

**REGIONE TOSCANA - REGIONE MARCHE
REGIONE EMILIA ROMAGNA**

**METANODOTTO SESTINO - MINERBIO
DN 1200 (48") P 75 bar**

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Approfondimenti tematici**

Verifica di stabilità
sulle aree di Molino di Bascio e di Sorbano Vecchia



Snam
Reto Gas

Maggio 2006



Snamprogetti

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 1 di 34 | Rev. 0 |

**METANODOTTO SESTINO - MINERBIO
DN 1200 (48"), P = 75 bar**

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Approfondimenti tematici**

**Verifiche di stabilità sulle aree
di Molino di Bascio e Sorbano Vecchia**

| | | | | | |
|-------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0 | Emissione | Pace | Casati | Ricci | Mag. '06 |
| Rev. | Descrizione | Elaborato | Verificato | Approvato | Data |

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 2 di 34 | Rev. 0 |

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO | 6 |
| | 3.1 Area di Molino di Bascio | 7 |
| | 3.2 Area di Sorbano Vecchia | 8 |
| 4 | INDAGINE GEOGNOSTICA | 10 |
| | 4.1 Indagine geognostica nell'area Molino di Bascio | 10 |
| | 4.2 Indagine geognostica nell'area Sorbano Vecchia | 12 |
| | 4.3 Metodi d'interpretazione correlazione utilizzati | 14 |
| 5 | CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA | 15 |
| | 5.1 Stratigrafia dell'area di Molino di Bascio | 15 |
| | 5.1.1 Stratigrafia schematica | 15 |
| | 5.1.2 Superficie piezometrica | 16 |
| | 5.2 Stratigrafia dell'area di Sorbano Vecchia | 16 |
| | 5.2.1 Stratigrafia schematica | 16 |
| | 5.2.2 Superficie piezometrica | 17 |
| 6 | VERIFICHE DI STABILITA' | 18 |
| | 6.1 Metodo di verifica: modello di pendio infinito | 18 |
| | 6.2 Schematizzazione geometrica delle verifiche | 19 |
| | 6.2.1 Geometria di verifica nell'area di Molino di Bascio | 19 |
| | 6.2.2 Geometria di verifica nell'area di Sorbano Vecchia | 19 |
| | 6.3 Stratigrafia di calcolo | 20 |
| | 6.3.1 Stratigrafia di calcolo nell'area Molino di Bascio | 20 |
| | 6.3.2 Stratigrafia di calcolo nell'area Sorbano Vecchia | 20 |
| | 6.4 Condizioni di calcolo nelle verifiche | 20 |
| | 6.5 Calcoli di verifica di stabilità | 21 |
| | 6.6 Osservazioni sui risultati della verifica di stabilità | 24 |

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 4 di 34 | Rev. 0 |

1 PREMESSA

La presente relazione fa parte della documentazione integrativa allo Studio di impatto ambientale relativo al metanodotto "Sestino - Minerbio 1200 (48)", P 75 bar" ed illustra; la verifica di stabilità di alcuni tratti di versante interessati dal passaggio della condotta in progetto:

1. tratto compreso tra il km 3,390 ed il km 3,575 che interessa un'area situata presso l'abitato di Molino di Bascio in comune di Pennabili (PU);
2. tratto compreso tra il km 29,629 ed il km 29,975 che interessa un'area situata presso l'abitato di Sorbano, in comune di Sarsina (FC), denominata "Sorbano Vecchia " nel Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli;

La presente verifica è stata condotta sulla base del rilievo geologico e geomorfologico delle aree effettuato per la redazione dello Studio di impatto ambientale originario, di un rilievo di maggior dettaglio delle aree in oggetto e dei dati stratigrafici geotecnici ricavati da una campagna geognostica, effettuata tra aprile e maggio 2006

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 5 di 34 | Rev. 0 |

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nella redazione della relazione in oggetto è stata presa in considerazione la vigente normativa tecnica italiana, ed in particolare, le seguenti disposizioni:

- **Allegato alla Legge del 25/11/1962 n. 1684** (modificato ed aggiornato con i successivi Decreti Ministeriali)
Elenco delle località sismiche di prima e seconda categoria.
- **Legge del 2/2/1974 n. 64**
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **Decreto del Ministro dei LL.PP. del 11/3/1988**
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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Circolare del Ministro dei LL.PP. n. 30483 del 24/9/1988**
Istruzioni 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.
- **Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3**
Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.
- **Decreto del Ministro dei LL.PP. del 16/1/1996**
Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274**
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 2 Ottobre 2003 n.3316**
Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 Maggio 2005 n.3431**
Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

| | | | |
|--|--|----------------------------------|----------------------------|
|  Snam Rete Gas | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 6 di 34 | Rev. 0 |

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il tracciato in progetto si sviluppa lungo la fascia esterna dell'Appennino marchigiano settentrionale-romagnolo.

Le aree in esame si collocano: la prima entro il bacino del F. Marecchia e la seconda entro quello del Savio.

In entrambi i casi viene interessato il dominio della Formazione Marnoso-arenacea che costituisce il termine inferiore della successione umbro-marchigiano-romagnola.

Si tratta di una formazione torbiditica di avanfossa, costituita per lo più da materiali risedimentati (arenarie, siltiti e marne) di età compresa fra il Langhiano inferiore e il Tortoniano superiore, la cui potenza complessiva supera i 3000 m .

I livelli arenitici, caratterizzati dalla presenza di numerose strutture sedimentarie di tipo torbiditico, presentano, generalmente, una granulometria da media a molto fine, che, alla base degli strati più potenti, può diventare grossolana o molto grossolana. Al tetto dei livelli arenitici, si rinvengono peliti grigie e laminate; nelle successioni meno arenacee, sopra alle peliti laminate, a diretto contatto con le areniti soprastanti, si osservano, talvolta, marne siltose compatte e di colore grigio chiaro.

La formazione affiora con continuità lungo tutta la fascia interessata dal progetto nel settore appenninico tra il punto iniziale e la percorrenza della fascia collinare ad ovest di Cesena.

Dal punto di vista geomorfologico, i versanti in oggetto si caratterizzano per la presenza di una discontinua coltre detritica ed eluvio-colluviale di spessore variabile, ma limitato, che viene a ricoprire il substrato marnoso-arenaceo sub-affiorante.

In entrambe le aree, si riscontra una buona stabilità del substrato formazionale integro. La stabilità di tali versanti è condizionata dalla presenza di orizzonti di alterazione e di coltri di detrito; le possibilità di dissesto sono quindi limitate agli strati più superficiali dei terreni attraversati e i fenomeni di dissesto più comuni rientrano nella tipologia degli scorrimenti traslativi.

