO CON AREE A PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA (P.A.I.)	13
5.2	IFFI (INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA)	15
5.3	INTERFERENZE CON DISSESTI CENSITI IN CAMPO	16
6	SISMICITÀ	17
6.1	SISMICITÀ STORICA	17
6.2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	19
6.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	23
6.4	ZONAZIONE SISMOGENETICA	24
6.5	FAGLIAZIONE ATTIVA E CAPACE	26
6.5.1	Database D.I.S.S.	26
6.5.2	Database I.T.H.A.CA.	27
7	CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA	28
7.1	MODELLO GEOLOGICO	31
7.2	INTERPRETAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	31

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 3 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

7.2.1	Prove di Laboratorio	31
7.2.2	Tomografie elettriche	32
7.2.3	Prospezioni sismiche	34
7.3	MODELLO LITOTECNICO	36
8	GEOMETRIA E MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	37
8.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	37
8.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI LAVORAZIONE	37
8.2.1	Preparazione aree di cantiere	37
8.2.2	Postazione di partenza ed installazione delle apparecchiature	38
8.2.3	Elementi tubolari in c.a.	38
8.2.4	Esecuzione del Microtunnel	38
8.2.5	Controlli	39
8.2.6	Esecuzione postazione di uscita	39
8.2.7	Posizionamento del metanodotto nel Microtunnel	39
8.2.8	Riempimento intercapedine tra gli elementi del Microtunnel ed il terreno	39
8.2.9	Intasamento del Microtunnel	40
8.2.10	Ripristino delle aree di cantiere e demolizione delle opere in c.a.	40
8.2.11	Descrizione dei mezzi d'opera	40
9	CONCLUSIONI	42
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	44
11	ANNESI	45

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 4 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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 Sant’Agata Feltria (RN), è stata prevista la realizzazione di un microtunnel, avente una lunghezza planimetrica di circa di 432 m di lunghezza (Figura 1-A), al fine di attraversare un’area montuosa 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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 5 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

1.2 Elaborati grafici di riferimento

Allegati:

- 22358-10-LB-11D-81242: Microtunnel Colle Cantuccio;
 - 22358-10-LB-15E-81200: 2° TRONCO – Casteldelci – Sarsina (Planimetria Catastale/Meccanizzata)
- Annessi:
- Annesso 1 – Stratigrafie sondaggi e foto cassette catalogatrici;
 - Annesso 2 – Certificati di laboratorio
 - Annesso 3 – Prova MASW
 - Annesso 4 – Prova ERT
 - Annesso 5 – Prospezioni sismiche.
 - Annesso 6 – 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.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 6 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 7 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

2 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

La trenchless in progetto, di lunghezza planimetrica pari a 431.69 m, si sviluppa lungo una direttrice circa SSW-NNE ed è localizzata all'interno dei limiti amministrativi del comune di Sant'Agata Feltria (RN), nella regione Emilia-Romagna, attraversando M. Colle Cantuccio, il quale presenta una quota massima di 552.4 m s.l.m. (Figura 2-A).

Il sito interessato dalla realizzazione dell'opera può essere individuato considerando la seguente coppia di coordinate geografiche: 43°51'12.77"N, 12°10'7.48"E.

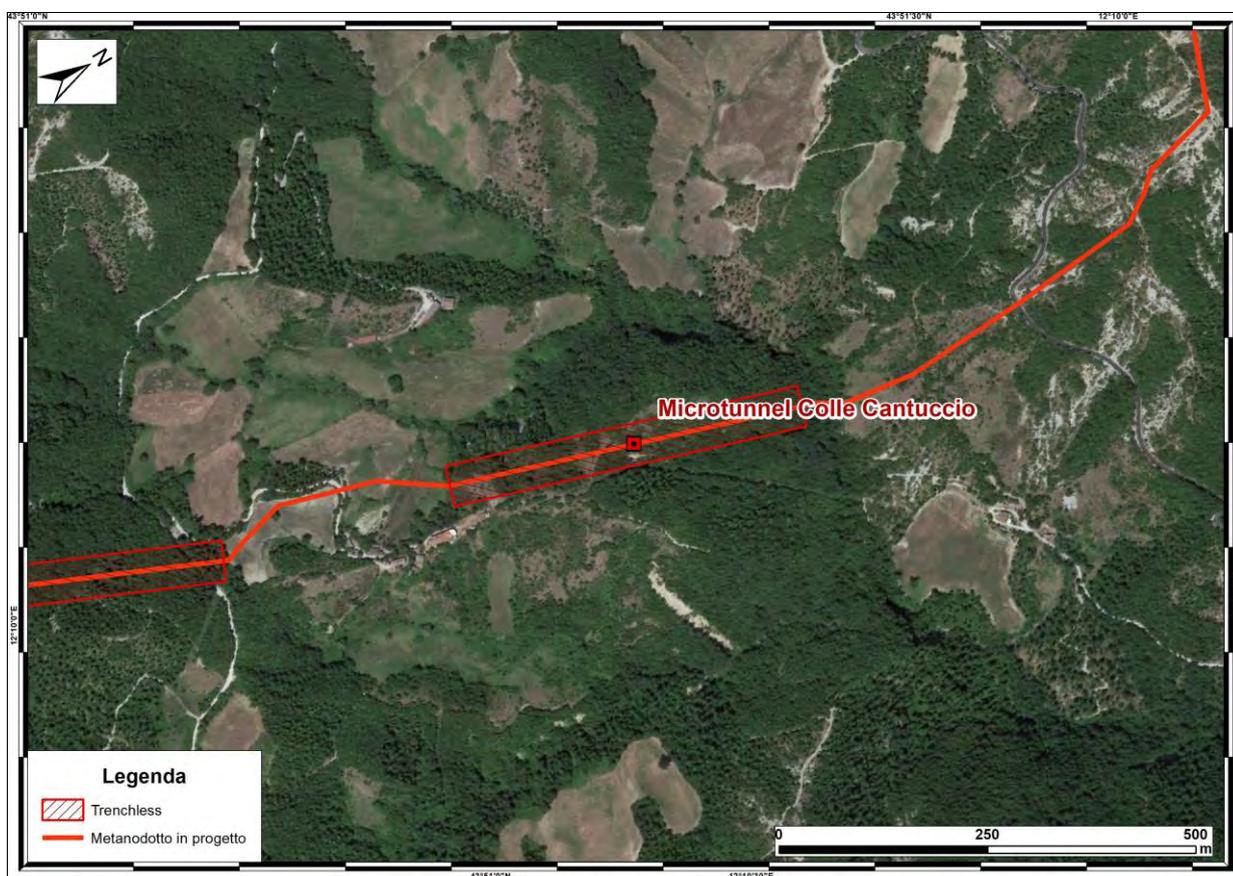


Figura 2-A: Area in cui è prevista la realizzazione dell'opera

2.1 Riferimenti dell'area nei disegni progettuali

L'area in esame ricade all'interno del 2° Tronco Casteldelci-Sarsina del metanodotto in progetto (Planimetria Catastale Meccanizzata Disegno 22358-10-LB-15E-81200). In particolare, il microtunnel è localizzato tra i vertici V83 e V87 della planimetria (Dis. 22358-10-LB-11D-81242) e ha uno sviluppo tra punto di intestazione e punto di arrivo della trivellazione di circa 442 metri.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 8 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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 alla Formazione Marnoso-Arenacea - Membro di Civitella (FMA9), costituita da alternanze pelitico-arenacee con A/P compreso tra 1/2 e 1/5, arenarie medie e fini, siltiti e marne siltose e sabbiose.

Dal punto di vista geomorfologico, l'opera in progetto ricade all'interno della porzione settentrionale dell'appennino umbro-marchigiano-romagnolo e risulta svilupparsi all'interno di un'area collinare, compresa tra Monte Bono a nord e Monte Zuccola a sud. Il reticolo idrografico presente è di tipo secondario ed è costituito da fossi provenienti dalle aree collinari laterali che, da direzioni trasversali, confluiscono nell'asta principale; in particolare l'area ricade nella zona sorgentizia del T. Fanante, affluente di destra del Fiume Savio.

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 Foglio 266 – Mercato Saraceno (Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG)

Link:<http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/emilia.html>

- Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna)

Link:<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis>

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

- Formazione Marnoso Arenacea:

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 9 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

- Membro di Civitella (FMA9): alternanze pelitico-arenacee con A/P compreso tra 1/2 e 1/5, arenarie medie e fini, siltiti e marne siltose e sabbiose (Miocene).

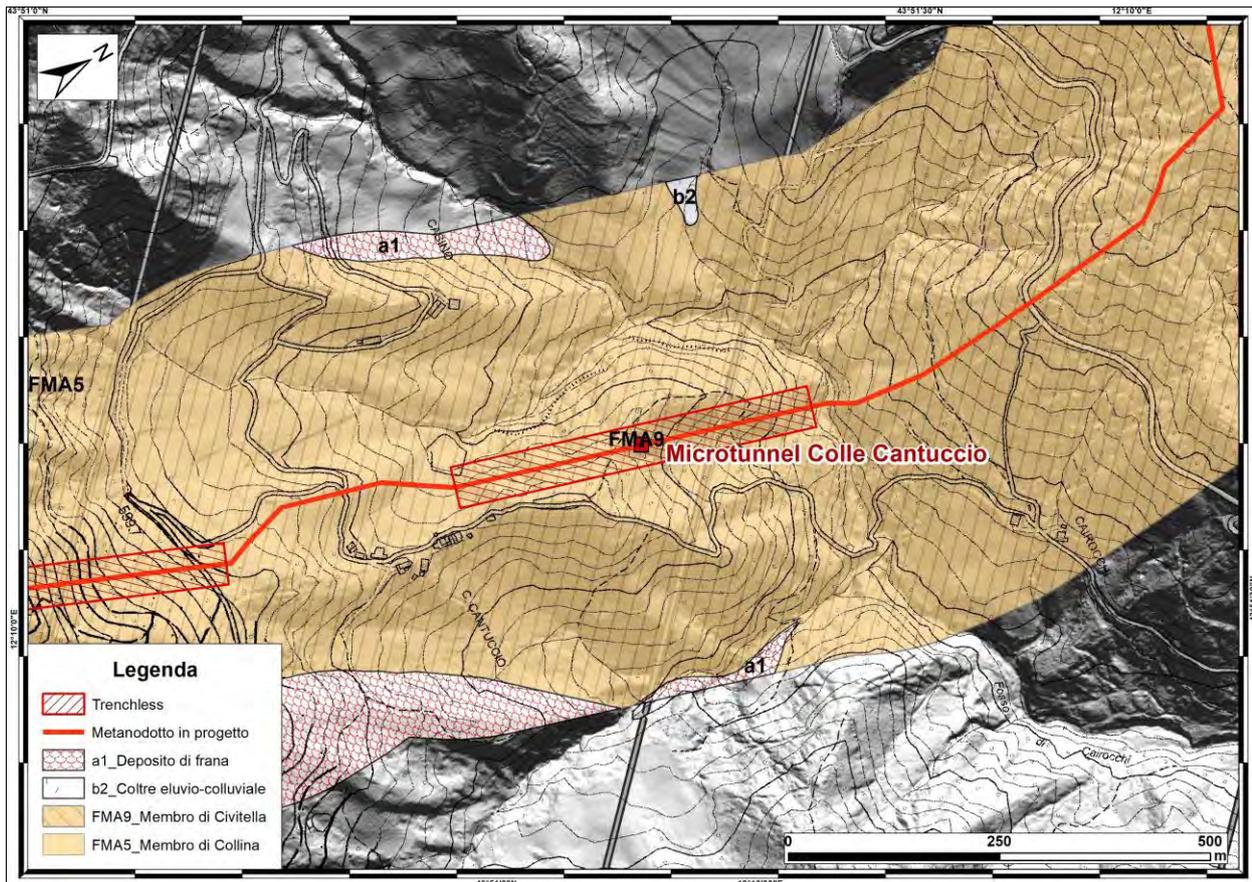


Figura 3-A: Stralcio della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:10.000

Le giaciture a reggipoggio che caratterizzano gli strati delle Formazione Marnoso-Arenacea - Membro delle Arenarie di Civitella (FMA9) presentano un'immersione compresa tra 180° e 200° ed un'inclinazione di circa 25° (dati derivati dalla stratigrafia del sondaggio S17 indicano inclinazioni tra 25 e 40° circa a profondità comprese tra 30 m e 60 m dal p.c.). Tali strati rappresentano il fianco di una piega di tipo sinclinale e si raccordano con quelli affioranti in località Monte Zuccola.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 10 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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 torbidity 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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 11 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

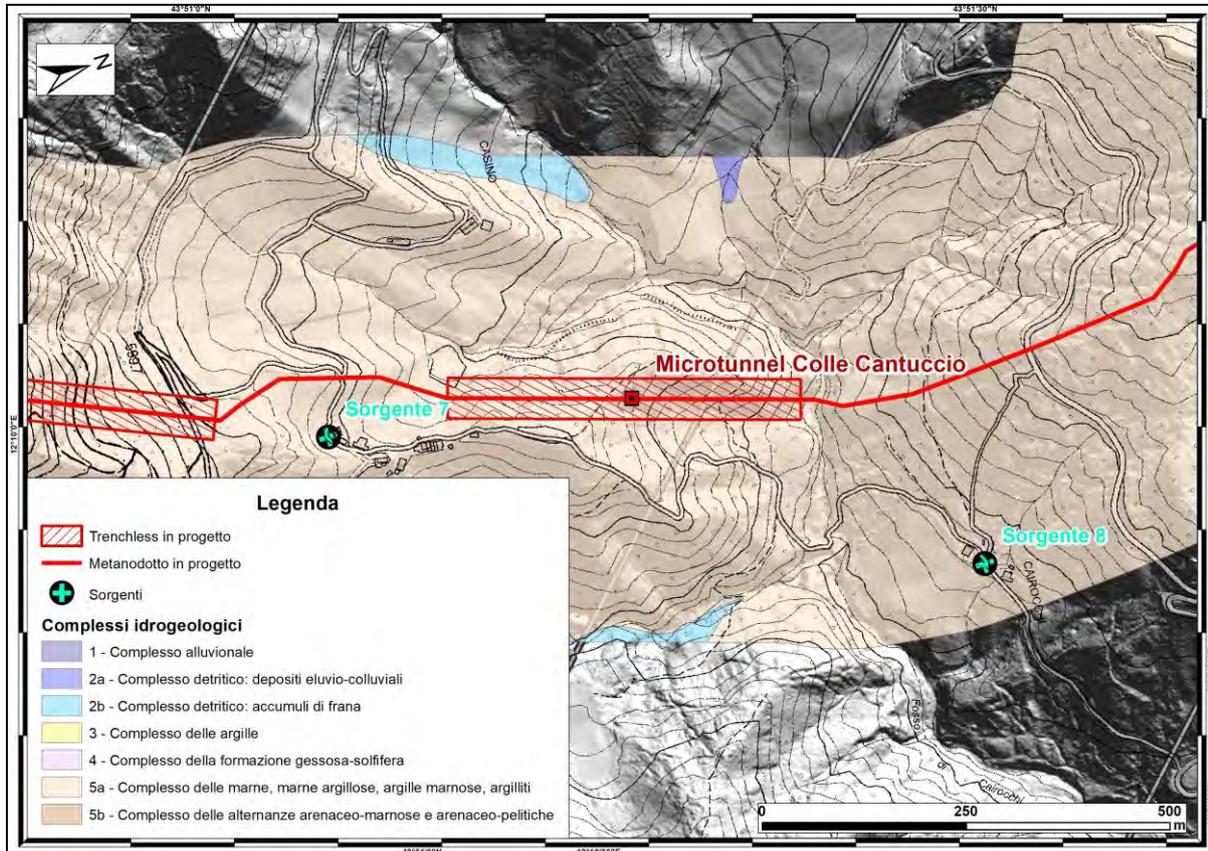


Figura 4-A: Stralcio della Carta Idrogeologica

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

Complesso idrogeologico detritico: accumuli di frana

Limitatamente alle aree di frana, 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 acquitardo. La porosità è sufficientemente elevata, mentre la permeabilità assume valori medio-bassi a causa della componente pelitica, proveniente dall'alterazione della formazione flyschoida.

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 12 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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, dall'attività di rilevamento in sito e dalle indagini eseguite, l'assetto idrogeologico locale è caratterizzato vari sistemi di circolazione idrica sotterranea:

- sistema di circolazione idrica nella Formazione Marnoso-Arenacea 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);
- 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. Nel settore in studio tale circolazione potrebbe essere in parte alimentata anche dalle acque drenate dal corpo di frana, censito in fase di rilevamento, che lambisce l'estremità NE dell'opera in progetto. L'area è caratterizzata dalla presenza di vari rii che costituiscono l'area sorgentizia del T. Fanante.

L'attività di rilevamento idrogeologico, eseguita ad aprile 2023 (rif. Doc. NQ-R22358-00-LA-E-80307), non ha evidenziato la presenza di pozzi in un'intorno di circa 50 m; per quanto inerente le sorgenti è stata censita una emergenza, a monte dell'imbocco SW, denominata "Sorgente 7", posta a meno di 250 m rispetto all'opera in progetto.

L'area interessata dal passaggio della trenchless in progetto è caratterizzata esclusivamente da terreni riconducibili alla Formazione Marnoso Arenacea, dotati di una scarsa riserva idrica in quanto alimentati esclusivamente da eventi meteorici, i quali danno luogo a effimere falde sospese. Nel caso specifico la trenchless in progetto percorre sedimenti flyschoidi riconducibili al Membro di Civitella (FMA9), costituito da alternanze pelitico-arenacee con A/P compreso tra 1/2 e 1/5, le quali presentano una scarsa predisposizione al drenaggio e sono identificati come terreni a permeabilità *bassa*; in essi la circolazione idrica avviene per *fratturazione*, attraverso le discontinuità del substrato flyschoidi. Allo stato attuale, non esistono condizioni tali che possano portare l'opera in oggetto ad interferire con possibili falde all'interno del corpo sedimentario di base.

Come rilevato in fase di censimento pozzi e sorgenti a S-SW della trenchless in progetto, in via Cantuccio è ubicata, ad una quota di circa 559 m s.l.m., una fontana che riceve le acque da una risorgiva a monte, la quale non è individuabile allo stato attuale. La fontana è caratterizzata da due manufatti cilindrici in cemento che fungono da raccolta delle acque. Si tratta di un'opera di captazione adoperata ad uso irriguo e probabilmente ad uso idropotabile per bestiame. La portata di tale fontana è pari a 0,11 l/s.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 13 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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”.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 14 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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:

- **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 non ricade all’interno di perimetrazioni definite nell’ambito del suddetto strumento (Figura 5-B).

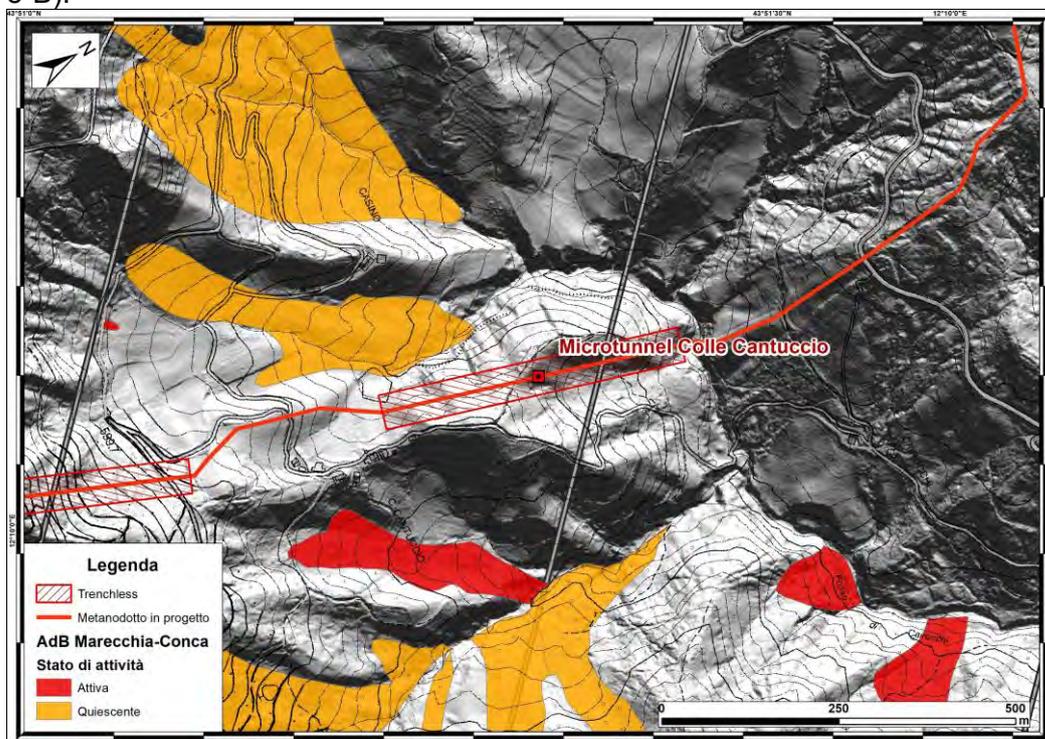


Figura 5-B: Stralcio della Tavola del “Piano Stralcio di Bacino per l’assetto idrogeologico (P.A.I.)” dell’Autorità di Bacino del Marecchia-Conca”, con ubicazione dell’opera in progetto (fonte <https://pai.adbpo.it/index.php/variante-pai-marecchia-conca-2016/>)

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

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 15 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

5.2 IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) costituisce la banca dati nazionale ufficiale sulle frane ed è realizzato dal ISPRA in collaborazione con le Regioni e Province Autonome (art. 6 comma g della L. 132/2016). L'attività di archiviazione delle informazioni sui fenomeni franosi è un'attività strategica per una corretta pianificazione territoriale, tenuto conto che gran parte delle frane si riattivano nel tempo, anche dopo lunghi periodi di quiescenza di durata pluriennale o plurisecolare. La trenchless in progetto non risulta interferire con alcuna area censita nel catalogo I.F.F.I. (Figura 5-C).

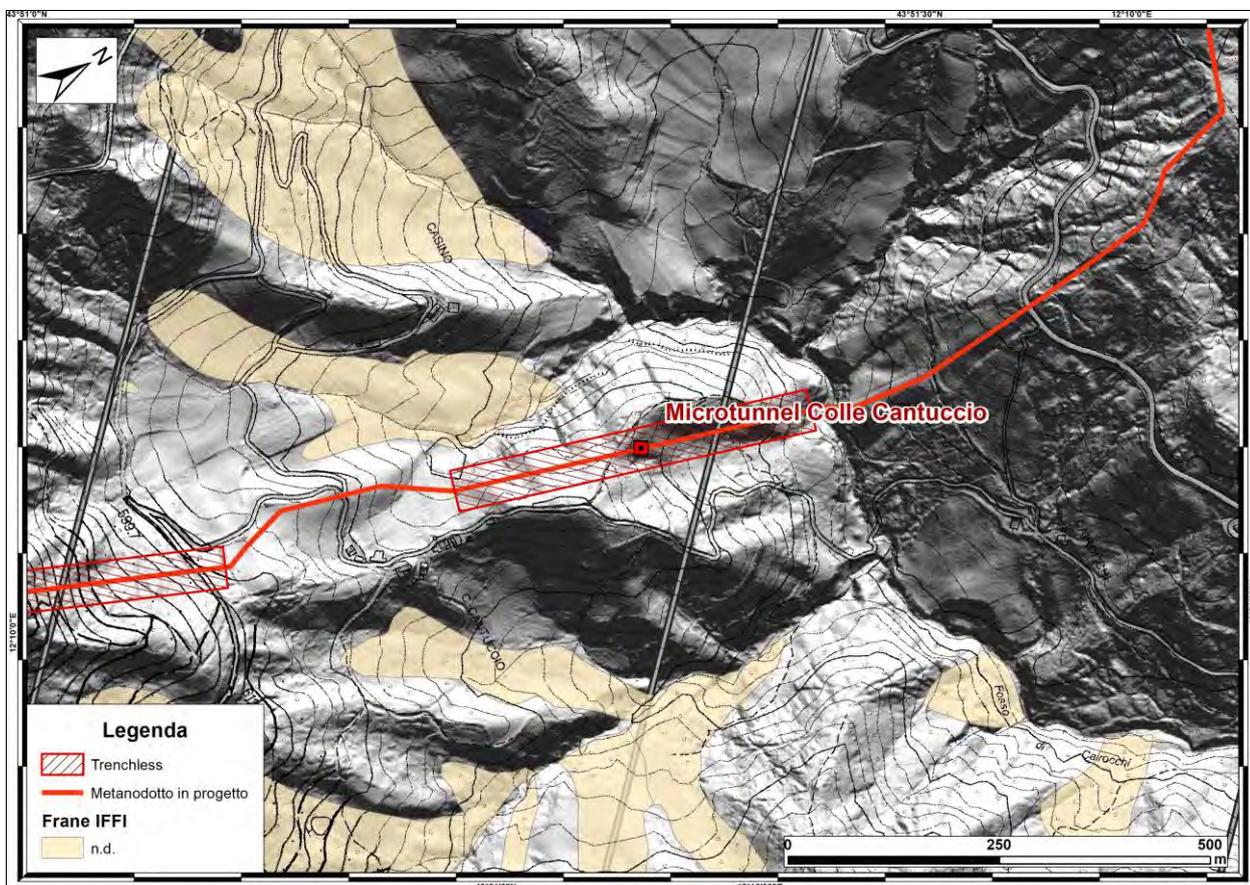


Figura 5-C: Stralcio del catalogo I.F.F.I. (Inventario Fenomeni Franosi in Italia)

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 16 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

5.3 Interferenze con dissesti censiti 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 uno scorrimento, nel tratto compreso tra il km 16+200 e il km 16+240 e con una frana complessa dalla progressiva chilometrica 16+355 alla km 16+525 (Figura 5-D).

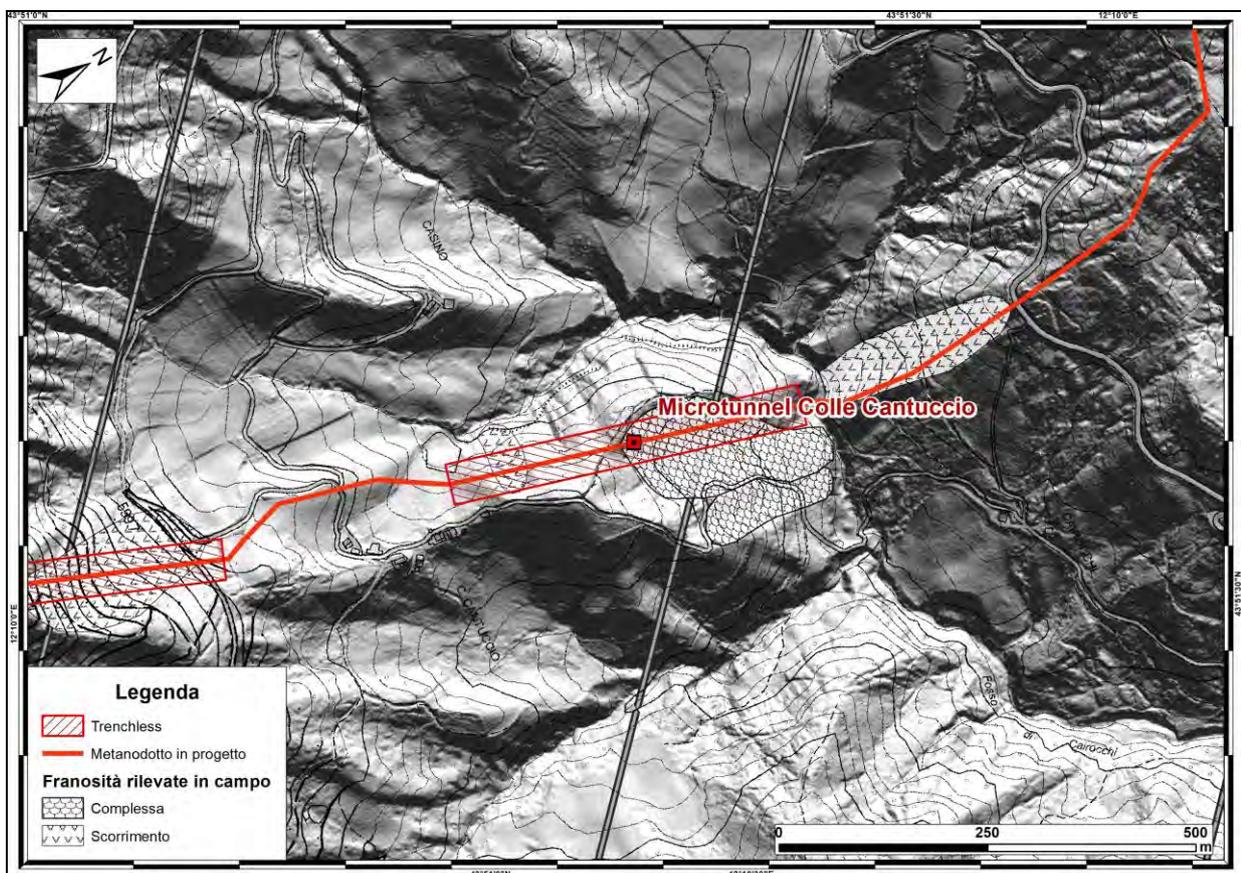


Figura 5-D: Stralcio dei dissesti rilevati in campo

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 17 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 18 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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).

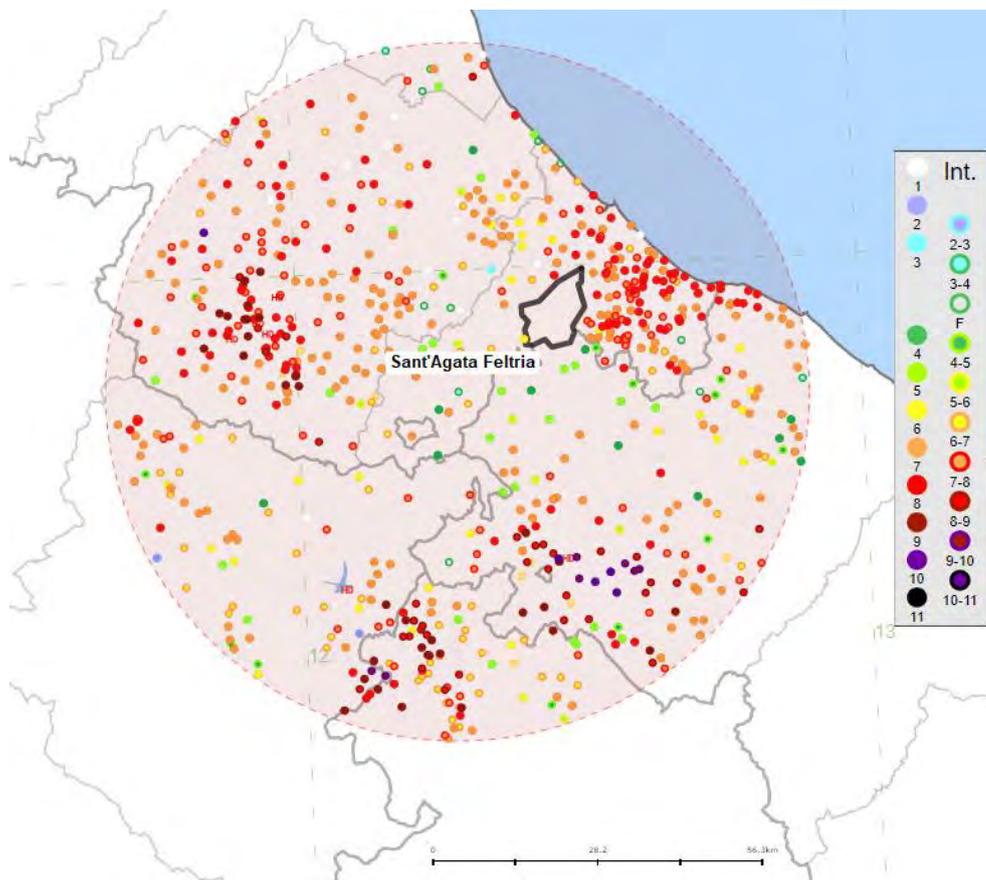


Figura 6-A: Mappa dei terremoti storici avvenuti dall'anno 1000 al 2020 in un raggio di 50 km dal Comune di Sant'Agata Feltria (da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 v. 4.0, Rovida et. al. 2022, INGV). <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 19 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

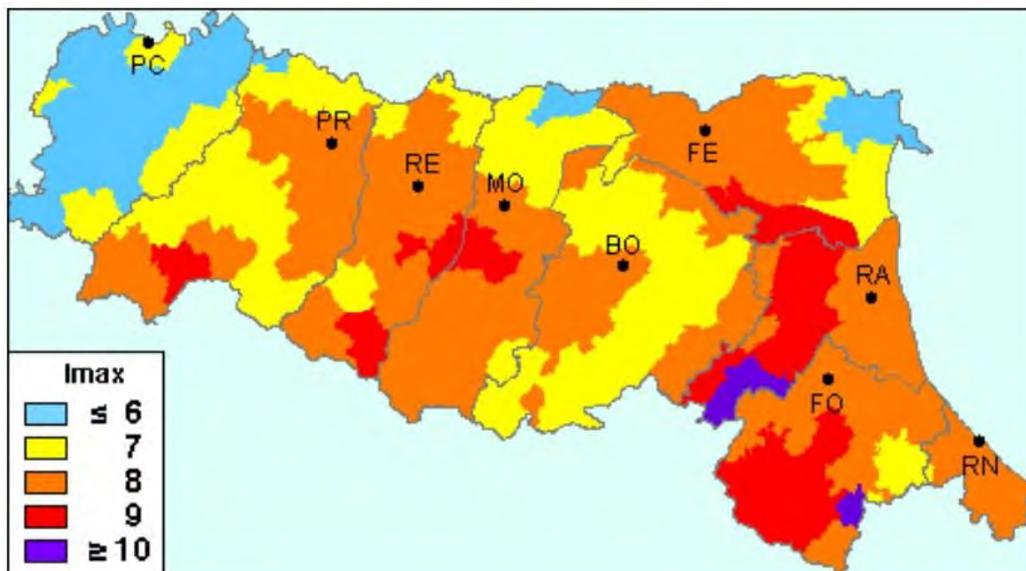


Figura 6-B: Massime intensità macrosismiche in scala MCS osservate nella Regione Emilia-Romagna (GNDT, ING, SSN).

6.2 Caratterizzazione sismica

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

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

L’Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l’adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l’Edilizia”), hanno compilato l’elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 20 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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	$a_g > 0.25$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi forti terremoti	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti	$0,05 < a_g \leq 0,15$ 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 Sant'Agata Feltria (RN), su cui insiste l'area di studio, sono inseriti in zona sismica 2 (Figura 6-C).

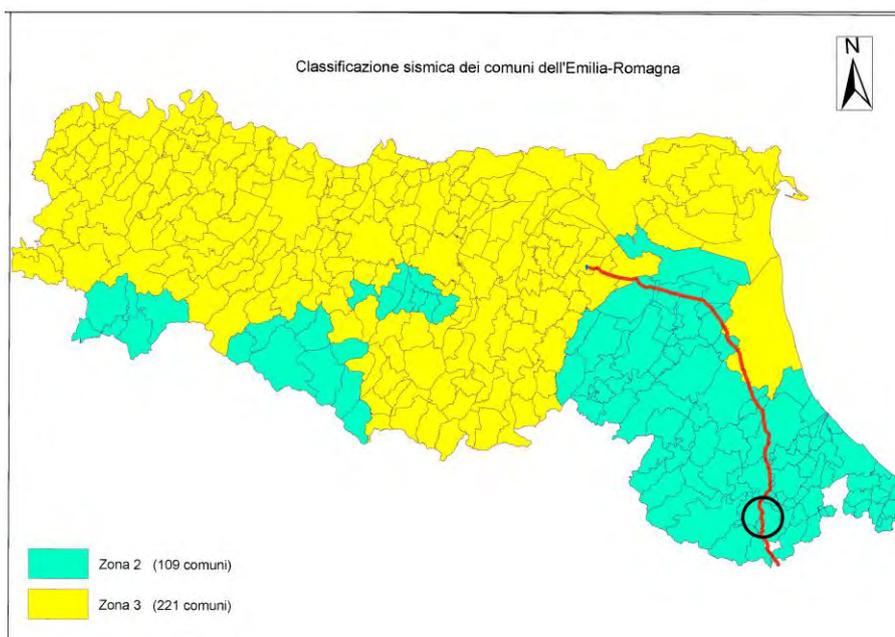


Figura 6-C: Riclassificazione sismica della Regione Emilia-Romagna DGR 146/23; il cerchio nero indica l'area oggetto di intervento.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 21 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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).

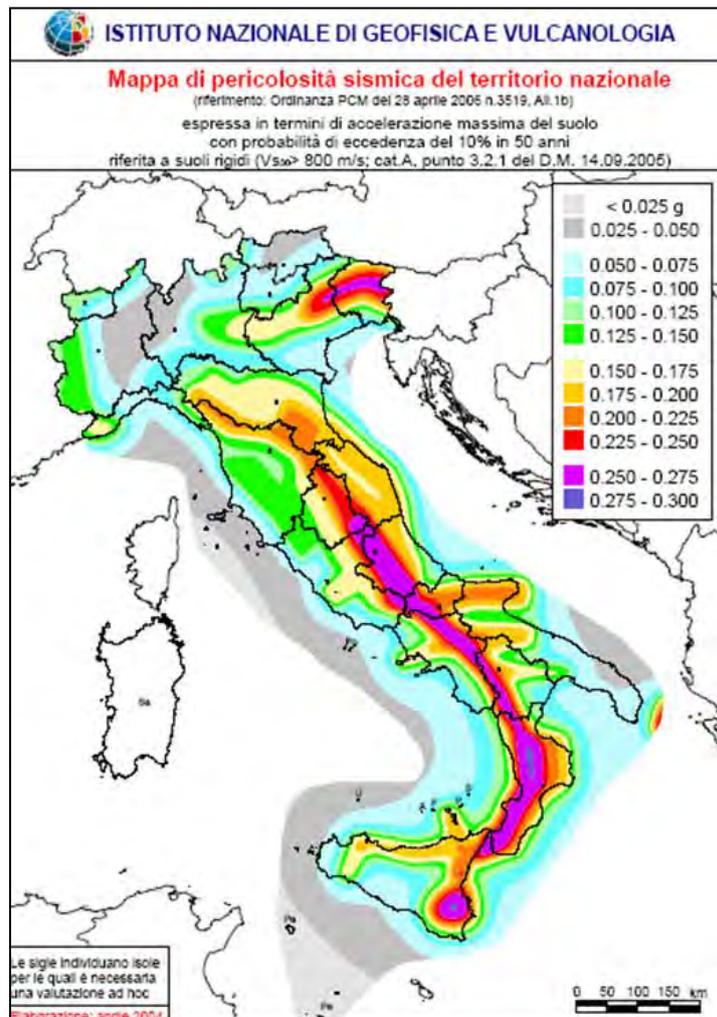


Figura 6-D: Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 22 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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.

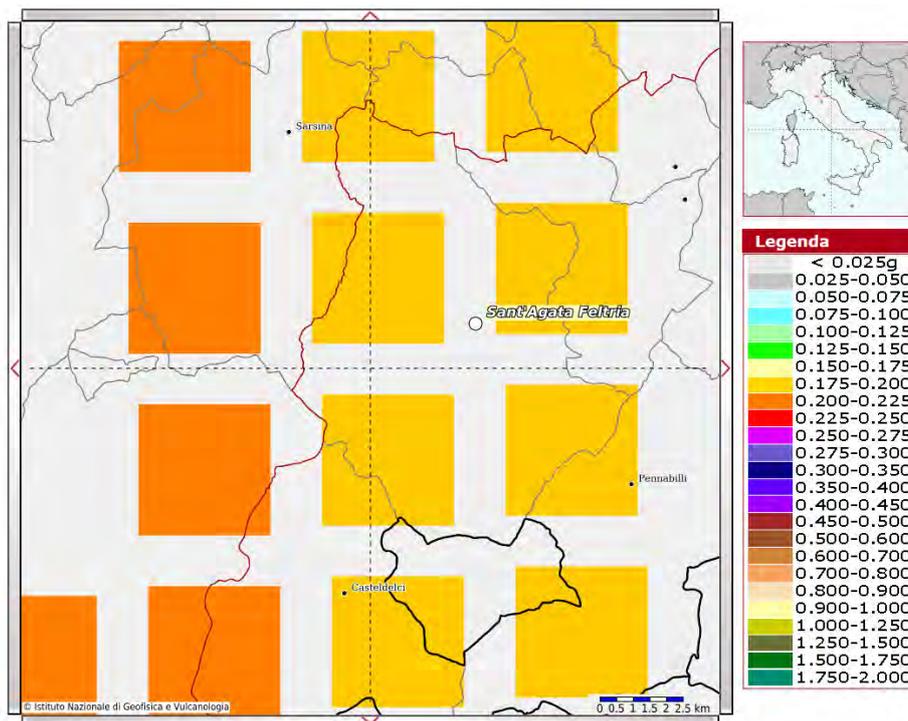


Figura 6-E: Mappa di Pericolosità Sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR=475 anni) centrata sulla trenchless in progetto ubicata nei limiti amministrativi del Comune di Sant'Agata Feltria (RN).