Nell'analisi di questi fenomeni sono determinanti le condizioni di formazione e di accumulo dei materiali detritici potenzialmente instabili, governati:

- dal contrasto di resistenza al degrado atmosferico ed all'erosione dei due litotipi (marne ed arenarie) che compongono la formazione, poiché i fenomeni di degrado tendono a concentrarsi sugli strati marnosi e successivamente coinvolgono gli interstrati arenacei più sottili.
- dalla giacitura della stratificazione, soprattutto in corrispondenza dei versanti ove questa è disposta a franapoggio meno inclinata del pendio; qui il profilo topografico tende a raccordarsi alla disposizione dei piani di strato con frequenti fenomeni di scivolamento di detriti.

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 7 di 34 | Rev. 0 |

I due fattori convergono nel determinare le caratteristiche meccaniche delle coltri: i materiali di recente deposizione in seguito a fenomeni di crollo o di scivolamento di lembi della formazione hanno generalmente pezzature e conformazioni clastiche che danno loro buone caratteristiche meccaniche. Queste si conservano a lungo se protette da altro materiale, ma decadono in tempi relativamente brevi se esposti all'alterazione meteorica. Negli strati più superficiali ed esposti, i clasti tendono ad alterarsi ed a ridursi di granulometria e, nel caso di quelli d'origine marnosa, a produrre materiali limo-argillosi con caratteristiche geotecniche decisamente scadenti. Le coltri alterate divengono quindi soggette a fenomeni di scorrimento o solifluzione in funzione delle specifiche caratteristiche geotecniche, della pendenza del versante e dello stato d'imbibizione. Quando il loro spessore diviene consistente, come ai piedi dei versanti ove le coltri detritiche ed eluvio-colluviali si accumulano, sono possibili fenomeni di scorrimento traslativo e/ o di frana di tipo rotazionale.

3.1 Area di Molino di Bascio

L'area in esame costituisce una parte di una zona più vasta, censita tra le "Aree in dissesto da assoggettare a verifica" e definita "attiva", secondo le perimetrazioni del PAI dell'Autorità di Bacino interregionale Marecchia Conca.

L'area censita viene interessata dal tracciato in prossimità del suo margine superiore, ed è ubicata sul versante occidentale della linea di cresta che sovrasta la sponda sinistra del torrente Torbello e scende verso l'abitato di Molino di Bascio.

Il rilievo è costituito da litotipi della Formazione Marnoso-Arenacea con strati a franapoggio, diretti circa N210°E immergenti verso ovest con pendenze dell'ordine di 20°. Il tratto superiore del versante, fino all'area perimetrata nel PAI, si configura come un piano inclinato sul quale la formazione affiora, quasi costantemente, con i piani di strato messi a nudo dall'azione erosiva operata dalle acque di ruscellamento.

La stratificazione immergente verso ovest riduce considerevolmente la pendenza degli strati nella direzione principale del versante (5°-6°) e tende a deviare i flussi verso destra concentrandoli ed incanalandoli. Tale naturale tendenza è stata assecondata ed accentuata da interventi antropici volti a proteggere dall'erosione i coltivi sottostanti.

Il tratto inferiore del versante, infatti, è destinato ad uso agricolo ed è costituito da coltri detritiche, conformate in un pendio abbastanza regolare, caratterizzato da pendenze relativamente modeste e, nel tratto sommitale, da un piccolo dosso arrotondato. L'area, ricoperta da coltri detritiche, coincide con la zona compresa nella perimetrazione del PAI e, nel settore d'interesse progettuale, è delimitata a monte dall'incisione sopra citata. Detta incisione, solo in parte naturale, raccoglie le acque di dilavamento del sovrastante pendio incanalandole trasversalmente al versante, in corrispondenza del limite tra gli affioramenti della formazione ed i depositi detritici. L'incisione s'inserisce in un rio che, deviando verso sinistra, si dispone parallelamente al pendio e scende lungo uno stretto impluvio verso l'abitato di Molino di Bascio.

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 8 di 34 | Rev. 0 |

Il tracciato interessa la parte superiore e nord-orientale della zona perimetrata, interessando un tratto caratterizzato da deboli pendenze. Queste si accentuano leggermente in corrispondenza dell'avvallamento di un piccolo impluvio che il ruscellamento superficiale ha inciso nella coltre detritica periodicamente smossa dalle pratiche agricole. La direzione di tale impluvio è obliqua a quella del versante principale ed è quasi parallela alla condotta in progetto. Lo spessore della coltre detritica in tale zona è modesto e non si evidenziano fenomeni di dissesto salvo un debole soliflusso della parte più superficiale, provocato dalle arature.

L'area interessata dal progetto ed oggetto di verifica di stabilità è rappresentata in scala 1:500 (vedi All. 1, Dis..LB-B-83708).

3.2 Area di Sorbano Vecchia

L'area in esame è situata nel tratto inferiore del bacino di un piccolo torrente che, presso l'abitato di Sorbano, scende il versante sinistro nel fiume Savio nel tratto immediatamente a valle del ponte della SS n.71.

Il bacino si presenta fortemente asimmetrico a causa della giacitura degli strati che, immergendo verso sud, hanno apportato detriti dal lato sinistro e spinto il torrente verso l'opposta sponda. L'azione erosiva del corso d'acqua, esercitandosi maggiormente su questo lato, ha prodotto una parete acclive che nella zona d'interesse progettuale, presso la confluenza nel F. Savio, diviene verticale prima di raccordarsi alla forra entro la quale scorre il fiume principale.

Con l'esclusione dei tratti superiori, buona parte del bacino è classificata dal PAI ("Perimetrazione aree a rischio di frana" - Art.12) come "zona 2", nell'ambito della quale si individua la "zona 1", allungata parallelamente al torrente e delimitata a valle dalla strada comunale asfaltata che si stacca SS n. 71 e si sviluppa lungo il versante, a monte della zona in esame.

L'area oggetto di verifica si configura come una piccola e stretta valle che sovrasta di quasi 20 metri l'alveo del F. Savio, delimitata: ad ovest dal corso del fiume, ad est dalla citata strada comunale, a sud dal corso del torrente ed a nord da un pendio acclive ma regolare.

La Formazione Marnoso Arenacea affiora sulla scarpata sovrastante il lato destro del torrente, su quella sottostante il terrazzo e lungo l'intera parete del lato destro del F. Savio. Sulla parte sommitale della scarpata è presente un ampio piazzale realizzato utilizzando materiali di riporto costituito da clasti di litologie prevalentemente marnoso-arenacee (almeno negli strati superficiali); altri materiali di riporto, in continuità con i precedenti, ma verosimilmente meno recenti, bordano il lato interno al tornante della strada comunale e ne costituiscono il sottofondo. Tali interventi antropici e le relative opere di tombinatura hanno modificato la morfologia locale eliminando la confluenza di un piccolo affluente di sinistra del torrente.