La Normativa sismica nazionale (OPCM 3274-2003 e succ. modifiche ed integrazioni, D.M. 17.01.18 Aggiornamento N.T.C.) riprendendo l'Eurocodice 8 impone, per la progettazione in zona sismica, la classificazione sismica del sottosuolo in base al parametro $V_{s,eq}$. Tale parametro, che rappresenta la velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, può essere calcolato noti gli spessori degli strati presenti nei primi 30 m di profondità e la velocità di propagazione delle onde S all'interno di ogni strato.

La determinazione della categoria sismica di sottosuolo del sito progettuale è stata effettuata utilizzando i dati scaturiti dalle indagini geofisiche di tipo MASW condotte lungo il tracciato in progetto o in prossimità dello stesso. Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 23 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

velocità di gruppo o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

Il report specifico dell'indagine geofisica è allegato alla presente relazione "Annesso 3".

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} . Questo rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde S ed è calcolato mediante la seguente espressione:

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

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)
M05_SM_L	349

Il sottosuolo dell'area in esame appartiene alla **categoria C**.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 24 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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.

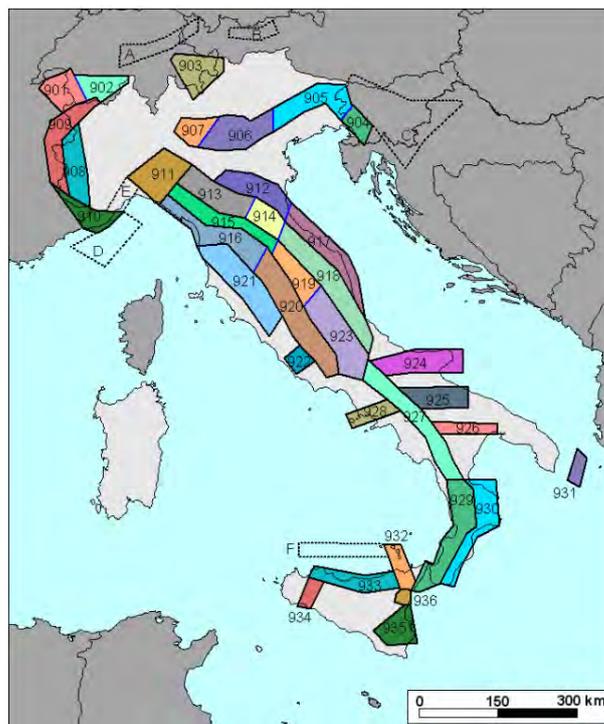


Figura 6-F: Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 25 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

L'opera in studio ricade nella zona 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.

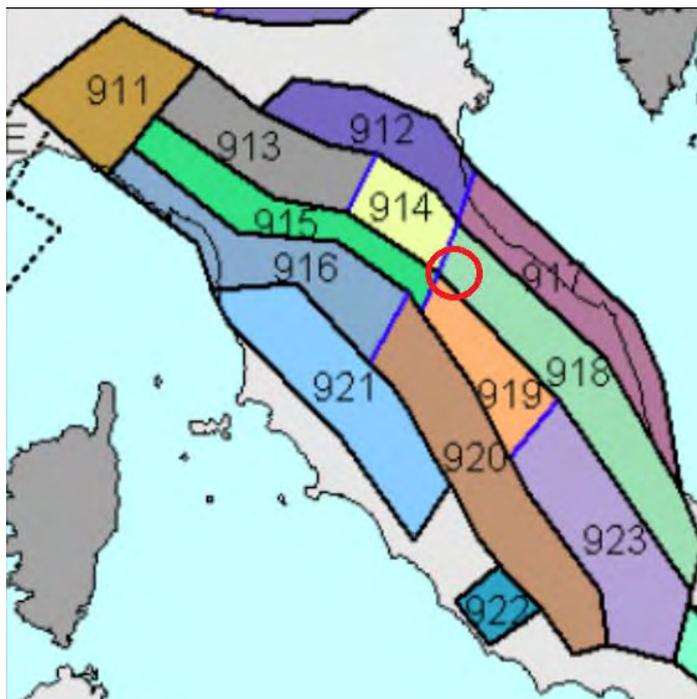


Figura 6-G: Zonazione sismogenetica; il cerchio rosso indica l'area oggetto di intervento

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 26 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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

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

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

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 sintetizzate all’interno di due banche dati principali e che riguardano l’intero territorio nazionale:

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

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 27 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

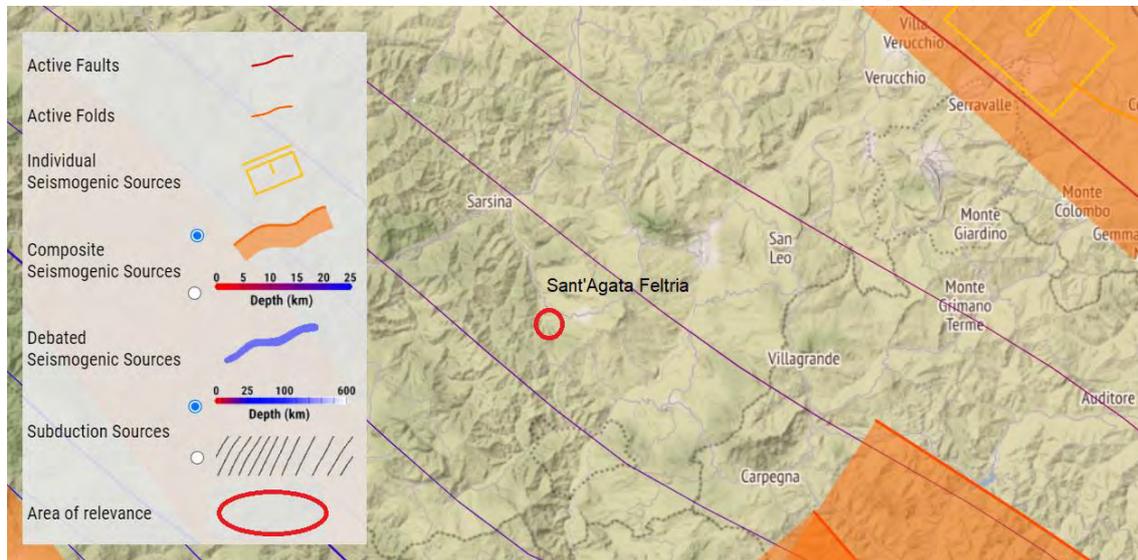


Figura 6-H: Stralcio database DISS versione 3.3.0 (2021, INGV) relativamente all'area di interesse.

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 <https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 28 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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. 2 sondaggi geognostici, denominati S17 (campagna ATI) e S7 (campagna Saipem);
- n. 1 prova MASW, denominata MASW_05_SM_L;
- n. 2 tomografie elettriche, denominate rispettivamente ERT_13_SM_L e ERT_14_SM_L.

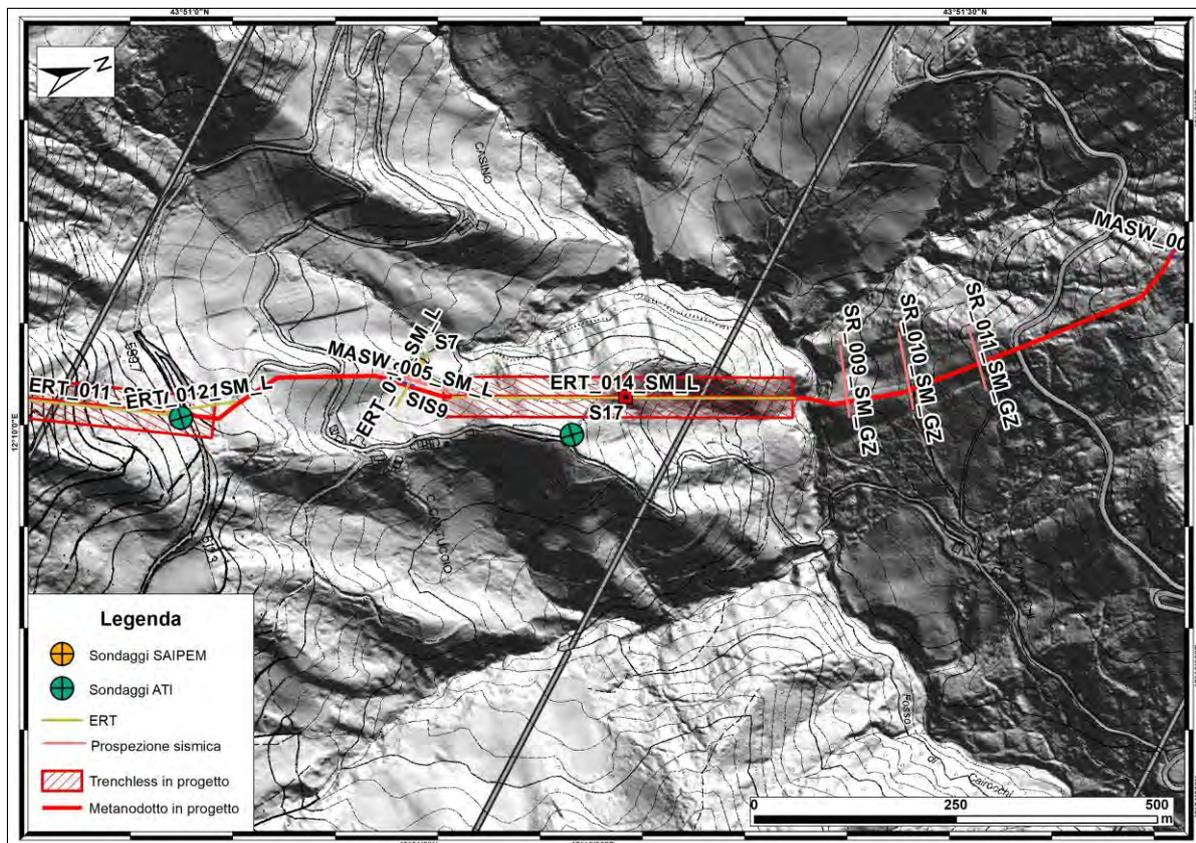


Figura 7-A: Ubicazione dei sondaggi geognostici eseguiti nell'area oggetto di intervento.

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 29 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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 indicate le profondità di prelievo dei campioni e di esecuzione delle prove S.P.T. nel foro durante le campagne geognostiche ATI e Saipem (Tabella 7-A).

Sondaggio	Profondità (m)	Profondità S.P.T. (m)	Profondità campioni (m)
S7 (campagna Saipem)	10.30	-	2.30-2.90 T 4.20-4.80 T
S17 (campagna ATI)	60	-	30.69-31.00 L 34.74-35.00 L 41.00-41.30 L 48.03-48.30 L 52.78-53.00 L 58.47-58.70 L
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 precedenti.

SONDAGGIO S7

Il sondaggio S7 è stato eseguito in corrispondenza del vertice V81, poco prima dell'estremità sud del microtunnel. Dalle cassette catalogatrici si evidenzia che i primi 9 m sono costituiti da un limo argilloso nocciola-ocraceo, nel quale si possono osservare occasionali elementi millimetrici e centimetrici di clasti angolari.

Al di sotto è stato rinvenuto il basamento flyschoidale costituito da un'alternanza di arenarie e marne.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 30 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

Sondaggio S7					
(X: 754586,06; Y: 4860245,46)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
10.30	-	2	-	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-9.00		Limo argilloso			
9.00-10.30		Arenaria grigia, Marna grigia			

Tabella 7-B: Sondaggio S7

SONDAGGIO S17

Il sondaggio S17 è stato eseguito nel territorio comunale di Sant'Agata Feltria (RN), ad una quota di 550,00 m s.l.m., al fine di caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico i terreni attraversati dal microtunnel C. Cantuccio.

Il sondaggio è stato effettuato perforando i primi 30,00 m a distruzione di nucleo, e proseguire a carotaggio continuo fino alla profondità di 60,00 m dal p.c..

Al di sotto dei 30,00 m e fino a fondo foro, si rinviene il substrato litoide costituito da marna e marna calcarea, con intercalati livelli arenacei decimetrici, stratificazione da sottile a media, struttura compatta.

Sono presenti poche fratture, chiuse, con angoli compresi tra 20° e 45°.

Data la prevalente natura litoide dei litotipi, non sono state effettuate in tale sondaggio le prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T.

Sondaggio S17					
(X: 754710,13; Y: 4860412,39)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
60	-	6	-	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00 – 30.00		Perforazione a distruzione di nucleo			
30.00-60.00		Marna compatta			

Tabella 7-C: Sondaggio S17

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 31 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

7.1 Modello geologico

Le risultanze dei sondaggi geognostici eseguiti in corrispondenza del sito progettuale confermano nello specifico 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 - Membro di Civitella (FMA9), 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 più fratturata e detensionata, evidenziando una spinta degradazione in sabbie, limi ed argille che, spesso risultano coinvolti in fenomeni franosi superficiali; La trenchless in progetto percorre intercetta un movimento franoso, in corrispondenza dell'estremità NE della stessa, la cui coltre è stata riscontrata nel sondaggio S7 con uno spessore di circa 9 metri. Il sondaggio S17, ubicato nella porzione centrale del rilievo pone in evidenza un substrato litoide rappresentato da marne o marne calcaree compatte, poco fratturate, con rare intercalazioni arenacee decimetriche.

L'assetto geologico strutturale relativo al volume significativo della trenchless si può, in prima analisi, identificare con un andamento monoclinale a reggipoggio. Le giaciture rilevate relative agli strati dei terreni prevalentemente marnoso-pelitici, e congruenti con i dati CARG, risultano di circa 180°-200° con un'inclinazione tra 25° e 30°; le giaciture indicativamente riscontrate nel sondaggio S17, e comprese tra 30 e 60 m di profondità, definiscono inclinazioni comprese tra 30° e 45°.

7.2 Interpretazione indagini geognostiche

7.2.1 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 riassumono i campioni prelevati per le campagne geognostiche ATI e Saipem.

Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	Lavorazione
S7	2.30-2.90	Terreno	Si
	4.20-4.80	Terreno	Si
S17	30.69-31.00	Roccia	No
	34.74-35.00	Roccia	No
	41.00-41.30	Roccia	Si
	48.03-48.30	Roccia	No
	52.78-53.00	Roccia	No
	58.47-58.70	Roccia	No

Tabella 7-D: Prelievo dei campioni per la campagna ATI e SAIPEM.

Dei campioni prelevati sono stati sottoposti a prove di laboratorio entrambi i campioni del sondaggio S7 ed il campione CR3 di S17, su quest'ultimo è stata eseguita una prova Point Load.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 32 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

Per i campioni del sondaggio S7 sono state eseguite prove di caratterizzazione fisica e meccanica in laboratorio. Di seguito si sintetizzano i risultati:

Campione	Profondità (m)	IP (%)	LL (%)	Granulometria			ELL t (kPa)	Taglio diretto
				G (%)	S (%)	L + A (%)		
C11	2.30-2.90	18.3	37.7	2	6	92	168	φ 25 ° c' 20 kPa
C12	4.20-4.80	18.6	38.2	4	5	91	43	φ 22 ° c' 10 kPa

Tabella 7-E: Tabella riassuntiva di caratterizzazione dei campioni indisturbati del S7.

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 $Is = P/D^2$.

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 CR3 del sondaggio S17 è stato ottenuto un valore di $Is(50)$ medio di 1.83 MPa.

7.2.2 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.

Tomografie elettriche

Nel sito d'investigazione sono state effettuate due tomografie elettriche durante la campagna 2023, denominate ERT13_SM_L e ERT14_SM_L. Le caratteristiche d'acquisizione sono di seguito riassunte:

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 33 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

Profilo elettrico	Tipologia Array	Direzione*	Profondità d'investigazione (m)	Lunghezza stesa (m)
ERT13 SM L	Wenner	Perpendicolare	30	90
ERT14 SM L	Wenner	Longitudinale	70	425

*Riferito all'orientamento del metanodotto

Tabella 7-F: Caratteristiche tomografia elettrica

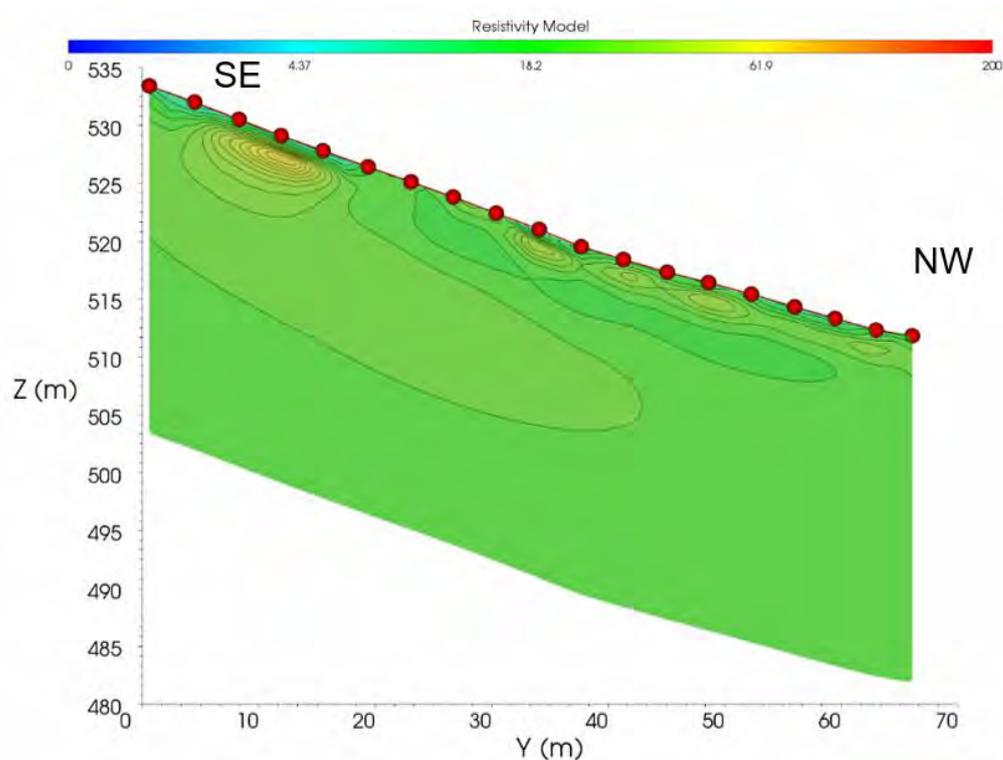


Figura 7-B: Tomografia elettrica ERT13_SM_L

Nella tomografia geoelettrica ERT13_SM_L è evidente come, dopo uno strato superficiale di circa 5 m di spessore con caratteristiche limose argillose, il profilo sia dominato dalla presenza di uno strato omogeneo associabile alla marna. Questa formazione non sembra presentare una fratturazione netta, ma si presenta piuttosto compatta con la profondità.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 34 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

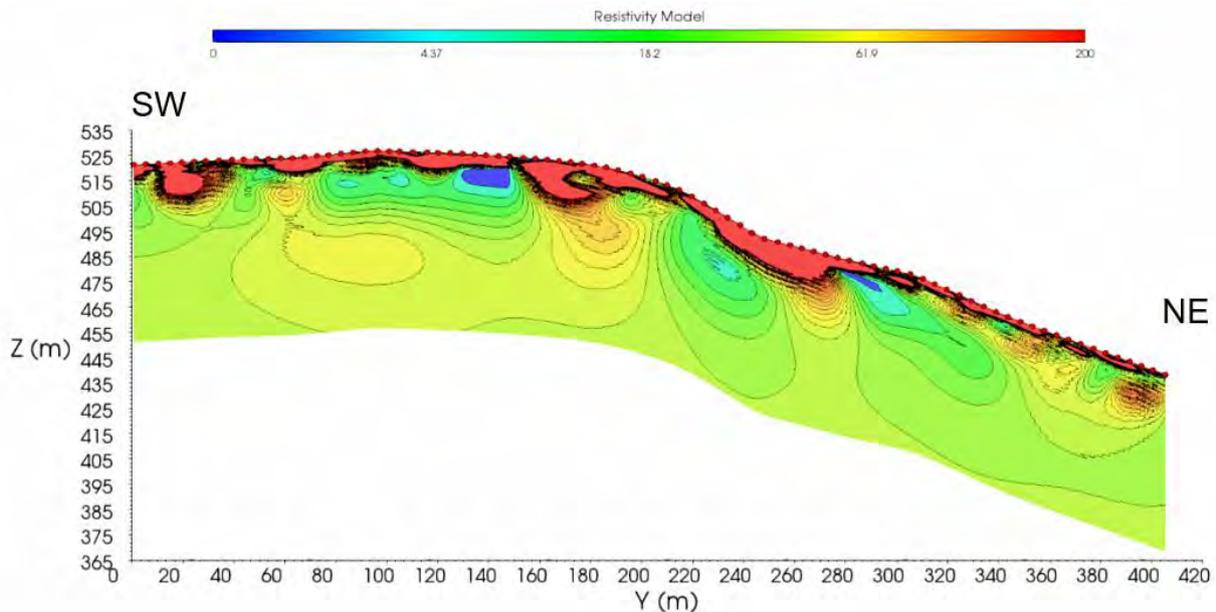


Figura 7-C: Tomografia elettrica ERT14_SM_L

La sezione tomografica ERT14_SM_L presenta un'area molto caotica nei primi 10 m di profondità. Questa è associabile a terreni con alternanza di frazioni granulometriche quali ghiaia, sabbia, limo e argilla. Il suo spessore tende ad aumentare lungo il pendio in direzione NE, il che fa pensare alla possibile presenza di una coltre detritica. Il substrato, che dai sondaggi è noto essere marna, si presenta generalmente compatto, da poco a molto fratturato nella porzione sommitale.