Negli affioramenti si riscontra una prevalenza di orizzonti arenacei stratificati in banchi di spessore pluridecimetrico blandamente ondulati. Nella parte superiore dell'affioramento le immersioni sono rivolte verso ESE con pendenze variabili ma inferiori a 10°; gli strati della zona inferiore tendono ad immergere verso sud congruamente alle giaciture evidenti aree circostanti.

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 9 di 34 | Rev. 0 |

L'area centrale della valle risulta coperta da un consistente spessore di coltri detritiche che scendono fino all'alveo del F. Savio, rivestendone anche la sovrastante scarpata. L'interpretazione geologica e morfologica dell'area fa presupporre che il detrito entro la valle sia poggiato su una paleo-superficie, modellata dal torrente sul lato meridionale di un antico terrazzo erodendone anche il substrato formazionale. L'indagine geognostica effettuata è stata rivolta ad individuare la profondità e la morfologia locale di tale superficie, oltre che a caratterizzare i materiali delle coltri dal punto di vista geotecnico. L'area interessata dal progetto ed oggetto di verifica di stabilità è rappresentata in scala 1:500 (vedi All. 2, Dis..LB-B-83709)..

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 10 di 34 | Rev. 0 |

4 INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nelle aree oggetto di verifica, tra l'aprile ed il maggio 2006, è stata effettuata un'apposita campagna d'indagine geognostica.

Sono state utilizzate diverse tipologie d'indagine: penetrometrie allo scopo di ottenere informazioni sulle caratteristiche geotecniche delle coltri e sondaggi per verificare gli spessori delle stesse, e dello strato di alterazione in situ della formazione.

4.1 Indagine geognostica nell'area Molino di Bascio

L'indagine nell'area Molino di Bascio (vedi fig. 4.1/A e Appendice I) é consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico a rotazione in carotaggio continuo denominato MO-S01, spinto sino alla profondità massima di 7.60 m dal p.c. attuale dell'area;
- n. 1 prova penetrometrica statica, denominata MO-P01, arrestatasi alla profondità di 4.60 m. dal p.c.

Nel corso della perforazione del sondaggio si è provveduto a:

- rilevare la stratigrafia mediante il riconoscimento litologico macroscopico dei terreni attraversati;
- eseguire prove penetrometriche dinamiche standard (SPT) in foro, negli strati incoerenti.

Il sondaggio è stato ubicato in prossimità del tracciato, nella zona del piccolo impluvio; la penetrometria è stata effettuata nella zona in cui si presupponeva di riscontrare i maggiori spessori di coltre in una zona più interna all'area in esame, a valle del tracciato rispetto al versante.

| | | | |
|--|--|----------------------------------|----------------------------|
|  Snam Rete Gas | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 11 di 34 | Rev. 0 |

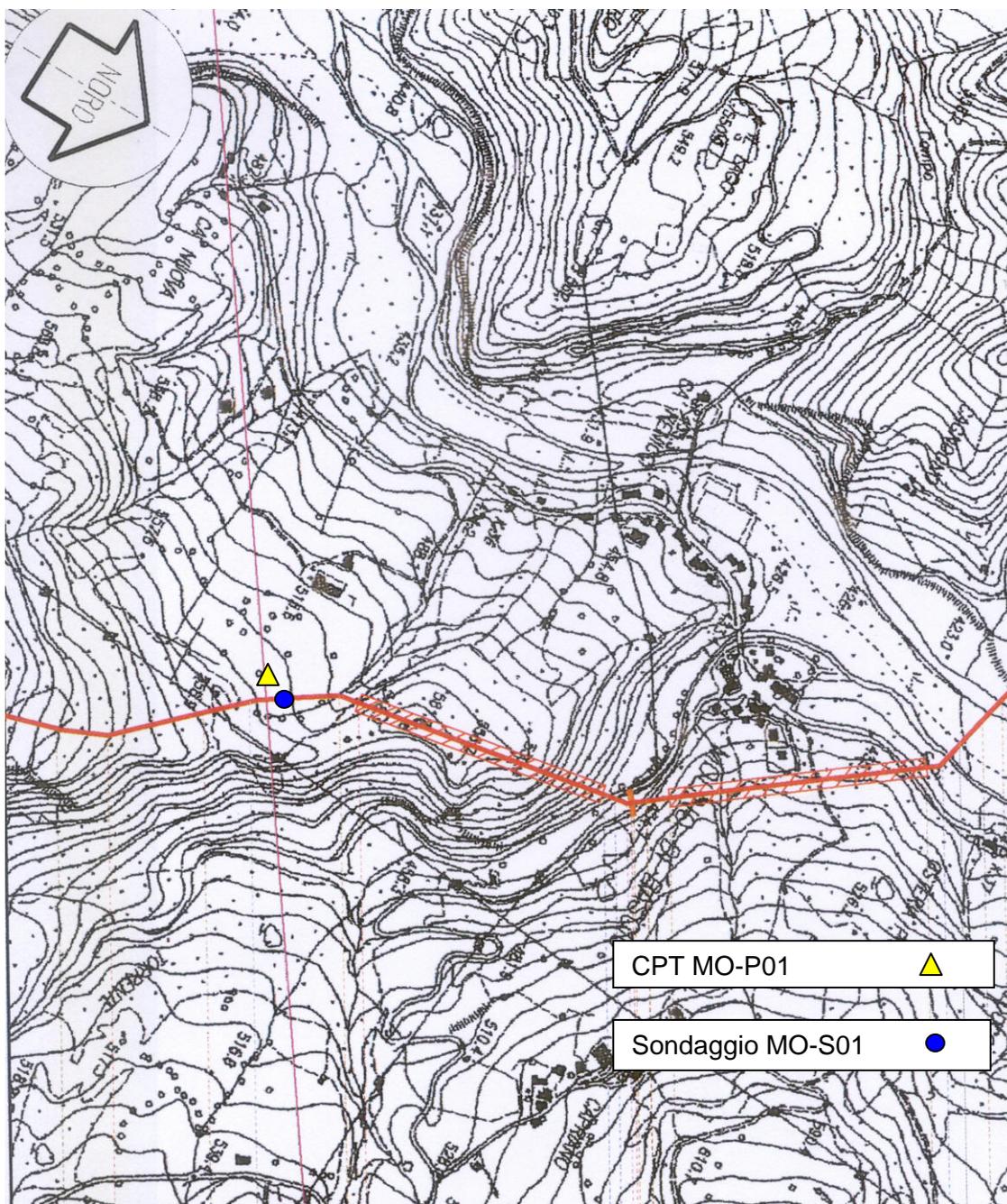


Fig. 4.1/A: Indagini geognostiche nell'area di Mulino di Bascio

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 12 di 34 | Rev. 0 |

4.2 Indagine geognostica nell'area Sorbano Vecchia

L'indagine nell'area Sorbano Vecchia (vedi fig. 4.1/B e Appendice I) è consistita in:

- n. 3 sondaggi geognostici a rotazione in carotaggio continuo denominati:
 - SA-S01, spinto sino alla profondità massima di 9.30 m dal p.c. attuale dell'area;
 - SA-S02, spinto sino alla profondità massima di 14.0 m dal p.c. attuale dell'area;
 - SA-S03, spinto sino alla profondità massima di 16.30 m dal p.c. attuale dell'area;
- n. 1 prova penetrometrica dinamica, denominata SA-S01, arrestatasi alla profondità di 4.20 m. dal p.c.
- n. 1 prova penetrometrica statica, denominata SA-S02, arrestatasi alla profondità di 1.60 m. dal p.c.

Nel corso della perforazione del sondaggio si è provveduto a:

- rilevare la stratigrafia mediante il riconoscimento litologico macroscopico dei terreni attraversati;
- eseguire prove penetrometriche dinamiche standard (SPT) in foro, negli strati incoerenti.

I sondaggi SA-S01 - SA-S02 sono stati ubicati lungo l'asse della valle trasversalmente a quello del tracciato; le penetrometrie sono state alternate ai due sondaggi lungo il medesimo asse.

Il sondaggio SA-S03 è stato ubicato presso l'asse del tracciato ed in prossimità del torrente.

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 13 di 34 | Rev. 0 |

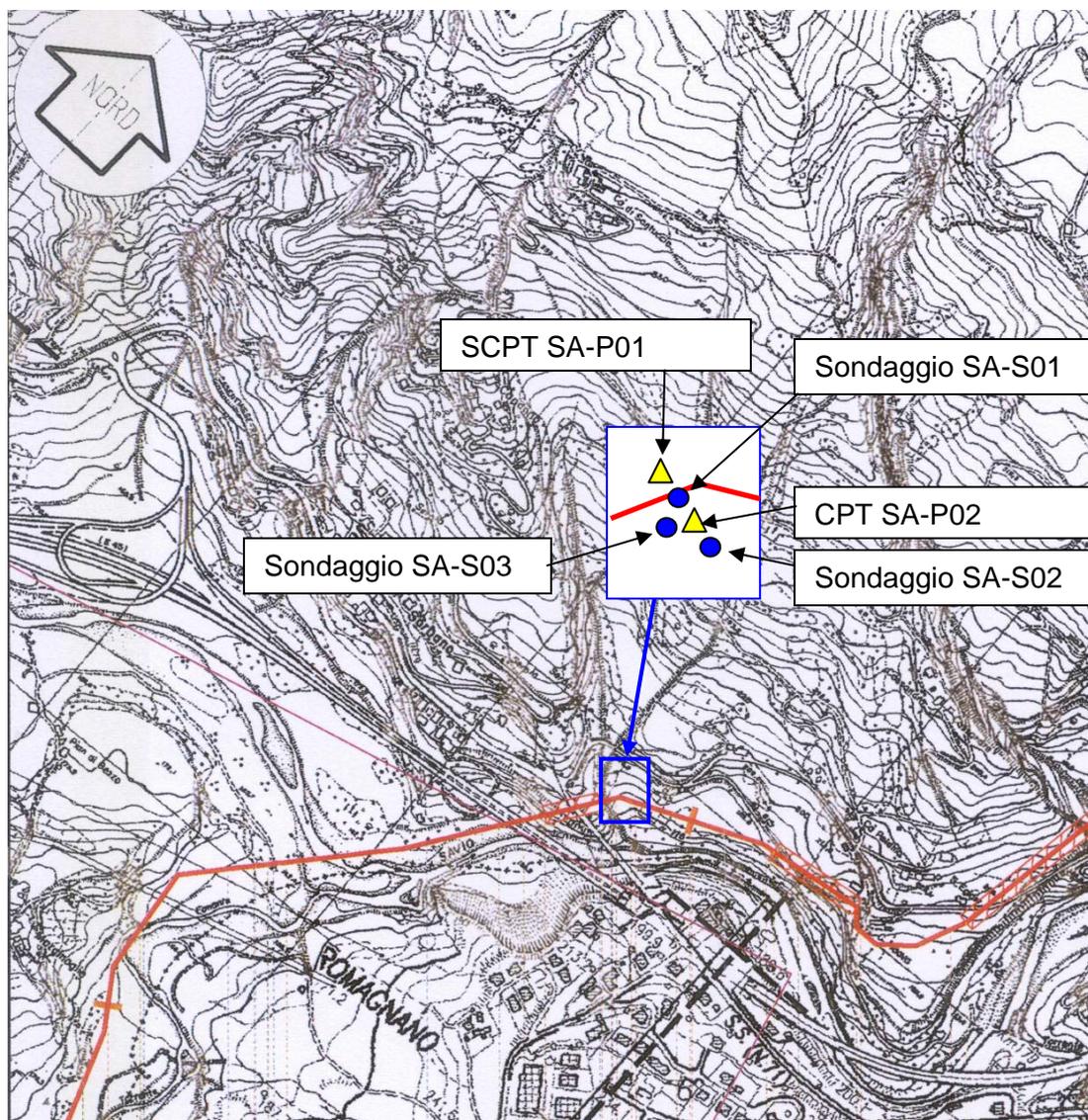


Fig. 4.2/A: Indagini geognostiche nell'area di Sorbano Vecchia

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 14 di 34 | Rev. 0 |

4.3 Metodi d'interpretazione correlazione utilizzati

Per la caratterizzazione dei terreni si è fatto riferimento ai risultati delle prove penetrometriche statiche interpretate secondo le seguenti sperimentate correlazioni disponibili in letteratura:

a) Prove penetrometriche statiche

- per la caratterizzazione dei terreni dal punto di vista stratigrafico, al diagramma di interpretazione proposto da Olsen & Malone (1988)
- per la determinazione della densità relativa (D_R) dei terreni granulari, alla correlazione proposta da Lancellotta (1983),
- per la determinazione dell'angolo di resistenza al taglio (φ') dei terreni incoerenti, all'interpretazione di Bolton (1986),
- per la determinazione della resistenza al taglio non drenata (s_u) dei terreni coesivi, alla seguente correlazione (riportata in De Ruiter, 1982):

$$s_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_c}$$

nella quale:

- q_c = resistenza alla punta;
- σ_{vo} = pressione litostatica verticale totale;
- N_c = fattore del cono, i cui valori tipici sono in genere compresi tra 10 e 20.

b) Prove penetrometriche dinamiche standard (SPT) in foro e d in situ SCPT :

- per la determinazione della densità relativa, alle correlazioni di Bazaraa (1967) e di Yoshida et al. (1988),
- per la determinazione dell'angolo di resistenza al taglio, alla correlazione riportata su NAVFAC DM - 7.1 (1982),

| | | | |
|---|---|---------------------------|---------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 15 di 34 | Rev. 0 |

5 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Per definire la natura litologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, ci si è avvalsi dei rilievi geologici e geomorfologici effettuati in sito e dei dati stratigrafici geotecnici ricavati dalla campagna geognostica.