7.2.3 Prospezioni sismiche

Per una migliore caratterizzazione geotecnica dei litotipi, al fine di risalire alla potenza degli strati, per individuare il substrato litoide, per definire i caratteri elastodinamici e sismostratigrafici del terreno, è stata condotta, durante la campagna ATI, un'indagine sismica la quale consta di una prospezione sismica a rifrazione denominata SIS 9. La prospezione sismica è stata condotta eseguendo il profilo longitudinale. Le prove sismiche sono state realizzate mediante stese di sensori rilevatori di velocità del moto del suolo (geofoni) infissi nel terreno, ad oscillazione verticale, per il rilievo delle onde elastiche longitudinali (P). I segnali dei vari sensori sono stati acquisiti e digitalizzati da un'unità centrale (sismografo).

Il metodo si basa sulla determinazione dei primi tempi di arrivo delle onde longitudinali provocate da perturbazioni artificiali (Shots) ubicate in linea alle stese di geofoni. I segnali di primo arrivo possono attribuirsi alle onde longitudinali che giungono ai geofoni in maniera diretta attraversando il terreno, o ai raggi rifratti in profondità, nel caso in cui si verifica un aumento di velocità in tale direzione. I modelli finali consentono di determinare le velocità con le quali tali tipologie di onde elastiche si propagano nel sottosuolo.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 35 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

Prospezione sismica SIS 9

Le caratteristiche della prospezione SIS 9 sono di seguito riassunte:

Profilo sismico	Tipologia	Direzione*	Profondità d'investigazione (m)	Lunghezza stesa (m)
SIS9	Rifrazione	Longitudinale	45	220
*Riferito all'orientamento del metanodotto				

Tabella 7-G: Caratteristiche profilo sismico SIS9.

I modelli di velocità ottenuti hanno consentito d'investigare una profondità massima di circa 36 metri. Nel sismostrato più superficiale si registrano velocità delle onde P variabili tra 300 m/sec e 800 m/sec, riferibili alla coltre eluvio-colluviale. Nel sismostrato sottostante si riscontra un aumento delle velocità delle onde di compressione (V_p), che raggiungono valori massimi di 1500 m/sec.

Le velocità registrate sono riferibili alla parte superiore della Formazione torbidica miocenica, molto alterata e fratturata. Sotto quest'orizzonte sismico si registra un ulteriore aumento delle velocità delle onde longitudinali (V_p), che raggiungono valori superiori ai 3500 m/sec nella parte inferiore del modello. Le velocità registrate sono riferibili a torbiditi marnoso-arenacee a vario grado di fratturazione, con diminuzione relativa dello stato di fratturazione con la profondità.

Nella Tabella 7-H vengono forniti i moduli elastici dinamici indicativi dei terreni, calcolati a partire dalle velocità medie delle onde longitudinali per gli orizzonti sismici dei modelli. Tali orizzonti sono stati definiti tenendo conto dei valori e dei gradienti di velocità, nonché dal contesto geologico ricavato dalle stratigrafie riscontrate nelle perforazioni a carotaggio continuo e a informazioni di carattere bibliografico (Carta geologica d'Italia n. 108 Mercato Saraceno). I coefficienti di Poisson adottati sono stati dedotti dalla letteratura tra quelli più attinenti alle litologie in esame.

SIS9	Coltre eluvio-colluviale	Marne e arenarie molto alterate e fratturate	Marne e arenarie molto fratturate	Marne e arenarie fratturate	Marne e arenarie integre
Coefficiente di Poisson μ	0,445	0,355	0,300	0,295	0,290
Velocità onde longitudinali V_p (m/sec)	550	1000	1900	2600	3500
Velocità onde trasversali V_s (m/sec)	173	474	1016	1402	1903
Peso di volume γ (g/cm³)	1,80	2,00	2,10	2,20	2,30
Modulo di Young E_{din} (MPa)	159,0	1242,0	5740,7	11417,3	19058,0
Modulo di Rigidezza G (MPa)	55,0	458,3	2208,0	4408,2	7386,8

Tabella 7-H: Interpretazione del profilo sismico SIS9.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 36 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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 – Limi argillosi a consistenza da plastica a media con sabbie limose sciolte (coltre di alterazione superficiale della Formazione Marnoso-Arenacea) – spessore di 9 m circa.

Dati da sondaggio S7

γ =	19 – 20	kN/m ³
c' =	10 – 20	MPa
ϕ' =	22 – 25	°

Nota: valori inferiori della coesione drenata sono possibili a seguito di fenomeni di imbibizione

Unità 2 – 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 S7 e S17

γ =	22 - 26	kN/m ³
c' =	0 – 2	MPa

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.

ϕ' =	20 – 30	°
-----------	---------	---

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:

σ_{c1} =	7 - 30	Mpa (S3CR1)
-----------------	--------	-------------

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 37 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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-81242 oltre alla geometria dell'attraversamento sono riportate le seguenti informazioni di progetto:

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

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

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

8.2 Descrizione delle fasi di lavorazione

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

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

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

8.2.1 Preparazione aree di cantiere

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

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

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 38 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

- 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.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 39 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

Infissione degli elementi tubolari nel terreno

Per l'avanzamento degli elementi tubolari in c.a. è utilizzata una unità spingitubo collocata all'interno del pozzo di spinta. L'unità di spinta è composta da martinetti idraulici montati su un 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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 40 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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 discarica; 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

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 41 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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.

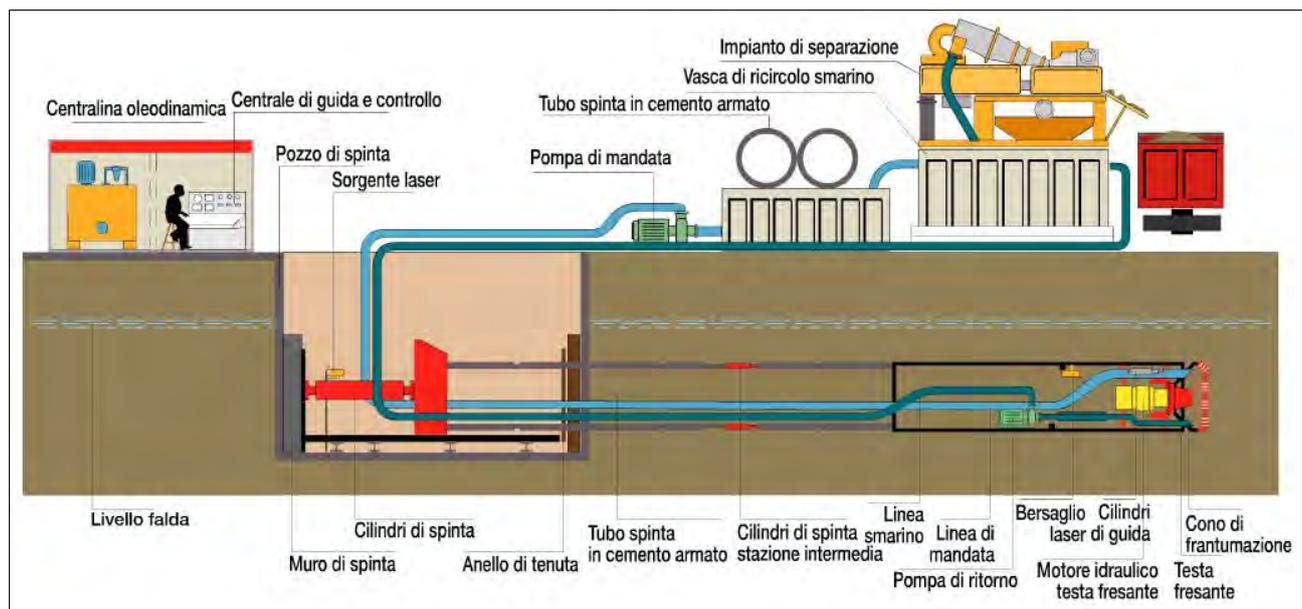


Figura 8-A: Tipica configurazione di cantiere per la realizzazione di un microtunnel in c.a. (fonte: Icop S.p.A.).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 42 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

9 CONCLUSIONI

Nell’ambito della progettazione del metanodotto “Sestino-Minerbio DN 1200 (48”), DP 75 bar”, all’interno del territorio comunale di Sant’Agata Feltria (RN), è stata prevista la realizzazione di un microtunnel avente una lunghezza planimetrica complessiva di circa 432 m, al fine di attraversare un’area collinare, denominata Colle Cantuccio, delimitata tra due importanti incisioni vallive, il Fiume Marecchia a sud e il Fiume Savio a nord. Tale rilievo, in corrispondenza del settore interessato dal passaggio della trenchless in progetto, è caratterizzato da fenomeni franosi diffusi, che rendono necessaria tale metodologia di attraversamento.

Dal punto di vista geologico, il settore interessato dalla trenchless in progetto è caratterizzato dalla formazione flyschoidale Marnoso Arenacea - Membro di Civitella (FMA9), costituita da un’alternanza di marne, siltiti marnose, argilliti fittamente stratificate ed arenarie. Tale formazione geologica, che risulta prevalente nel volume geologico significativo dell’opera in progetto, presenta un andamento monoclinale immergente verso SW.

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, nella FMA si distinguono i membri a prevalenza marnoso-pelittica a bassa permeabilità, e 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, l’assetto idrogeologico locale è 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.

Dal punto di vista geotecnico, i depositi flyschoidali rientrano nella categoria dei litotipi complessi in relazione sia alle ritmiche variazioni litologiche, sia in relazione alla “strutturazione”, intesa come micro e macro fratturazione dell’ammasso per azioni tettoniche, predisponendo 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 l’assenza di interferenze planimetriche dell’opera in progetto con aree di attenzione perimetrate nell’ambito dei suddetti strumenti. Per quanto concerne i dissesti cartografati durante la campagna di rilevamento geologico e geomorfologico, si evince che l’opera in progetto attraversa un’area caratterizzata da una frana classificata come scorrimento che risulta prossima al settore dell’estremità NE. Tale dissesto ha coinvolto la coltre di alterazione e la porzione più fratturata della sottostante formazione marnoso-arenacea con profondità variabili. 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.

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

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 43 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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.

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 44 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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-80020	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 45 di 45	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-10

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 – Simica a rifrazione
- Annesso 6 – Sezione geologica



SONDAGGIO N° 7	COMMITTENTE : SAIPEM S.p.A.	CANTIERE : SESTINO (AR) - MINERBIO (BO)		Pratica n. P08/134-SE	Doc. n. 08/134-SE/S-7		
Quota: 0.00 m.	Riferita a: Piano Campagna	Data inizio: 20/07/09	Data ultimazione: 20/07/09	Verb. Acc. n°	Certificato n°	Data Emissione	
Sperimentatore: Dott. Geol. Saccon A.		Operatore: Zorzetto F.	Tipo di attrezzatura: PUNTEL tipo PX-600C		104/09	1755	07/08/09
							Elaborato
							M.B.

Profondita' in m. Prog.	Parz.	Stratigrafia	Campioni			%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (A.G.I. 1977)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Piezo metro PZ1	Piezo metro PZ2	Livello piezo- metrico	NOTE:												
			Tipo	Num	Prof.							Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa	Res kPa																	
0							Limo argilloso grigio - nocciola, con fiamme ocracee; presenti occasionali elementi millimetrici e centimetrici di ghiaia angolare e rari apparati radicali fino a m 0.40 (terreno vegetale).	>600	>100											<ul style="list-style-type: none"> ■ Campione indisturbato OSTERBERG ▣ Campione indisturbato SHELBY ⊗ Campione rotativo DENISON ▼ Campione rimaneggiato S.P.T. ▽ Campione rimaneggiato * Campione a disturbo limitato <p>PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO</p> <p>CAROTIERE: SEMPLICE Ø 101 mm. tra m. 0.00 e m. 9.00</p> <p>CAROTIERE: DOPPIO Ø 101 mm. tra m. 9.00 e m. 10.30</p> <p>CAROTIERE: Ø tra m. e m.</p> <p>TUBI DI RIVESTIMENTO Ø 127 mm. tra m. 0.00 e m. 7.90</p> <p>Ø tra m. e m.</p> <p>Ø tra m. e m.</p> <p>ASTE Ø mm. 66</p> <p>CASSETTE CATALOGATRICI N° : 2</p> <p>STRUMENTAZIONE INSTALLATA: - Chiusura foro con materiale di risulta</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th colspan="4">H₂O in fase di perforazione</th> </tr> <tr> <th>DATA</th> <th>ORA</th> <th>RIV.</th> <th>H₂O</th> </tr> <tr> <td>20/07/09</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-4.50 m</td> </tr> </table> <p>Direttore del laboratorio Dott. Geol. Diego Mortillaro</p>	H ₂ O in fase di perforazione				DATA	ORA	RIV.	H ₂ O	20/07/09	-	-	-4.50 m
H ₂ O in fase di perforazione																																
DATA	ORA	RIV.	H ₂ O																													
20/07/09	-	-	-4.50 m																													
	3.70						p.a. Idem.	440	>100																							
				1	2.30		p.b. Idem (Pen. 220-280 kPa; Tor. 48 kPa). Idem.	270	58																							
					2.90			440	>100																							
	3.70						Limo con argilla grigio chiaro e grigio - nocciola, con rari punti ocracei (materiale umido da m 3.00 a m 6.00).	400	>100																							
				2	4.20		p.a. Idem.	140	47																							
					4.80		p.b. Idem (Pen. 170-220 kPa; Tor. 48 kPa). Idem.	150	49																							
	5							130	53																							
							Limo sabbioso argilloso grigio - nocciola, con frammenti centimetrici ed occasionali ciottoli di arenaria.	210	70																							
								240	40																							
	6.10							190	35																							
								360	>100																							
								310	>100																							
								330	>100																							
	8.70							520	>100																							
	9.00	0.30				30%	Limo argilloso debolmente sabbioso nocciola - ocraceo.																									
	9.10	0.10				45%	Arenaria grigio - nocciola, molto fratturata ed alterata.																									
		1.20					Marna grigia localmente argillosa.																									
	10.30																															

SONDAGGIO N° 7
ATTREZZATURA IN POSIZIONE



SONDAGGIO N° 7
CASSETTA CATALOGATRICE N° 1 da m 0,00 a m 5,00



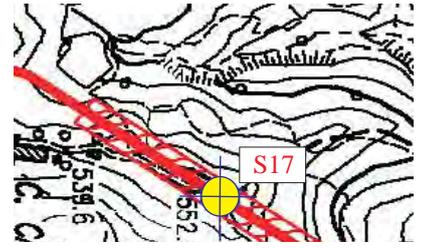
SONDAGGIO N° 7
CASSETTA CATALOGATRICE N° 2 da m 5,00 a m 10,30



PROGETTO: Indagini geognostiche e geotecniche Metanodotto: Sulmona-Minerbio
Tratto Sestino-Minerbio DN 1200 (48'') P 75 bar

Sondaggio S17

Comune: Sant'Agata Feltria (PU)
Località: Microtunnel C. Cantuccio
Committente: Technip Italy S.p.A.



Sondaggi, prove geotecniche e fondazioni speciali
Via Veneri, 4 - 87100 COSENZA
Tel. 0984-70488 - Fax 0984-785259

GECONSOL S.R.L.

Prof.: 60,00 m dal p.c.; n° Cass.: 6; inizio 20/11/2007; fine 23/11/2007
Perforazione: a distruzione di nucleo fino a 30,00 m con sonda CMV MK 420;
a carotaggio continuo da 30,00 a 60,00 m con sonda CMV MK 420;
Uso doppio carotiere e corona diamantata-terreni duri da 30,00 a 60,00 m dal p.c.

Prof. dal p.c. (M)	Quota s.l.m.	Spessore (m)	Descrizione della litologia	Colonna stratigrafica	Ponder Penetrometer (kg/cm²)	Campioni	Standard Penetration Test			Falda (m.p.c.)	Piezometro	Carotaggio (%)	RQD (%)	Cassette			
							Prof. (m)	Colpi	N								
3		30,00	Perforazione a distruzione di nucleo.														
6																	
9																	
12																	
15																	
18																	
21																	
24																	
27																	
30																	
33		30,00	Substrato litoide costituito da marna-marna calcarea, con intercalati livelli arenacei da centimetrici a decimetrici. Stratificazione da sottile a media; durezza media; struttura compatta, a tratti granulare. Presenza di poche fratture, chiuse, generalmente piane, aventi angoli compresi tra circa 20 a circa 45°. Sono presenti rari riempimenti argillosi.									100					
36															30,69 □ 31,00	84 95	1
39															34,74 □ 35,00	99 88 80	
42															41,00 □ 41,30	91 100	2
45															48,03 □ 48,30	99 88 80	
48															52,78 □ 53,00	91 92	3
51															58,47 □ 58,70	86 97	
54																86 97	4
57																100 98	
60																96 96 97	5
			96 99														
			96 95 98	6													
			100 100														

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Sondaggio S17



Postazione sondaggio S17



Cassetta S17C1 (30,00 - 35,00 m dal p.c.)



Cassetta S17C2 (35,00 - 40,00 m dal p.c.)



Cassetta S17C3 (40,00 - 45,00 m dal p.c.)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Sondaggio S17



Cassetta S17C4 (45,00 - 50,00 m dal p.c.)



Cassetta S17C5 (50,00 - 55,00 m dal p.c.)



Cassetta S17C6 (55,00 - 60,00 m dal p.c.)



Concessione Ministeriale Decreto n°55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

N° verbale di accettazione: 048/2009

Dati Generali di Campionamento

Data prelievo:
Attrezzatura sondaggio: ROTAZIONE
Attrezzatura prelievo: SHELBY
Modalità prelievo: PRESSIONE

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI1
Profondità prelievo [m]:	2.30 - 2.90
Prova:	Dc
Data fine descrizione:	16/09/2009

N° certificato di prova:

Dati Generali del Campione

Data arrivo in laboratorio:	04/08/2009	Tipo contenitore:	FUSTELLA ACCIAIO
Data estrusione campione:	04/09/2009	Forma campione:	CILINDRICO
Condizioni contenitore:	BUONE	Dimensioni Campione:	Φ= 8.48 cm L= 59 cm
		Classe del terreno:	CLASSE 4

Descrizione

2.31m-2.90m : Limo debolmente sabbioso f con tracce di ghiaia m/f allungata subangolare subarrotondata lmax 16mm bruo oliva chiaro (2.5y 5/6) duro.