5.1 Stratigrafia dell'area di Molino di Bascio

Con riferimento al sondaggio effettuato e sulla sorta dell'interpretazione della prova penetrometrica la successione stratigrafica risulta costituita da:

- una coltre di terreno d'origine detritica, rimaneggiato dalle lavorazioni agricole in superficie, costituito da limi argillosi o sabbiosi per uno spessore dell'ordine di 1.2 m a partire dal p.c.
- uno strato costituito da elementi clastici arenacei sovrastante limi argillosi molto consistenti; Si tratta di materiali ben addensati interpretabili sia come detrito che come strato di alterazione della formazione; cautelativamente si interpreta tale strato come coltre. Lo spessore totale di questo strato è di circa 1.70 m , compreso tra 1.2 m e 2.9 m dal p.c.
- il substrato formazionale, si estende dalla profondità di 2.9 m dal p.c fino alla massima profondità investigata, costituito dalla Formazione Marnoso-Arenacea stratificata con inclinazioni nell'ordine 10° rispetto all'orizzontale.

5.1.1 Stratigrafia schematica

Dall'analisi dei dati rilevati con il sondaggio e con la penetrometria i terreni possono essere così schematizzati:

Strato 1: (dal p.c. sino 1,2 m di profondità)

Terreno agrario: limi argillosi sabbiosi rimaneggiati

- Peso di volume γ = 18.0 kN/m³
- Angolo di resistenza al taglio ϕ' = 25-28 gradi

Strato 2: (da 1,2 m a circa 3,0 m dal p.c.)

Brecce con limi sabbiosi o argillosi da consistenti a molto consistenti.

- Peso di volume γ = 19,0 kN/m³
- Indice SPT a 2,5 m dal p.c. N_{SPT} = 57 colpi/30 cm
- Densità relativa D_r = 50-80 %
- Angolo di resistenza al taglio ϕ' = 32-35 gradi

Strato 3: (da circa 3,0 m sino alla massima profondità investigata)

Formazione marnoso arenacea – substrato formazionale stabile

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 16 di 34 | Rev. 0 |

5.1.2 Superficie piezometrica

Nel corso dell'indagine geognostica non è stata segnalata la presenza della superficie piezometrica, tuttavia non si esclude che in seguito ad eventi meteorologici particolarmente intensi o prolungati possano instaurarsi condizioni di saturazione della coltre superficiale, Le opere di drenaggio previste contribuiranno ad evitare il verificarsi di tali condizioni.

5.2 **Stratigrafia dell'area di Sorbano Vecchia**

Con riferimento al sondaggio effettuato e sulla sorta dell'interpretazione della prova penetrometrica la successione stratigrafica risulta costituita da:

- una coltre di terreno d'origine detritica costituito da limi argillosi o sabbiosi per uno spessore variabile tra 0,8 e 1,6 m a partire dal p.c.
- uno strato costituito da elementi clastici arenacei e marnosi ben addensati interpretabili nella parte inferiore sia come detrito che come parte superficiale ed alterata della formazione. Anche in questo caso cautelativamente si interpreta cautelativamente tale strato come coltre detritica. Lo spessore totale questo strato è di circa 1,70 m, compreso tra 0,8 -1,6 m e 3,3 -5,3 m dal p.c.
- il substrato formazionale, si estende fino alla massima profondità investigata a partire da una superficie compresa tra 3,3 m e 5,3 m dal p.c. ed è costituito dalla Formazione Marnoso-Arenacea stratificata con inclinazioni di circa 10° rispetto all'orizzontale.

Si evidenzia che la superficie di contatto tra la coltre e la formazione è inclinata verso il torrente; il detrito risulta quindi confinato dalla parete della scarpata che ne impedisce un eventuale scorrimento in tale direzione.

5.2.1 Stratigrafia schematica

Dall'analisi dei dati rilevati con i sondaggi e con le penetrometrie i terreni possono essere così schematizzati:

Strato1: (dal p.c. sino a 0,2- 0,8 m di profondità)

Terreno agrario: limi argillosi sabbiosi rimaneggiati

- Peso di volume γ = 18,0 kN/m³
- Angolo di resistenza al taglio φ' = 25 gradi

Strato 2: (da 0,2- 0,8 m a circa 3,3-5,3 m dal p.c.)

Brecce con limi sabbiosi o argillosi da consistenti a molto consistenti.

- Peso di volume γ = 19,0 kN/m³
- Indice SPT a 1,9 m dal p.c. – S01 N_{SPT} = 74 colpi/30 cm
- Indice SPT a 5,5 m dal p.c. – S01 N_{SPT} = Rif. a 3cm

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 17 di 34 | Rev. 0 |

| | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|
| • Indice SPT a 2,8 m dal p.c. – S02 | $N_{SPT} = 10^1$ | colpi/30 cm |
| • Indice SPT a 5,5 m dal p.c. – S02 | $N_{SPT} = \text{Rif. a 7cm}$ | |
| • Indice SPT a 1,8 m dal p.c. – S02 | $N_{SPT} = 57$ | colpi/30 cm |
| • Indice SPT a 3,5 m dal p.c. – S03 | $N_{SPT} = 36$ | colpi/30 cm |
| • Indice SPT a 5,0 m dal p.c. – S03 | $N_{SPT} = \text{Rif. a 20cm}$ | |
| • Densità relativa | $D_r = 60-80$ | % |
| • Angolo di resistenza al taglio | $\varphi' = 28-38$ | gradi |

Strato 3: (da circa 3,0 m sino alla massima profondità investigata)

Formazione marnoso arenacea – substrato formazionale stabile

5.2.2 Superficie piezometrica

Nel corso dell'indagine geognostica non è stata segnalata la presenza della superficie piezometrica, tuttavia non si esclude che in seguito ad eventi meteorologici particolarmente intensi o prolungati possano instaurarsi temporanee condizioni di saturazione della coltre superficiale. Le opere di drenaggio previste contribuiranno ad evitare il verificarsi di tali condizioni.

¹ Valore isolato rispetto alla media delle altre prove.

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 18 di 34 | Rev. 0 |

6 VERIFICHE DI STABILITA'

Sulla base delle considerazioni e delle semplificazioni espresse nei capitoli precedenti, valutando che in entrambi i casi un eventuale importante dissesto possa verificarsi per lo scivolamento dello strato di coltre sul substrato formazionale, si è scelto di effettuare le verifiche di stabilità utilizzando il modello del pendio indefinito.

Per le specifiche problematiche progettuali ed considerando che la condotta viene posata con una copertura standard di 1,5 m, ai fini della verifica di stabilità nei confronti della sicurezza della condotta, si ritiene ininfluenza lo spessore dello strato di terreno vegetale o agricolo (spessore max 1,20 m a Molino di Bascio e 0,80 m a Sorbano Vecchia).

6.1 Metodo di verifica: modello di pendio infinito

Entrambe le situazioni in esame soddisfano le seguenti condizioni di applicabilità del modello:

- i materiali sono macroscopicamente omogenei (non stratificati), schematizzabili con il modello rigido-plastico e il criterio di rottura di Mohr-Coulomb;
- le pendenze sono relativamente costanti;
- l'estensione planimetrica è rilevante in rapporto allo spessore dei materiali instabili/potenzialmente instabili;
- l'eventuale flusso di acqua è parallelo al pendio

Le verifiche sono state effettuate in termini di sforzi efficaci sia in condizioni statiche² sia in condizioni sismiche³:

- il coefficiente di sicurezza in termini di sforzi efficaci in condizioni statiche è stato calcolato mediante la formula seguente (Lambé, Whitman [1968])

$$F_s = \frac{c' + \gamma_t \cdot (1 - m \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_t}) \cdot z \cdot \cos^2 \beta \cdot \operatorname{tg} \phi'}{\gamma_t \cdot z \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta}$$

- il coefficiente di sicurezza in termini di sforzi efficaci in condizioni sismiche con l'accelerazione sismica considerata solo nella direzione orizzontale, è stato calcolato mediante la formula seguente (Kavazanjian [1985]):

$$F_s = \frac{c' + [\gamma_t \cdot z \cdot \cos \beta \cdot (\cos \beta - k_h \cdot \sin \beta - m \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_t} \cdot \cos \beta) - \Delta u] \cdot \operatorname{tg} \phi'}{\gamma_t \cdot z \cdot \cos \beta \cdot (\sin \beta + k_h \cdot \cos \beta)}$$

Nelle quali :

c' = intercetta di coesione apparente (FL⁻²)

ϕ' = angolo di resistenza al taglio (°)

² LAMBE T.W., WHITMAN R.V. [1968]; "Soil Mechanics"; John Wiley & Sons, Inc., New York

³ HADJ-HAMOU T., KAVAZANJIAN E. Jr. [1985]; "Seismic stability of gentle infinite slopes"; Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, vol.111, No.6.

| | | | |
|---|---|---------------------------|---------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 19 di 34 | Rev. 0 |

| | |
|------------|---|
| γ_t | = peso di volume unitario umido del terreno (FL ⁻³) |
| z | = spessore dello strato di terreno (L) |
| β | = pendenza media sull'orizzontale del pendio (°) |
| γ_w | = peso di volume unitario dell'acqua (FL ⁻³) |
| m | = $(z-h_w)/z$ (-) |
| h_w | = quota della falda rispetto al piano campagna (L) |
| Δu | = sovrappressione interstiziale indotta dal sisma (FL ⁻²) |
| k_h | = a_h/g =coefficiente sismico orizzontale (-) |
| a_h | = accelerazione orizzontale (LT ⁻²) |
| g | = accelerazione di gravità (LT ⁻²) |

6.2 Schematizzazione geometrica delle verifiche

La geometria del piano di scorrimento per le verifiche di stabilità è stata individuata come segue:

1. sulla base di piani quotati battuti topograficamente (cfr Allegato I e II) si è identificato il tratto maggiormente acclive interessabile dal tracciato in progetto
2. sulla base delle indagini di campagna e geognostiche si è ricostruita la geometria locale del contatto coltre-substrato
3. per la verifica di stabilità si è scelta la pendenza del piano di scorrimento più acclive tra i due piani precedentemente individuati

6.2.1 Geometria di verifica nell'area di Molino di Bascio

Nell'area di Molino di Bascio, la pendenza del versante in prossimità del tracciato e nella zona con maggior spessore di coltre è generalmente inferiore a 10°.

Poiché la giacitura degli strati presenta pendenze analoghe e la profondità della formazione rinvenuta con il sondaggio e correlata agli affioramenti della stessa a monte identifica un piano con pendenza di 10°-12° si effettua la verifica per una pendenza di 13°.

6.2.2 Geometria di verifica nell'area di Sorbano Vecchia

Nell'area di Sorbano Vecchia, la pendenza del versante attraversato dalla condotta è di circa 8°, mentre il piano di contatto tra coltre e formazione è sub-orizzontale, come si evince dalla tabella seguente (vedi tab.6.2/A).

Tab. 6.2/A: Assetto geometrico della superficie di contatto tra il substrato e la coltre di copertura

| Sondaggio | SA-S01 | SA-S02 | SA-S03 |
|--|--------|--------|--------|
| Quota del piano campagna (m s.l.m.) | 174,57 | 171,81 | 175 |
| Profondità della superficie di contatto (m) | 5,95 | 3,3 | 5,3 |
| Quota assoluta della superficie di contatto (m s.l.m.) | 168,62 | 168,51 | 169,7 |

| | | | |
|---|---|---------------------------|---------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 20 di 34 | Rev. 0 |

Cautelativamente, si effettua la verifica con una pendenza del piano scorrimento di 10°, superiore a quella topografica ed analoga a quella della giacitura degli strati

6.3 Stratigrafia di calcolo

Sulla base dei parametri geotecnici definiti al cap 4, degli spessori della coltre individuati con la campagna geognostica si sono definite le seguenti stratigrafie di verifica

6.3.1 Stratigrafia di calcolo nell'area Molino di Bascio

Suolo 1 – coltre detritica e/o d'alterazione,

- peso di volume γ = 19,0 kN/m³ ;
- angolo d'attrito φ' = 32°;
- spessore = 4,0 m;
- pendenza del pendio β = 3°

Suolo 2 - Bed rock - flysch arenaceo-marnoso

6.3.2 Stratigrafia di calcolo nell'area Sorbano Vecchia

Suolo 1 – coltre detritica e/o d'alterazione,

- peso di volume γ = 19,0 kN/m³;
- angolo d'attrito φ' = 30°;
- spessore = 5,0 m;
- pendenza del pendio β = 10°

Suolo 2 - Bed rock - flysch arenaceo- marnoso

6.4 Condizioni di calcolo nelle verifiche

Le verifiche sono state effettuate adottando le stratigrafie di calcolo precedentemente definite (cfr 6.3) nelle seguenti condizioni:

1. in assenza di sollecitazione sismica con falda prossima al p.c. (0,5 m dal p.c.);
2. con imposizione di un coefficiente di accelerazione sismica orizzontale $C = 0,07$ (= K_h nello schema di calcolo) in accordo con quanto previsto per i pendii naturali dalla vigente normativa (D.M. 11.03.1988) per zone in II categoria, nell'ipotesi della presenza di una superficie di falda abbassata alla quota dell'asse della condotta posata con copertura standard (circa 2 m dal p.c.);

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 21 di 34 | Rev. 0 |

Si tratta in entrambi i casi di un'assunzione cautelativa della posizione della superficie di falda, sia in quanto non rilevata nelle indagini, sia in considerazione che gli interventi di drenaggio previsti raggiungeranno la profondità di almeno 3 m.