Schizzo	Penetrometro		Scissometro		Prove eseguite
	+	//	+	//	
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
2.20					
2.24					
2.28					
2.32					
2.36					
2.40					
2.44	0.40	0.41			DS CK0D1
2.48					DS CK0D2
2.52	0.40	0.42			DS CK0D3 LLP1 Gr1
2.56					γ1 w1 Ft1
2.60	0.41	0.42			
2.64					ELL1
2.68					
2.72	0.41	0.42			
2.76					
2.80					
2.84					
2.88					
2.92					
2.96					
3.00					
3.04					
3.08					
3.12					

Richiami

γ = Peso di volume

w = Umidità

ELL = Espansione laterale libera

Ft = Fotografia

DS CK0D = Taglio diretto Casagrande

LLP = Limiti di liquidità e plasticità

Gr = Analisi Granulometrica



Concessione Ministeriale Decreto n°55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

N° verbale di accettazione: 048/2009

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	C11
Profondità prelievo [m]:	2.30 - 2.90
Prova:	Cg
Data fine descrizione:	16/09/2009

Prove	Profondità	Risultati prove	Riferimento procedure	N° certificato di prova
γ_l	2.31m - 2.90m	Peso di volume = 20.45 [kN/m ³]	PT-LMT-00021 REV. 1	
w ₁	2.31m - 2.90m	Umidità = 21 [%]	PT-LMT-00016 REV. 0	
LLP1	2.52m - 2.56m	Limite Liquido = 38 [%] Limite Plastico = 19 [%]	PT-LMT-00020 REV. 1	

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0		Pezzotta	Angeloni

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	C11
Profondità prelievo [m]:	2.31 – 2.90
Data prova:	04/09/2009



rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	00/01/1900	Angeloni	Fioravante

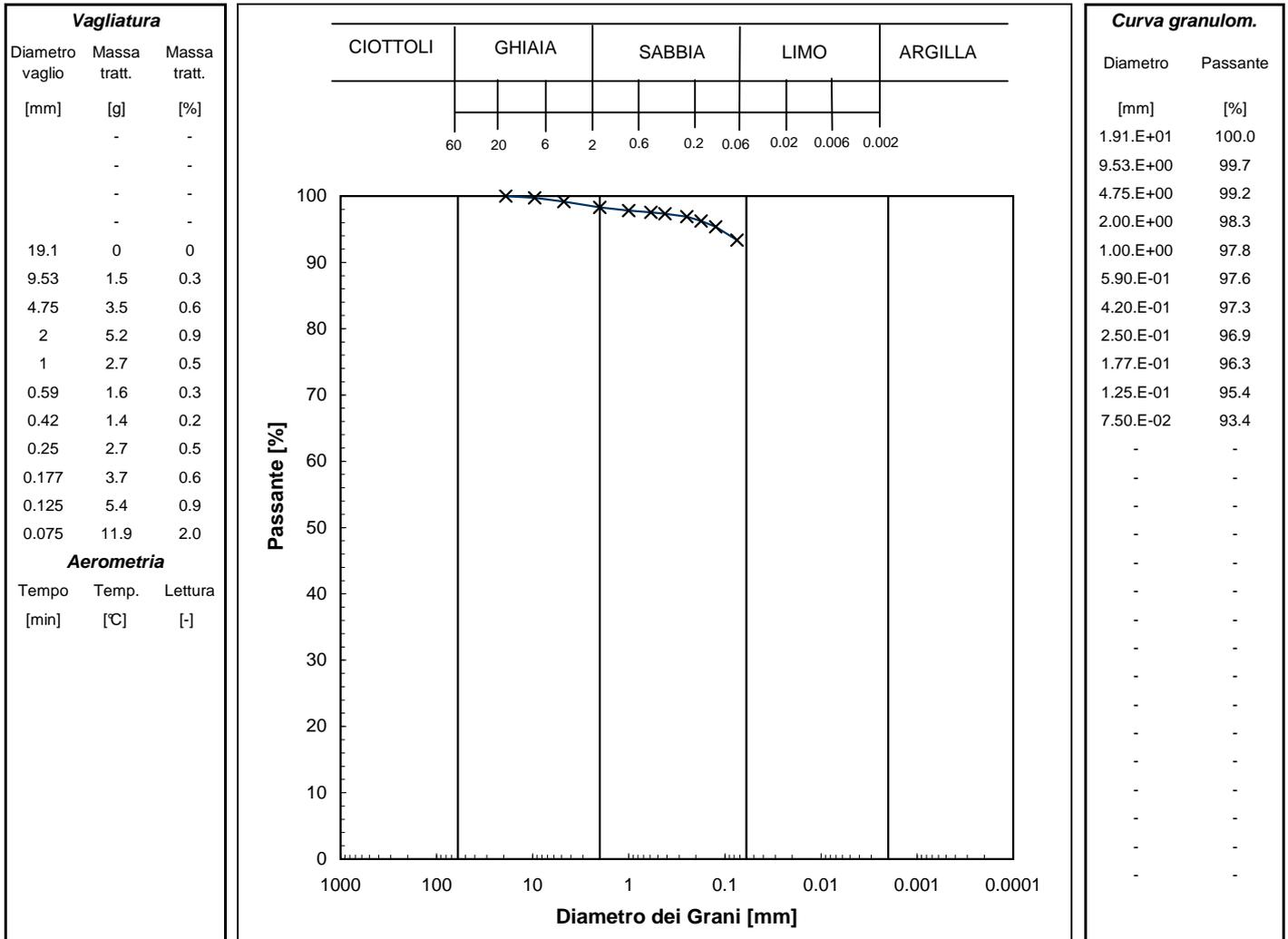
Normativa di riferimento: ASTM D422/90

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 048/2009

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	C11
Profondità prelievo [m]:	2.52 - 2.56
Prova:	GR1
Data prova:	09/09/2009



Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale [g]	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria [g]	L max [mm]	D ₆₀ [mm]	D ₅₀ [mm]
		da m	a m												
GR1	x	2.52	2.56	594.5	VIA UMIDA	93	-	2	6	92*	0*	0	16	1.5.E-05	1.1.E-06

NOTE:

* Ricavato da estrapolazione dei dati sperimentali

Non si esegue l'aerometria poiché il peso secco del passante al vaglio 200 ASTM (0.075mm) è inferiore a 25g.



Concessione Ministeriale Decreto n°55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

Sperimentatore:	Angeloni
Direttore:	Fioravante
Data emissione:	16/09/2009
Rev.	

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	C11
Profondità prova [m]:	2.52 - 2.56
Prova:	LLP1
Data prova:	10/09/2009

Normativa di riferimento: ASTM D4318

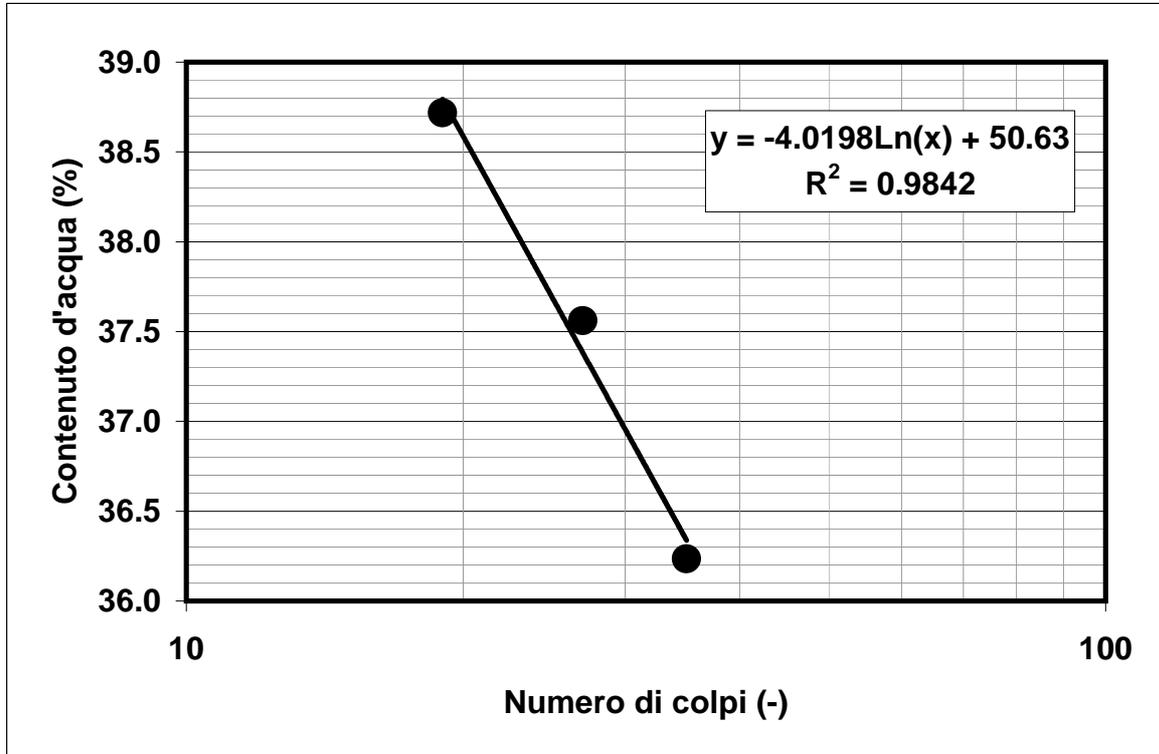
N°certificato di prova:

N°verbale di accettazione: 048/2009

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	19	27	35
massa tara (g)	22.46	22.26	22.69
massa umido + tara (g)	61.62	61.63	62.13
massa secco + tara (g)	50.69	50.88	51.64
umidità (%)	38.72	37.56	36.23

Limite Plastico		
massa tara (g)	22.23	22.35
massa umido + tara (g)	33.82	34.3
massa secco + tara (g)	31.95	32.34
umidità (%)	19.24	19.62

Limite Liquido LL (%)	37.7
Limite Plastico LP (%)	19.4
Indice Plastico IP(%)	18.3



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2188/91

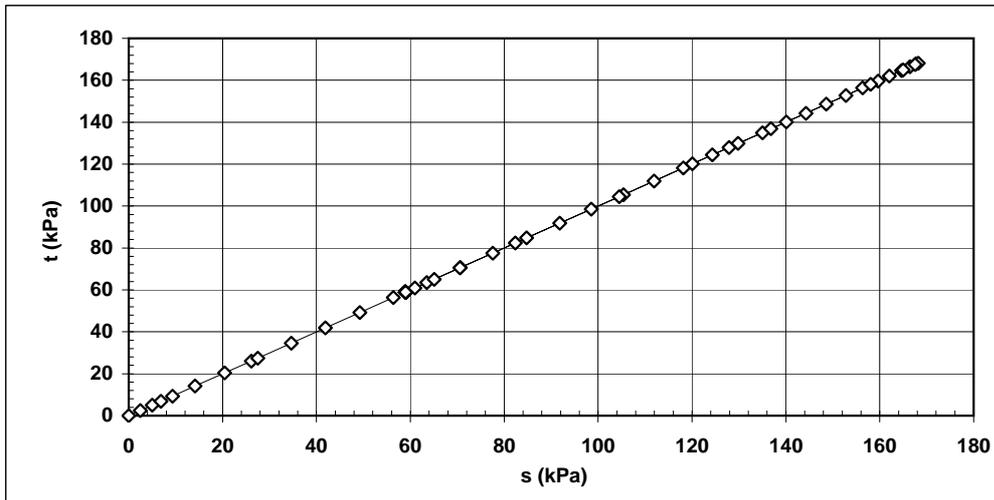
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 048/2009

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI1
Profondità prova [m]:	2.57m - 2.71m
Prova:	ELL
Provino:	1
Data prova:	07/09/2009

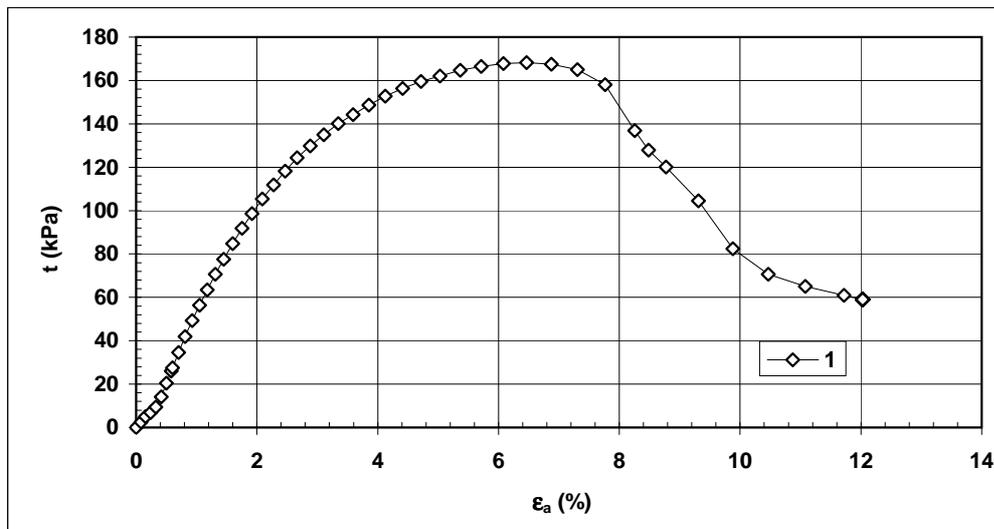
Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali					Pressione cella	Dati a rottura					Metodo di preparazione	Tipo di provino
		D	H	γ	w	e		DFR	v	t	s	ϵ_a		
-	m	mm	mm	kN/m ³	%	-	kPa	min	mm/m	kPa	kPa	%	-	-
1	2.64	71.0	135.5	20.47	20.4	0.559	-	15.5	1.0	168	168	6.5	fustellazione	indisturbato



Legenda:

- D = diametro del provino
- H = altezza del provino
- γ = peso di volume umido
- w = contenuto d'acqua
- e = indice dei vuoti
- ϵ = deformazioni
- $t = (\sigma_a - \sigma_r) / 2$
- $s = (\sigma_a + \sigma_r) / 2$
- DFR = durata rottura
- v = velocità delle pressa
- Subscritto 'a' = assiale



Schizzo a rottura

1	2
3	4

Note:	
--------------	--

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

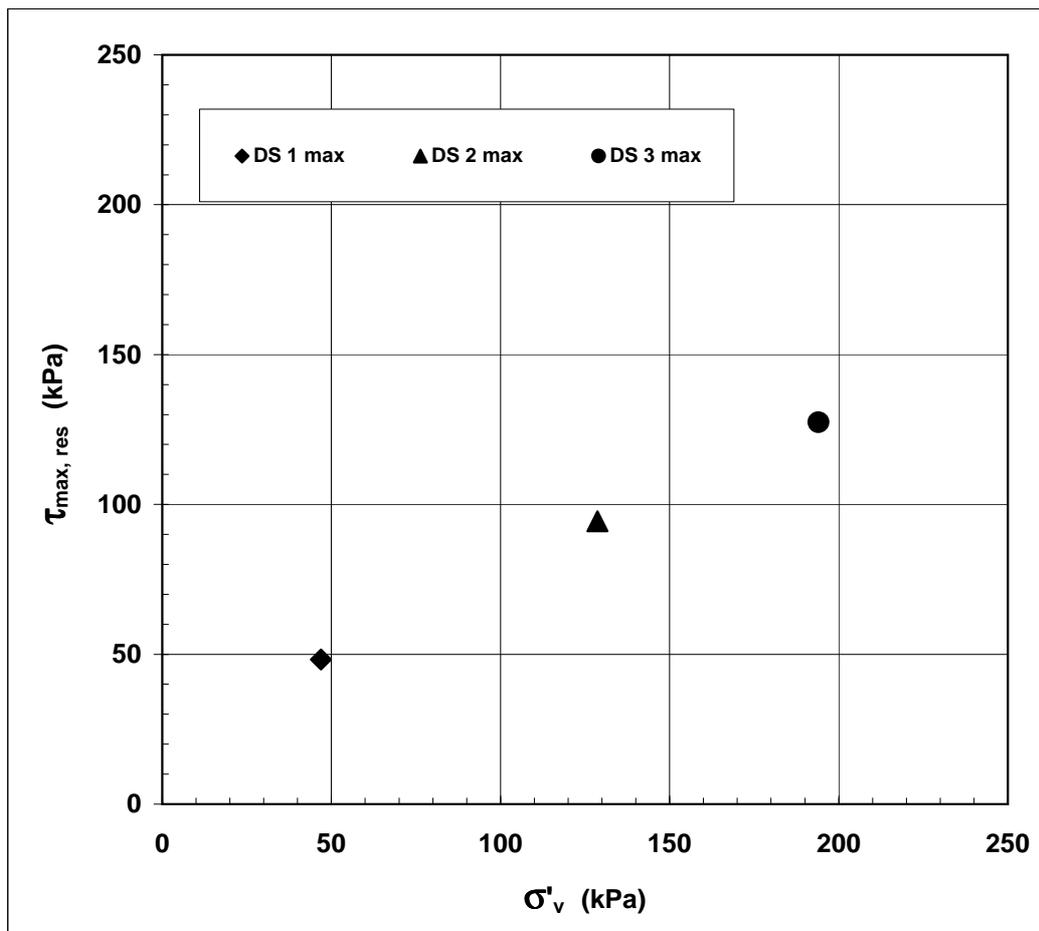
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 048/2009

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO - MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI1
Profondità prova [m]:	2.44 - 2.56
Prova:	DS CK0D
Provino:	1 2 3
Data prova:	07/09/2009

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali						Dati a fine consolidazione						Valori di picco			Valori residui		Rottura		Metodo di preparazione - tipo di materiale
		A	H	γ	w	S	γ_d	σ'_v	H	S	ϵ_v	γ_d	dfc	τ_{max}	δ_h	ϵ_v	τ	δ_h	v	dfr	
-	m	cm ²	mm	kN/m ³	%	(%)	kN/m ³	kPa	mm	%	%	kN/m ³	h	kPa	mm	%	kPa	mm	mm/m	ore	-
1	2.46	36.0	20.0	19.37	21.0		16.0	47	19.9		0.62	16.11	15	48	1.414	-0.39	-	-	0.008	17	Fustellazione - Provino indisturbato
2	2.50	36.0	20.0	19.26	21.0		15.92	129	19.5		2.58	16.34	15	94	2.09	0.34	-	-	0.008	18	
3	2.54	36.0	20.0	19.56	21.0		16.16	194	19.6		2.24	16.53	15	127	2.39	0.05	-	-	0.008	17	



Legenda:

- A = area del provino
- H = altezza del provino
- γ = peso di volume umido
- w = contenuto d'acqua
- γ_d = peso di volume secco
- σ' = tensione efficace
- ϵ = deformazioni
- τ = sforzo di taglio
- δ = spostamento
- v = velocità di rottura
- dfc = durata consolidazione
- S = grado di saturazione

- Subscritto 'h' = orizzontale
- Subscritto 'v' = verticale
- Subscritto 'max' = MASSIMO
- Subscritto 'res' = RESIDUO

Note:	
--------------	--

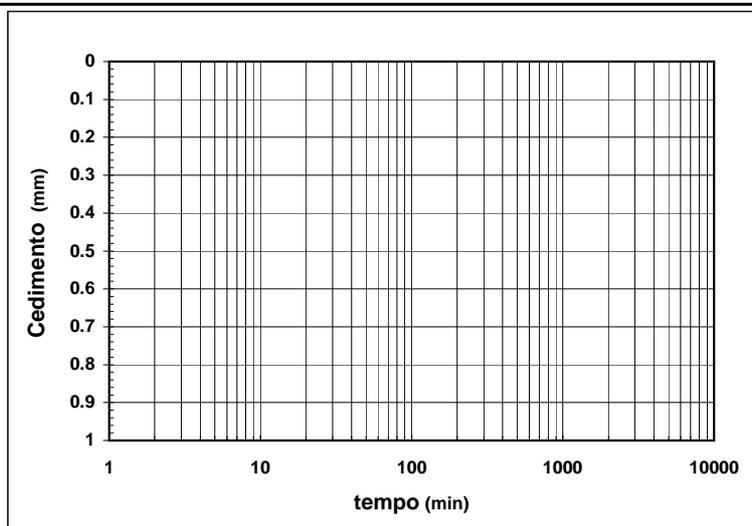
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO - MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI1
Profondità prova [m]:	2.44 - 2.56
Prova:	DS CK0D
Provino:	1 2 3
Data prova:	07/09/2009

tempo
(min)

cedim.
(mm)



Provino 1

Gradino di carico

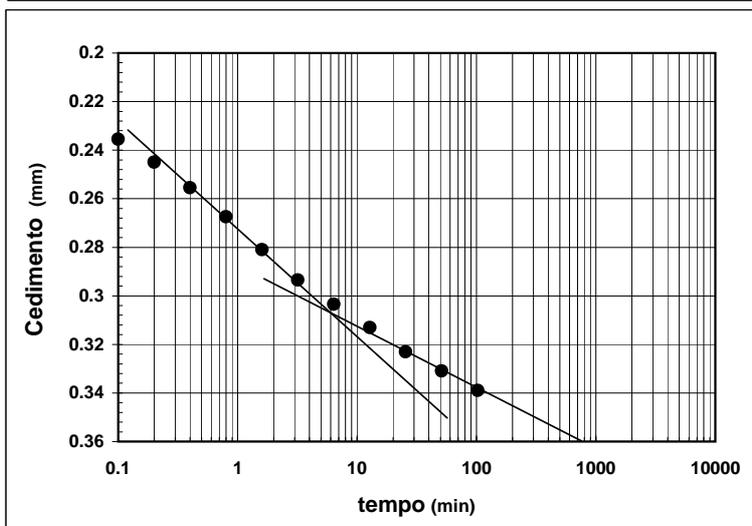
da KPa
a KPa

t₁₀₀ N.D. min

Alla tensione di prova il campione è al limite del rigonfiamento; il t₁₀₀ non è pertanto determinabile

tempo
(min)

cedim.
(mm)



Provino 2

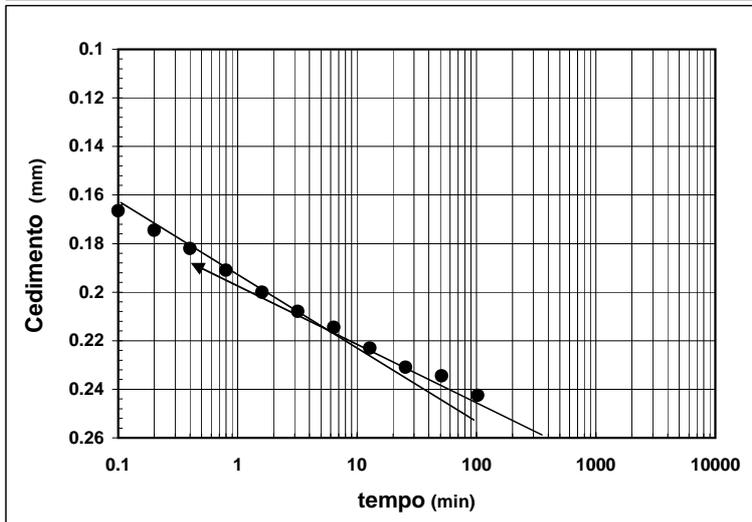
Gradino di carico

da 60.5 KPa
a 128.6 KPa

t₁₀₀ 6 min

tempo
(min)

cedim.
(mm)



Provino 3

Gradino di carico

da 98.6 KPa
a 194.0 KPa

t₁₀₀ 4 min

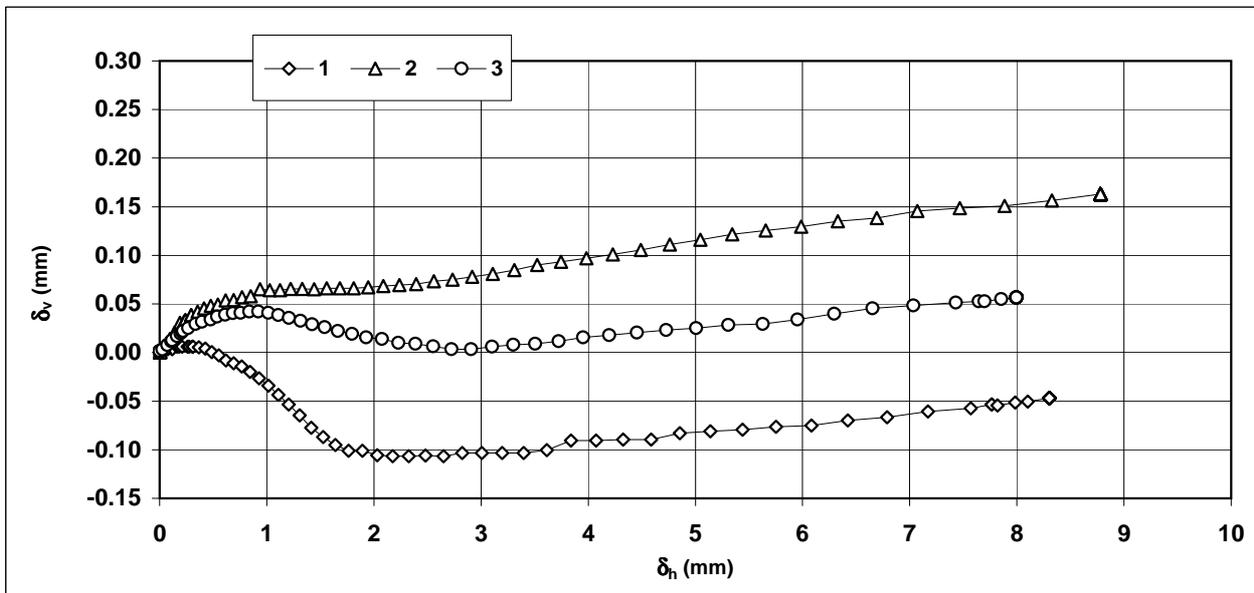
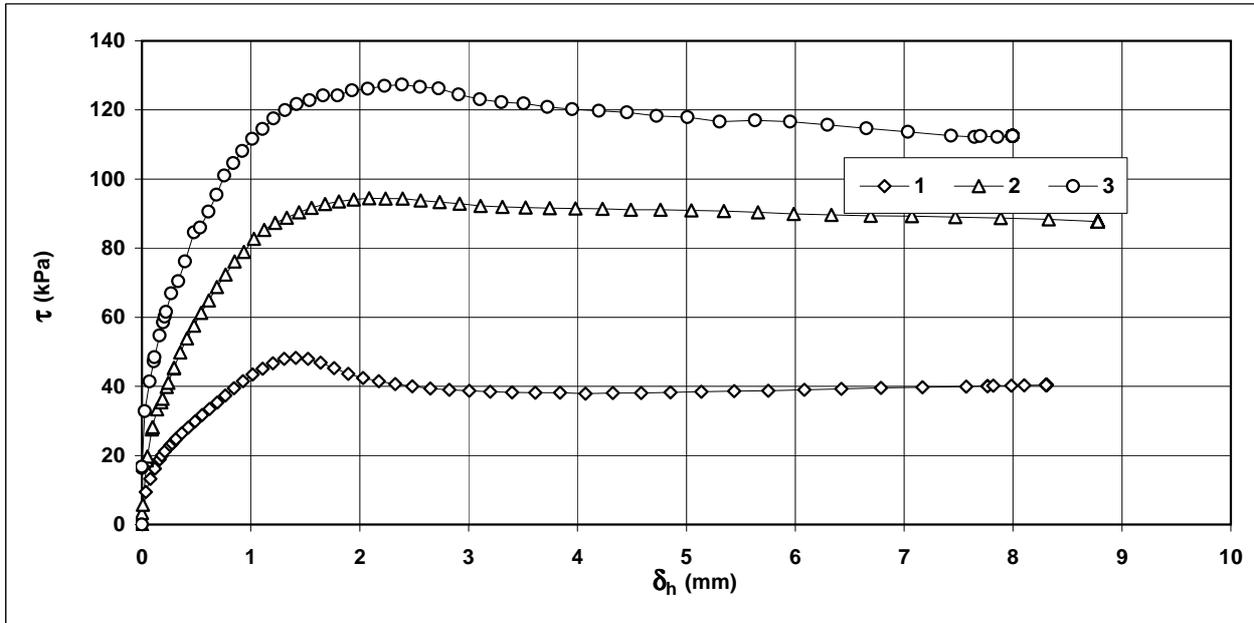


Concessione Ministeriale Decreto n°55126 del 12 lu glio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO - MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	C11
Profondità prova [m]:	2.44 - 2.56
Prova:	DS CK0D
Provino:	1 2 3
Data prova:	07/09/2009



Note:	
-------	--



Concessione Ministeriale Decreto n°55126 del 12 lu glio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

N° verbale di accettazione: 048/2009

Dati Generali di Campionamento

Data prelievo:
Attrezzatura sondaggio: ROTAZIONE
Attrezzatura prelievo: SHELBY
Modalità prelievo: PRESSIONE

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI2
Profondità prelievo [m]:	4.20 - 4.80
Prova:	Dc
Data fine descrizione:	16/09/2009

N° certificato di prova:

Dati Generali del Campione

Data arrivo in laboratorio:	04/08/2009	Tipo contenitore:	FUSTELLA ACCIAIO
Data estrusione campione:	07/09/2009	Forma campione:	CILINDRICO
Condizioni contenitore:	BUONE	Dimensioni Campione:	Φ= 8.48 cm L= 56 cm
		Classe del terreno:	CLASSE 4

Descrizione

4.23m-4.79m : Limo con tracce di sabbia f con tracce di ghiaia m/g allungata subangolare subarrotondata lmax 41mm
bruno oliva chiaro (2.5y 5/6) molto consistente.
Frequenti inclusi lapidei sparsi.

Schizzo	Penetrometro		Scissometro		Prove eseguite
	+	//	+	//	
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
4.10					
4.14					
4.18					
4.22					
4.26					
4.30					
4.34	0.22	0.23			DS CK0D1
4.38					DS CK0D2
4.42	0.22	0.23			DS CK0D3 LLP1 Gr1
4.46					
4.50					γ1 w1 ELL1 Ft1
4.54					
4.58					
4.62	0.22	0.23			
4.66					
4.70					
4.74					
4.78					
4.82					
4.86					
4.90					
4.94					
4.98					
5.02					

Richiami

γ = Peso di volume

Gr = Analisi Granulometrica

w = Umidità

ELL = Espansione laterale libera

Ft = Fotografia

DS CK0D = Taglio diretto Casagrande

LLP = Limiti di liquidità e plasticità



Concessione Ministeriale Decreto n°55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

N° verbale di accettazione: 048/2009

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI2
Profondità prelievo [m]:	4.20 - 4.80
Prova:	Cg
Data fine descrizione:	16/09/2009

Prove	Profondità	Risultati prove	Riferimento procedure	N° certificato di prova
γ_l	4.23m - 4.79m	Peso di volume = 19.38 [kN/m ³]	PT-LMT-00021 REV. 1	
w ₁	4.23m - 4.79m	Umidità = 24 [%]	PT-LMT-00016 REV. 0	
LLP1	4.38m - 4.42m	Limite Liquido = 38 [%] Limite Plastico = 19 [%]	PT-LMT-00020 REV. 1	

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0		Pezzotta	Angeloni

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	C12
Profondità prelievo [m]:	4.23 – 4.79
Data prova:	07/09/2009



rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	00/01/1900	Angeloni	Fioravante

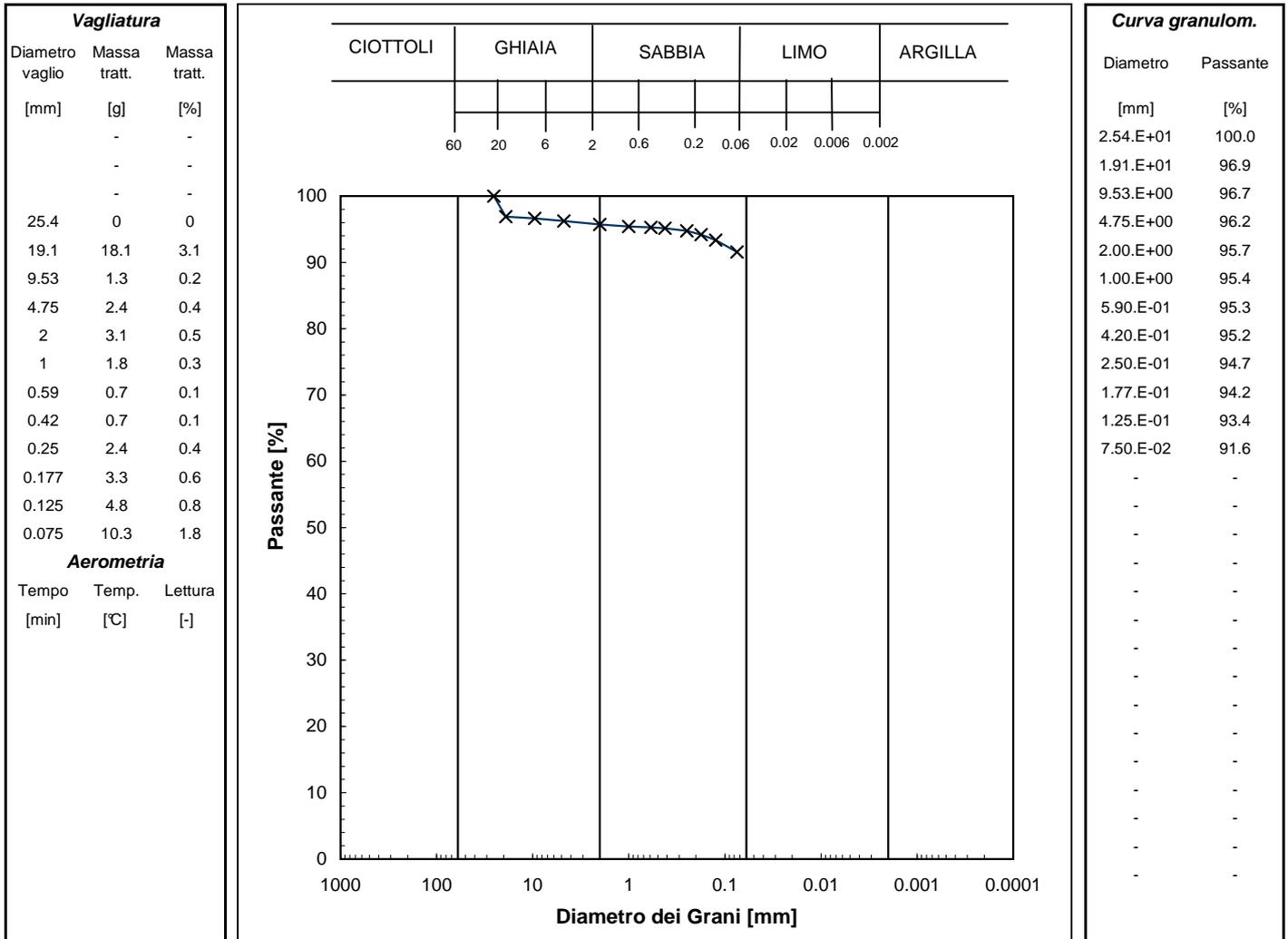
Normativa di riferimento: ASTM D422/90

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 048/2009

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	C12
Profondità prelievo [m]:	4.38 - 4.42
Prova:	GR1
Data prova:	09/09/2009



Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale [g]	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria [g]	L max [mm]	D ₆₀ [mm]	D ₅₀ [mm]
		da m	a m												
GR1	x	4.38	4.42	580.1	VIA UMIDA	92	-	4	5	91*	0*	0	41	8.5.E-06	4.8.E-07

NOTE:

* Ricavato da estrapolazione dei dati sperimentali

Non si esegue l'aerometria poiché il peso secco del passante al vaglio 200 ASTM (0.075mm) è inferiore a 25g.



Concessione Ministeriale Decreto n°55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

Sperimentatore:	Angeloni
Direttore:	Fioravante
Data emissione:	16/09/2009
Rev.	

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI2
Profondità prova [m]:	4.38 - 4.42
Prova:	LLP1
Data prova:	10/09/2009

Normativa di riferimento: ASTM D4318

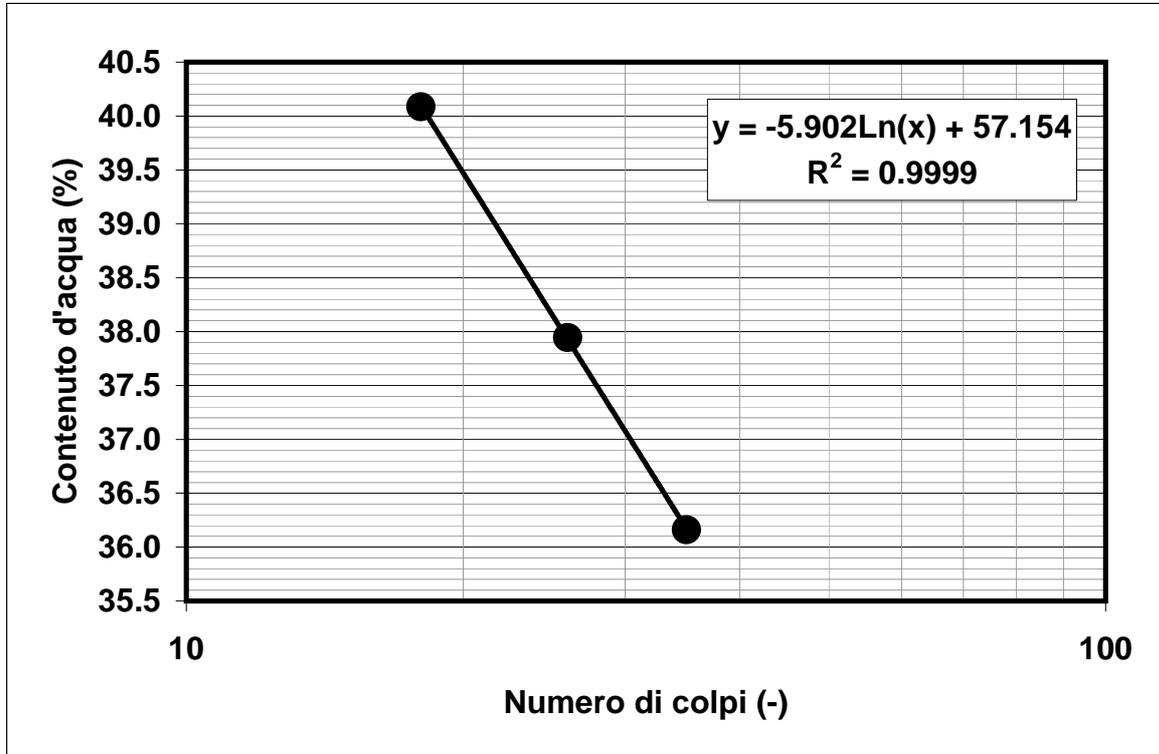
N°certificato di prova:

N°verbale di accettazione: 048/2009

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	18	26	35
massa tara (g)	22.44	22.64	22.48
massa umido + tara (g)	61.44	59.14	60.06
massa secco + tara (g)	50.28	49.1	50.08
umidità (%)	40.09	37.94	36.16

Limite Plastico		
massa tara (g)	22.35	22.42
massa umido + tara (g)	35.26	35.71
massa secco + tara (g)	33.14	33.55
umidità (%)	19.65	19.41

Limite Liquido LL (%)	38.2
Limite Plastico LP (%)	19.5
Indice Plastico IP(%)	18.6