6.5 Calcoli di verifica di stabilità

Le verifiche sono state effettuate secondo il modello e le formule descritte al cap 6.1.

Nelle figure seguenti (vedi fig. 6.5/A e 6.5/B) sono, rispettivamente, presentati gli schemi di calcolo della verifica in condizioni statiche ed in condizioni sismiche

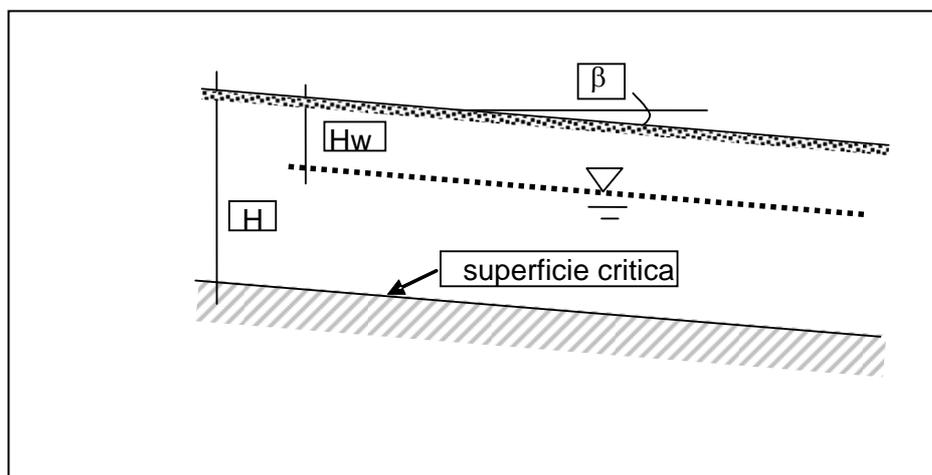


Fig. 6.5/A: Schema di calcolo in condizioni statiche

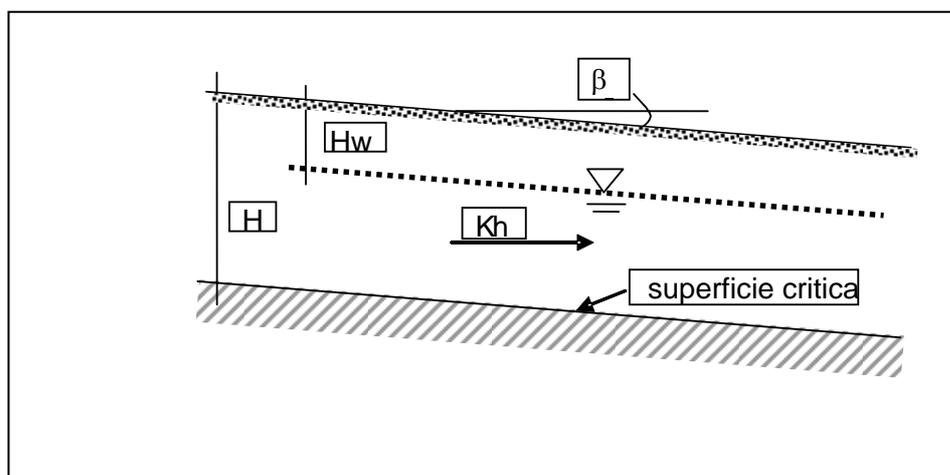


Fig. 6.5/B: Schema di calcolo in condizioni statiche

| | | | |
|---|---|---------------------------|---------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 22 di 34 | Rev. 0 |

I risultati della verifica di stabilità, effettuata sia in condizioni statiche, sia in condizioni sismiche, sono riportati, unitamente ai parametri di calcolo, nelle seguenti tabelle per l'area di Molino di Bascio (vedi tab. 6.5/A e 6.5/B) e per l'area di Sorbano Vecchia (vedi tab. 6.5/C e 6.5/D).

Tab 6.5/A: Verifica di stabilità nell'area Molino di Bascio in condizioni statiche

| DATI UTILIZZATI NEL CALCOLO | | |
|---|-------------|----------------------|
| γ_w peso di volume acqua | 10,0 | (kN/m ³) |
| γ_t peso di volume terreno | 19,0 | (kN/m ³) |
| H_w profondità falda da p.c. | 0,5 | (m) |
| H spessore dello strato di terreno | 4,0 | (m) |
| β pendenza pendio | 13,0 | (°) |
| ϕ' angolo di attrito | 32,0 | (°) |
| c' coesione drenata | 0,0 | (kPa) |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA CALCOLATO (Lambe, Whitman [1968]) | | |
| FS statico | 1,46 | (-) |

Tab 6.5/B: Verifica di stabilità nell'area Molino di Bascio in condizioni sismiche

| DATI UTILIZZATI NEL CALCOLO | | |
|--|-------------|----------------------|
| γ_w peso di volume acqua | 10,0 | (kN/m ³) |
| γ_t peso di volume terreno | 19,0 | (kN/m ³) |
| H_w profondità falda da p.c. | 2,0 | (m) |
| H spessore dello strato di terreno | 4,0 | (m) |
| β pendenza pendio | 13,0 | (°) |
| ϕ' angolo di attrito | 32,0 | (°) |
| c' coesione drenata | 0,0 | (kPa) |
| Δu sovrappressione interstiziale | 0,0 | (kPa) |
| K_h coeff. sismico orizzontale | 0,07 | (-) |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA CALCOLATO (Kavazanjian [1985]) | | |
| FS statico | 2,17 | (-) |
| FS sismico | 1,50 | (-) |

| | | | |
|---|---|---------------------------|---------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 23 di 34 | Rev. 0 |

Tab 6.5/C: Verifica di stabilità nell'area Sorbano Vecchia in condizioni statiche

| DATI UTILIZZATI NEL CALCOLO | | |
|---|-------------|----------------------|
| γ_w peso di volume acqua | 10,0 | (kN/m ³) |
| γ_t peso di volume terreno | 19,0 | (kN/m ³) |
| H_w profondità falda da p.c. | 0,5 | (m) |
| H spessore dello strato di terreno | 5,0 | (m) |
| β pendenza pendio | 10,0 | (°) |
| ϕ' angolo di attrito | 30,0 | (°) |
| c' coesione drenata | 0,0 | (kPa) |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA CALCOLATO (Lambe, Whitman [1968]) | | |
| FS statico | 1,72 | (-) |