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2188/91

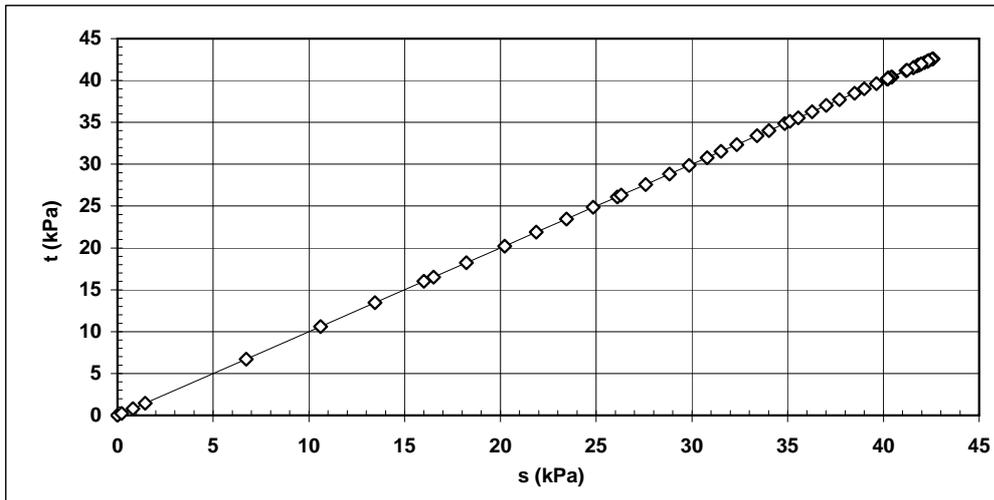
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 048/2009

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO-MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI2
Profondità prova [m]:	4.43m - 4.57m
Prova:	ELL
Provino:	1
Data prova:	07/09/2009

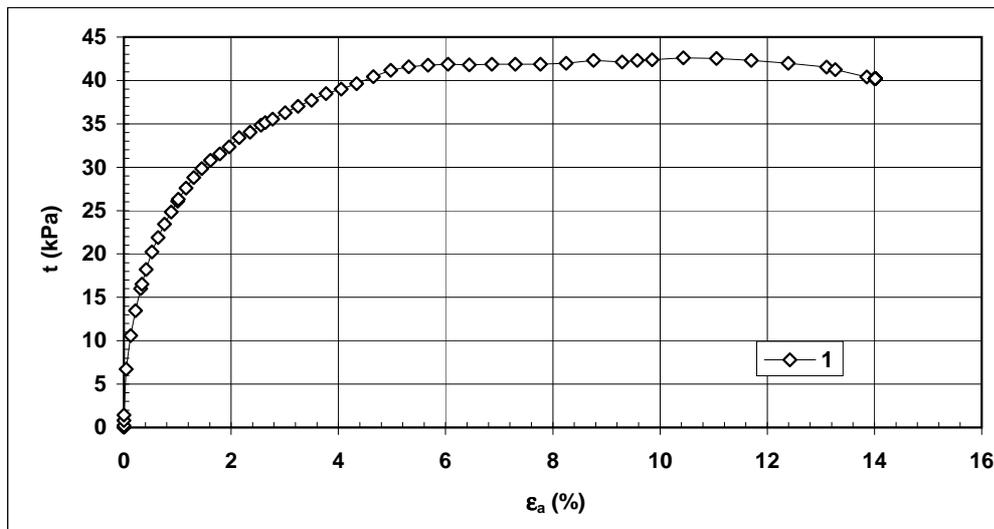
Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali					Pressione cella	Dati a rottura					Metodo di preparazione	Tipo di provino
		D	H	γ	w	e		DFR	v	t	s	ϵ_a		
-	m	mm	mm	kN/m ³	%	-	kPa	min	mm/m	kPa	kPa	%	-	-
1	4.50	70.5	141.8	19.90	21.9	0.623	-	19.0	1.0	43	43	10.4	fustellazione	indisturbato



Legenda:

- D = diametro del provino
- H = altezza del provino
- γ = peso di volume umido
- w = contenuto d'acqua
- e = indice dei vuoti
- ϵ = deformazioni
- $t = (\sigma_a - \sigma_r) / 2$
- $s = (\sigma_a + \sigma_r) / 2$
- DFR = durata rottura
- v = velocità delle pressa
- Subscritto 'a' = assiale



Schizzo a rottura

1	2
3	4

Note:	
--------------	--

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

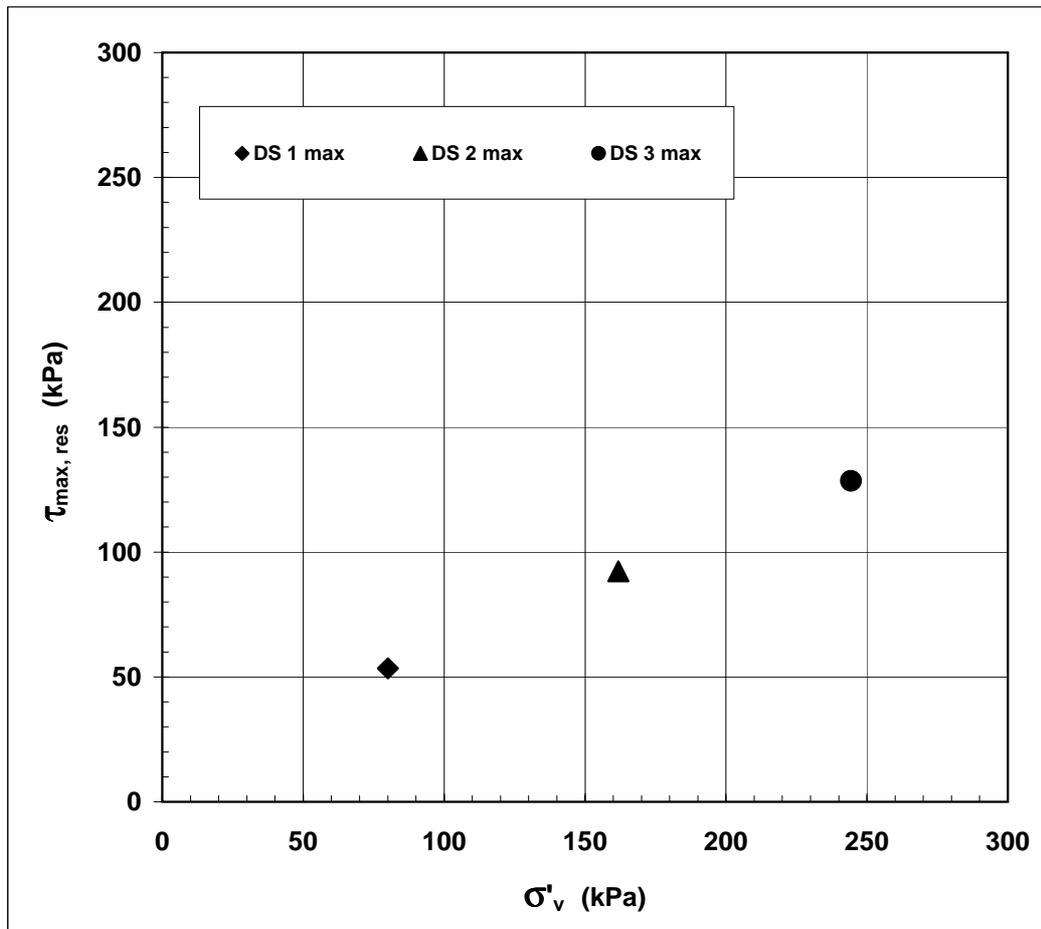
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 048/2009

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO - MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI2
Profondità prova [m]:	4.30 - 4.42
Prova:	DS CK0D
Provino:	1 2 3
Data prova:	07/09/2009

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali						Dati a fine consolidazione						Valori di picco			Valori residui		Rottura		Metodo di preparazione - tipo di materiale
		A	H	γ	w	S	γ_d	σ'_v	H	S	ϵ_v	γ_d	dfc	τ_{max}	δ_h	ϵ_v	τ	δ_h	v	dfr	
-	m	cm ²	mm	kN/m ³	%	(%)	kN/m ³	kPa	mm	%	%	kN/m ³	h	kPa	mm	%	kPa	mm	mm/m	ore	-
1	4.32	36.0	20.0	19.36	23.7		15.6	80	19.8		0.95	15.80	12	53	1.931	-0.41	-	-	0.008	17	Fustellazione - Provino indisturbato
2	4.36	36.0	20.0	19.50	23.7		15.76	162	19.5		2.40	16.15	12	92	3.00	0.33	-	-	0.008	17	
3	4.40	36.0	20.0	19.69	23.7		15.91	244	19.2		3.94	16.57	12	129	6.22	1.26	-	-	0.008	16	



Legenda:

- A = area del provino
- H = altezza del provino
- γ = peso di volume umido
- w = contenuto d'acqua
- γ_d = peso di volume secco
- σ' = tensione efficace
- ϵ = deformazioni
- τ = sforzo di taglio
- δ = spostamento
- v = velocità di rottura
- dfc = durata consolidazione
- S = grado di saturazione

- Subscritto 'h' = orizzontale
- Subscritto 'v' = verticale
- Subscritto 'max' = MASSIMO
- Subscritto 'res' = RESIDUO

Note:	
--------------	--

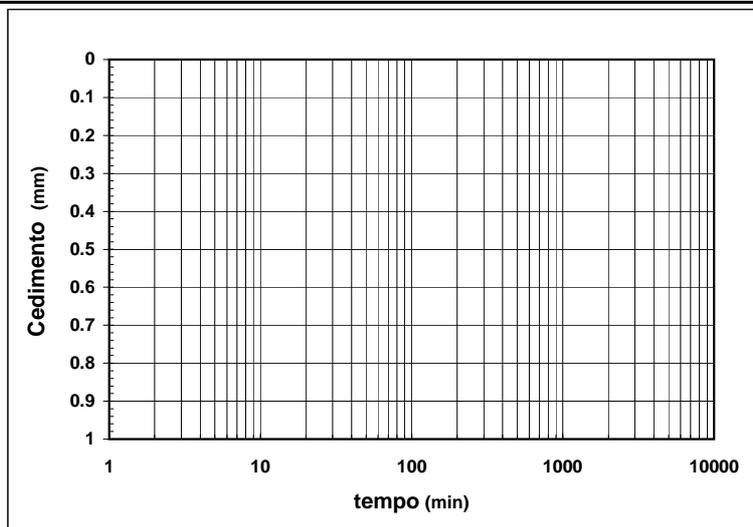
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO - MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	CI2
Profondità prova [m]:	4.30 - 4.42
Prova:	DS CK0D
Provino:	1 2 3
Data prova:	07/09/2009

tempo
(min)

cedim.
(mm)



Provino 1

Gradino di carico

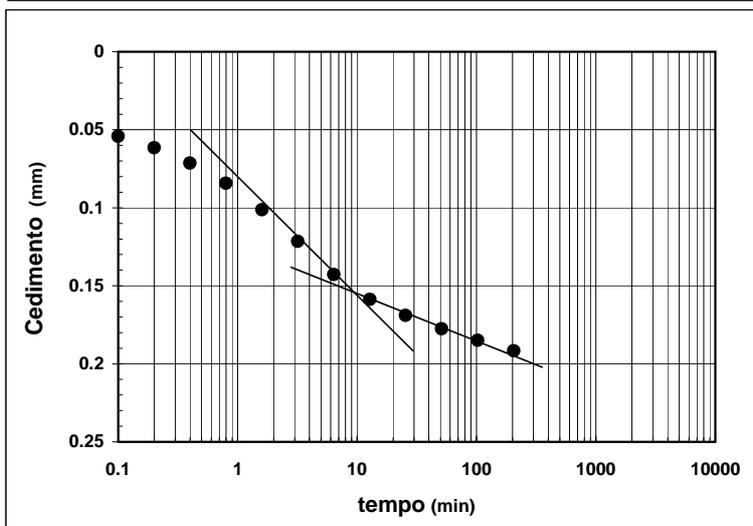
da KPa
a KPa

t₁₀₀ N.D. min

Alla tensione di prova il campione è al limite del rigonfiamento; il t₁₀₀ non è pertanto determinabile

tempo
(min)

cedim.
(mm)



Provino 2

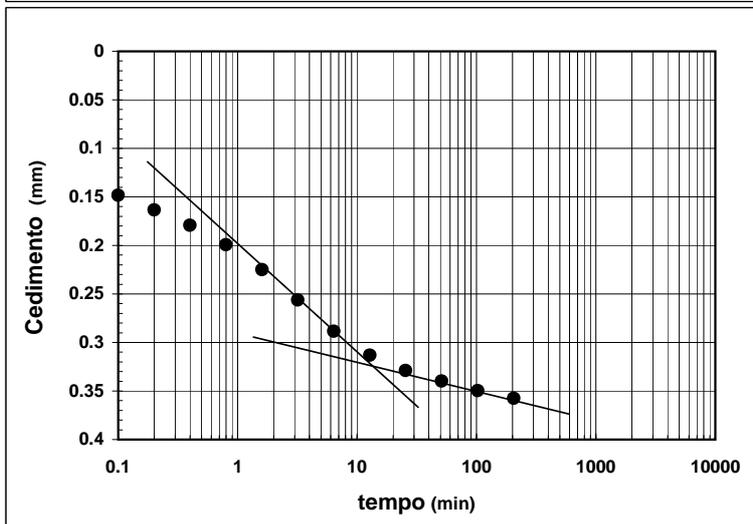
Gradino di carico

da 80.1 KPa
a 161.9 KPa

t₁₀₀ 8 min

tempo
(min)

cedim.
(mm)



Provino 3

Gradino di carico

da 121.8 KPa
a 244.4 KPa

t₁₀₀ 12 min

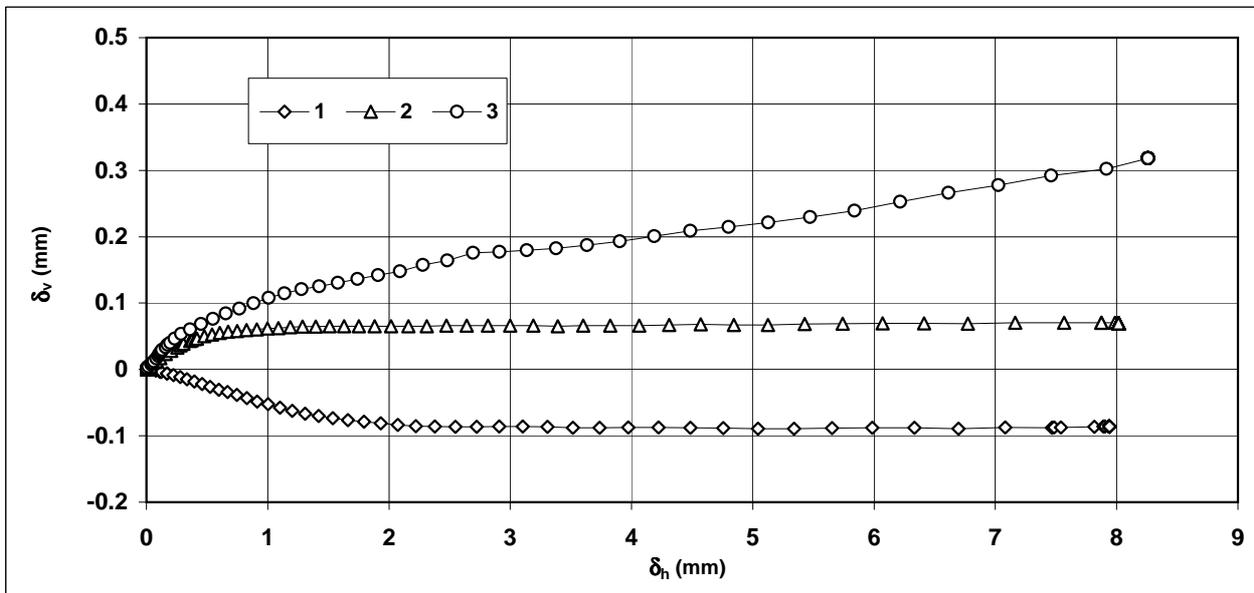
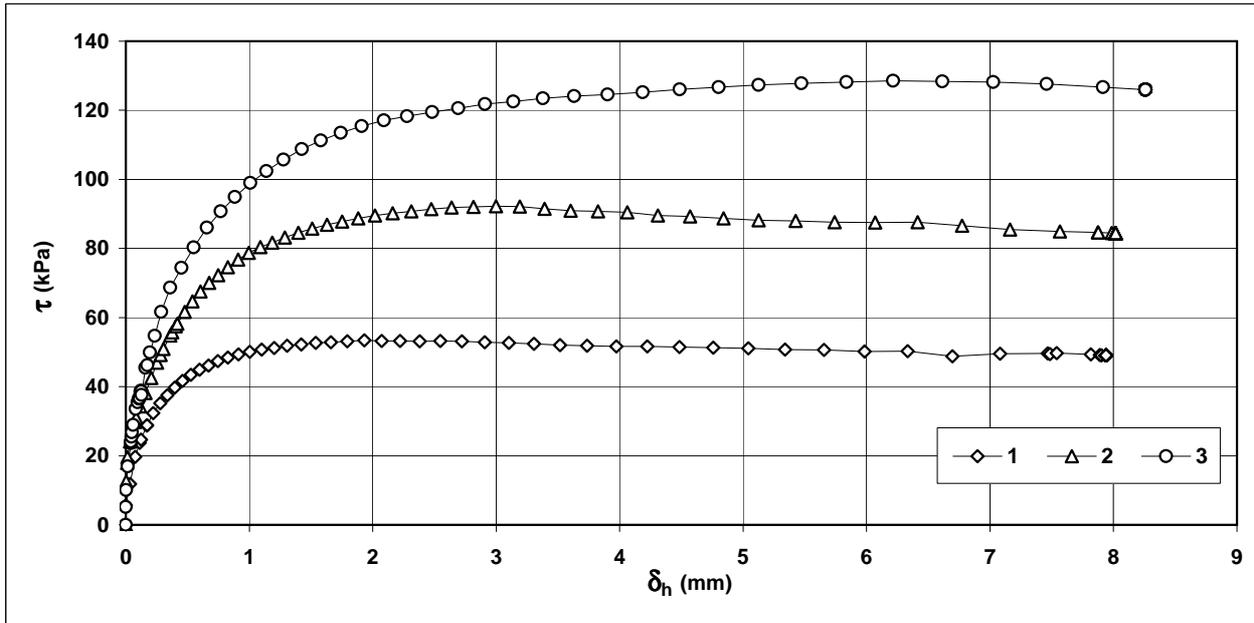


Concessione Ministeriale Decreto n°55126 del 12 lu glio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	16/09/2009	Angeloni	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

Committente:	SAIPEM
Cantiere:	METAN. SESTINO - MINERBIO
Sondaggio:	S7
Campione:	C12
Profondità prova [m]:	4.30 - 4.42
Prova:	DS CK0D
Provino:	1 2 3
Data prova:	07/09/2009



Note:	
-------	--

POINT LOAD TEST

ASTM D 5731

Committente: **GEOCONSOL srl** Com. **024**
 Cantiere: **TRATTA SESTINO -MINERBIO** Data **9-giu-08**
 Sondaggio: **S17** Camp.: **CR3 SE-MI** Profondità m **41,00-41,23**

CARATTERISTICHE CAMPIONE

Umidità W (%) = Marna fratturata e molto alterata fratture oblique e perpendicolari all'asse del carotaggio (per lo stato del campione non è possibile effettuare altre misure)
 Peso di volume γ (KN/m³) =

N PROVA	TIPO ROTTURA	PIANI DI DISCONT.	W (mm)	D (mm)	P (KN)	D _e ² (mm ²)	D _e (mm)	Is (MPA)	F	Is ₍₅₀₎ (MPA)
1	d	//		85,0	7,99	7225,00	85,00	1,11	1,27	1,40
2	d	//		84,0	8,19	7056,00	84,00	1,16	1,26	1,47
3	a	⊥	85,0	30,0	7,99	3248,41	56,99	2,46	1,06	2,61
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

RESISTENZA A COMPRESSIONE

Is₍₅₀₎ (MPA)

VALORE MEDIO **1,83**
 VALORE MEDIO ⊥ **2,61**
 VALORE MEDIO // **1,44**
 RAPPORTO I_a ₍₅₀₎ **1,82**
 (MPA)

Legenda

W larghezza
 D distanza assiale
 D_e diametro equivalente
 $F = (D_e/50)^{0,45}$

Tipo di rottura

Orientazione

d diametrale // parallela ai piani di discontinuità Is indice di resistenza a rottura
 a assiale ⊥ perpendicolare ai piani di discontinuità Is (50) indice di resistenza a rottura D₅₀
 b blocco --- piani di discontinuità non rilevati P pressione a rottura
 i frammenti irregolari I_a (50) indice di anisotropia

Profilo MASW 5

(n° geofoni: 24, lunghezza profilo: 48 m)

TECHNIP DORSALE, [Z] DORSALE MIN.-SEST MASW5

Inizio registrazione: 29/05/2023 13:54:16 Fine registrazione: 29/05/2023 14:01:38

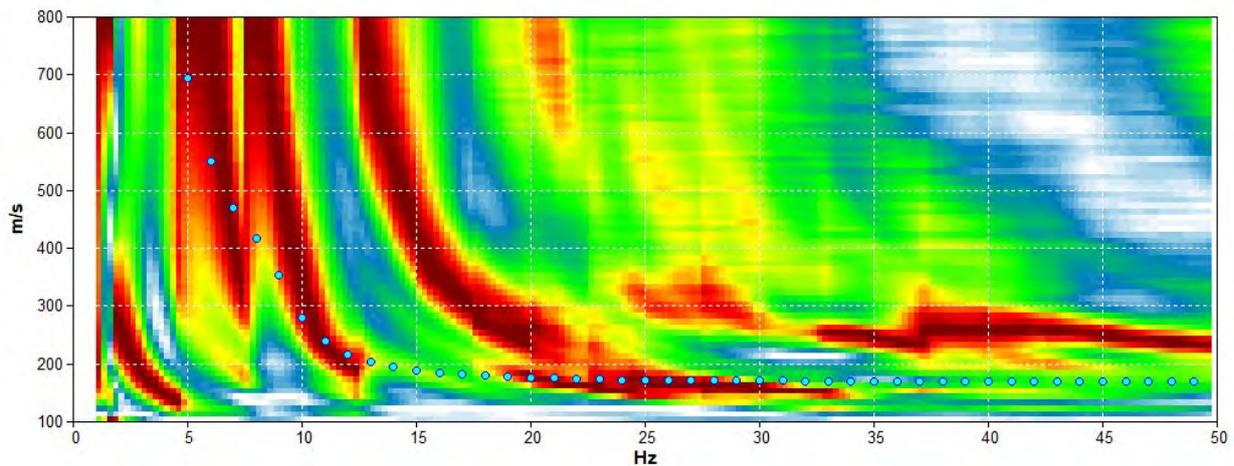
Durata registrazione: 0h00'02". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 1024 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17 ; B18 ;
B19 ; B20 ; B21 ; B22 ; B23 ; B24

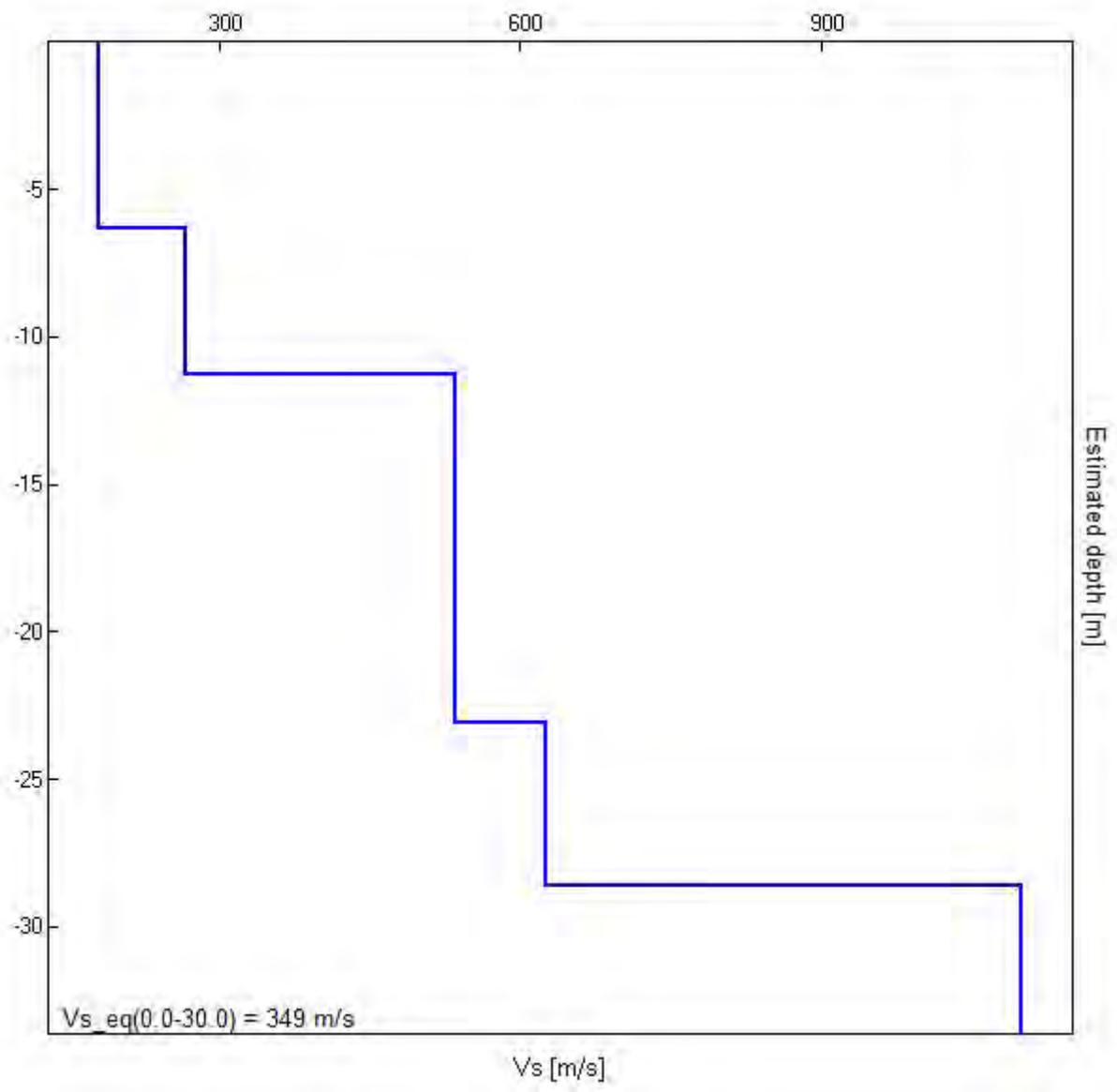
Array geometry (x): 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
38.0 40.0 42.0 44.0 48.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



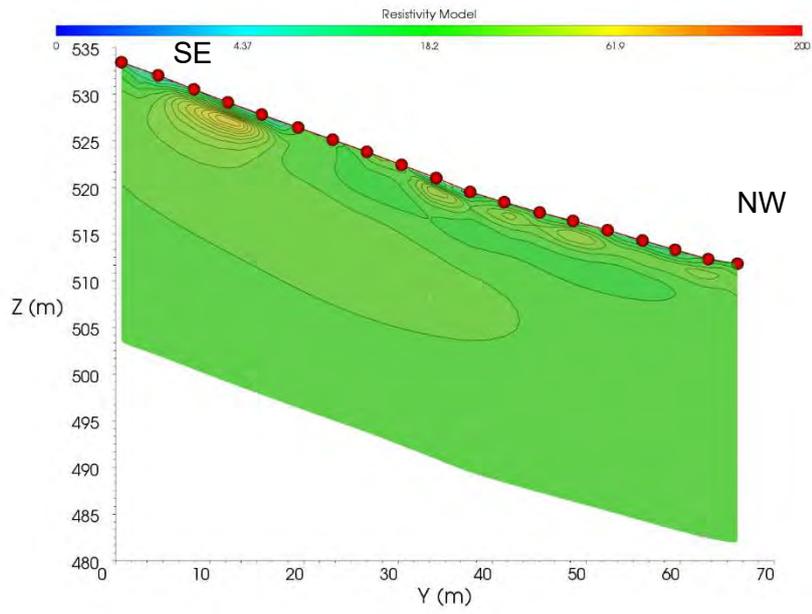
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.30	6.30	180	0.42
11.30	5.00	266	0.42
23.10	11.80	536	0.42
28.60	5.50	625	0.42
inf.	inf.	1100	0.42

Vs_eq(0.0-30.0) = 349 m/s



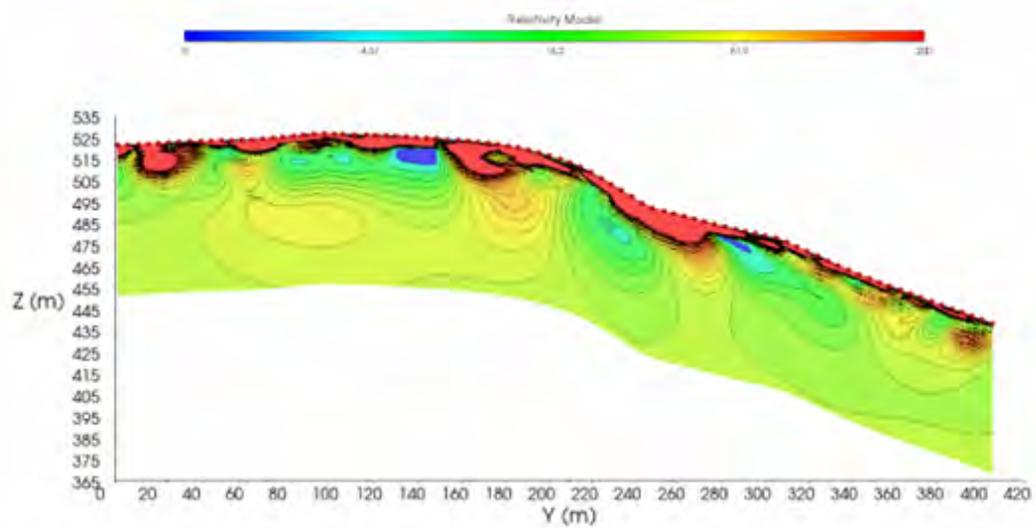
ERT_013_SM_L

<u>Numero elettrodi utilizzati:</u> 19		<u>Spaziatura elettrodi:</u> 5 metri	
<u>Lunghezza profilo:</u> 90 metri		<u>Tipologia:</u> Wenner	
Metri lineari di stendimento	Overlap	Quantità + Overlap	
65	25	90	

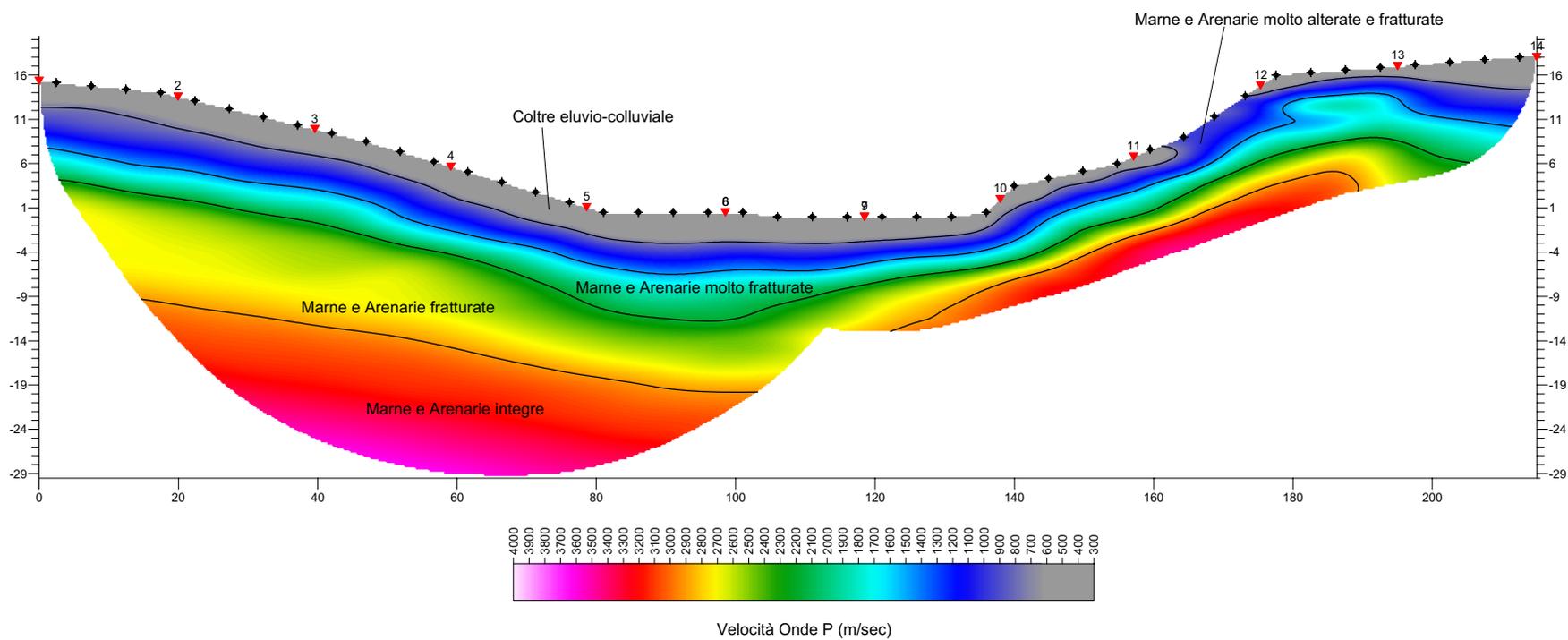


ERT_014_SM_L

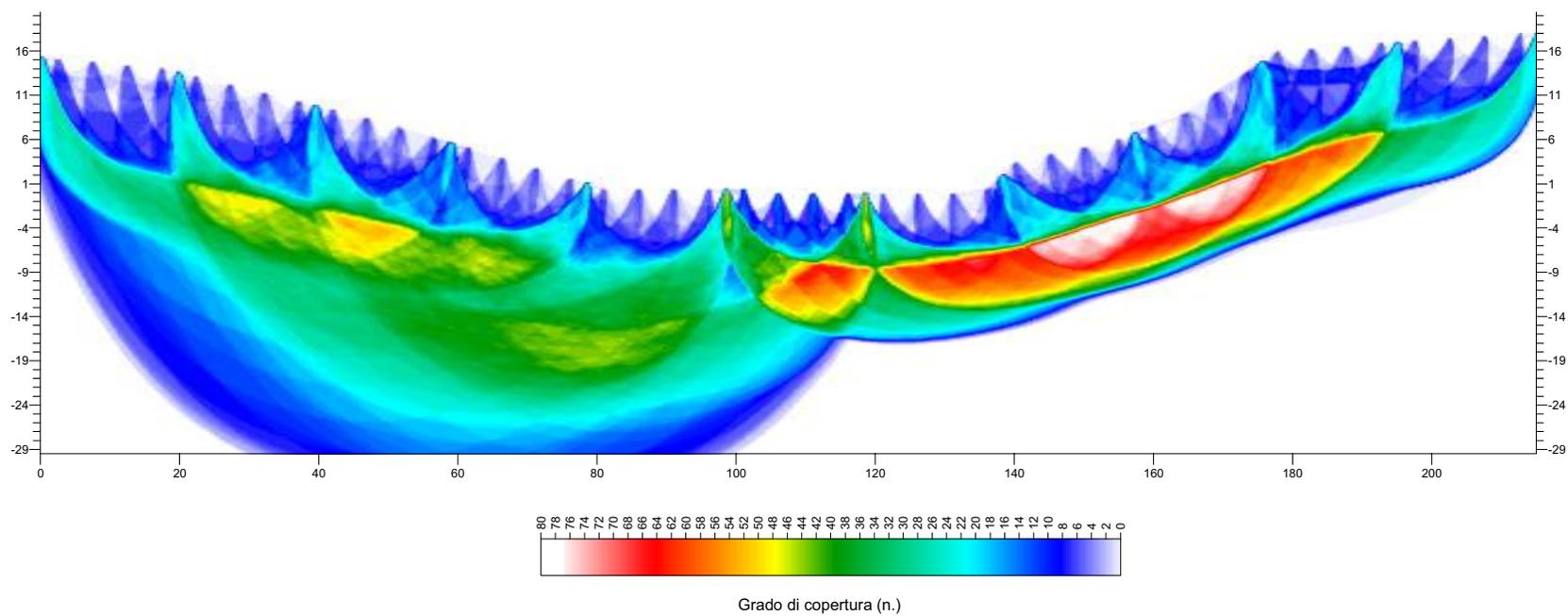
<u>Numero elettrodi utilizzati:</u> 86		<u>Spaziatura elettrodi:</u> 5 metri	
<u>Lunghezza profilo:</u> 425 metri		<u>Tipologia:</u> Wenner	
Metri lineari di stendimento	Overlap	Quantità + Overlap	
410	15	425	

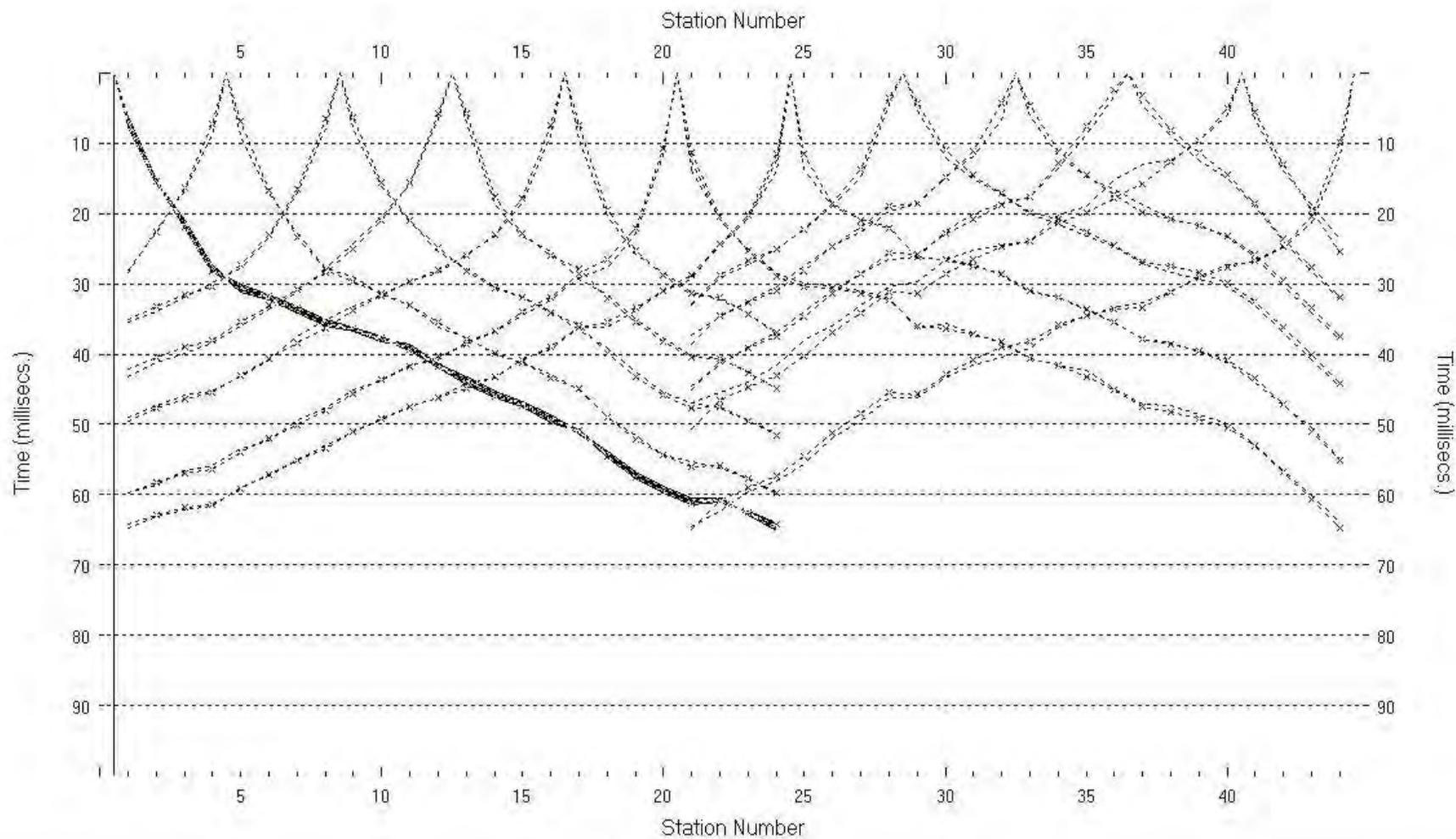


SESTINO-MINERBIO MODELLO DI VELOCITA' SIS 9



SESTINO-MINERBIO - PERCORSO DEI RAGGI SISMICI SIS 9





Dromocrone SIS9