Tab 6.5/D: Verifica di stabilità nell'area Sorbano Vecchia in condizioni sismiche

| DATI UTILIZZATI NEL CALCOLO | | |
|--|-------------|----------------------|
| w peso di volume acqua | 10,0 | (kN/m ³) |
| t peso di volume terreno | 19,0 | (kN/m ³) |
| H_w profondità falda da p.c. | 2,0 | (m) |
| H spessore dello strato di terreno | 5,0 | (m) |
| pendenza pendio | 10,0 | (°) |
| ϕ' angolo di attrito | 30,0 | (°) |
| c' coesione drenata | 0,0 | (kPa) |
| u sovrappressione interstiziale | 0,0 | (kPa) |
| K_h coeff. sismico orizzontale | 0,07 | (-) |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA CALCOLATO (Kavazanjian [1985]) | | |
| FS statico | 2,24 | (-) |
| FS sismico | 1,57 | (-) |

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 24 di 34 | Rev. 0 |

6.6 Osservazioni sui risultati della verifica di stabilità

In base alle considerazioni espone nei paragrafi precedenti ed alle verifiche di stabilità effettuate, è possibile evidenziare quanto segue:

- nelle schematizzazioni necessarie per adattare le complessità naturali ad un modello di calcolo e nella scelta dei parametri geotecnici sono state effettuate approssimazioni costantemente conservative;
- in entrambi i casi verificati, i coefficienti di sicurezza ottenuti sono superiori a quelli previsti dalle normative vigenti come si evidenzia con la seguente tabella (vedi tab. 6.6/A).

Tab. 6.6/A: Coefficienti di sicurezza ottenuti dalle verifiche di stabilità

| | Coefficienti di sicurezza | | | |
|------------------|----------------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| | condizioni statiche | | condizioni sismiche | |
| Aree in verifica | Minimo richiesto | Valore calcolato | Minimo richiesto | Valore calcolato |
| Molino di Bascio | FS = 1,3 | FS = 1,46 | FS = 1,0 | FS = 1,50 |
| Sorbano Vecchia | FS = 1,3 | FS = 1,72 | FS = 1,0 | FS = 1,57 |

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 25 di 34 | Rev. 0 |

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le condizioni geometriche e stratigrafiche, scaturite dal rilievo geomorfologico e dalle indagini e prove in situ, sono risultate, in entrambe le aree in oggetto, idonee per l'applicazione, come schema di calcolo, del modello di "pendio infinito".

Le verifiche di stabilità, effettuate in condizioni geometriche, stratigrafiche e parametriche conservative, hanno avuto esito positivo per entrambe le aree in oggetto.

In riferimento alle due aree in oggetto, si possono, quindi, formulare le seguenti considerazioni:

1. per l'area di Molino di Bascio:

- dal punto di vista morfologico l'area interessata dal progetto interferisce con la parete superiore dell'area perimetrata nel PAI e del tratto di versante coperto da detriti potenzialmente instabili. La zona attraversata è molto prossima al margine superiore della zona d'accumulo nel quale affiora la formazione; gli spessori della coltre detritica rilevati in tale tratto sono relativamente modesti e non si evidenziano particolari problematiche legate alla stabilità dei versanti;
- le verifiche di stabilità globale del pendio, effettuate in base ad assunzioni parametriche conservative, hanno fornito coefficienti di sicurezza superiori ai riferimenti delle normative vigenti.;
- l'assetto geomorfologico e litostratigrafico dell'area non consente la formazione di falde significative; il sondaggio disponibile conferma tale assenza di falda. Al più possono verificarsi locali e temporanei fenomeni di saturazione delle coltri superficiali e del rinterro in occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi e/o prolungati. La realizzazione delle opere di drenaggio (letto di posa drenante) previste dal progetto eviterà l'instaurarsi di eventuali fenomeni di sovrappressione interstiziale, garantendo la stabilità del pendio nell'area di interesse;

2. Area di Sogliano Vecchia:

- dal punto di vista morfologico l'area interessata dal progetto attraversa una vallecchia, il cui fondo è coperto da detriti, sovrastante l'alveo del T. Savio, separata da una scarpata alta circa 20 m. La situazione di potenziale instabilità è data dalla pendenza di tale dislivello e dalla presenza delle coltri detritiche lungo tutta la scarpata. Nei numerosi affioramenti circostanti si evidenzia costantemente la presenza della Formazione Marnoso Arenacea e nel tratto direttamente interessato dal progetto non si evidenziano particolari problematiche legate alla stabilità dei versanti;

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 26 di 34 | Rev. 0 |

- le indagini geognostiche effettuate hanno permesso di quantificare uno spessore delle coltri consistente ma limitato ad alcuni metri (spessore variabile da 3,3 a 6,10 m.) e di ricostruire una geometria sub orizzontale della superficie di appoggio delle stesse sulla formazione;
- l'area interessata dal passaggio della condotta nella zona ove è presente tale coltre si caratterizza per la pendenza modesta.
- le verifiche di stabilità del pendio, effettuate in base ad assunzioni parametriche conservative, hanno fornito coefficienti di sicurezza superiori ai riferimenti delle normative vigenti;
- l'assetto geomorfologico e litostratigrafico dell'area non consente la formazione di falde significative; i sondaggi disponibili confermano tale assenza di falda. Al più possono verificarsi locali e temporanei fenomeni di saturazione delle coltri superficiali e del rinterro in occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi e/o prolungati. La realizzazione delle opere di drenaggio (letto di posa drenante e trincea drenante fuoric condotta) previste dal progetto eviterà l'instaurarsi di eventuali fenomeni di sovrappressione interstiziale, garantendo la stabilità del pendio nell'area di interesse.

In base alle considerazioni sopra citate, è quindi possibile affermare, in entrambe le aree, non è stata rilevata la presenza di alcuna criticità di carattere geologico e geomorfologico in grado da pregiudicare la realizzazione dell'opera.

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
|   | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 27 di 34 | Rev. 0 |

APPENDICE I

DOCUMENTAZIONE DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA: DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE E STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

Prove Penetrometriche Dinamiche SCPT :

SCPT SA-P01- effettuata in località SorbanoVecchia

Prove Penetrometriche Statiche CPT :

CPT MO-P01- effettuata in località Molino di Bascio

CPT SA-P02- effettuata in località SorbanoVecchia

Sondaggi geognostici a rotazione in carotaggio continuo

MO-S01- effettuato in località Molino di Bascio

SA -S01- effettuato in località SorbanoVecchia

SA -S02- effettuato in località SorbanoVecchia

SA -S03- effettuato in località SorbanoVecchia

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITÀ 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 28 di 34 | Rev. 0 |

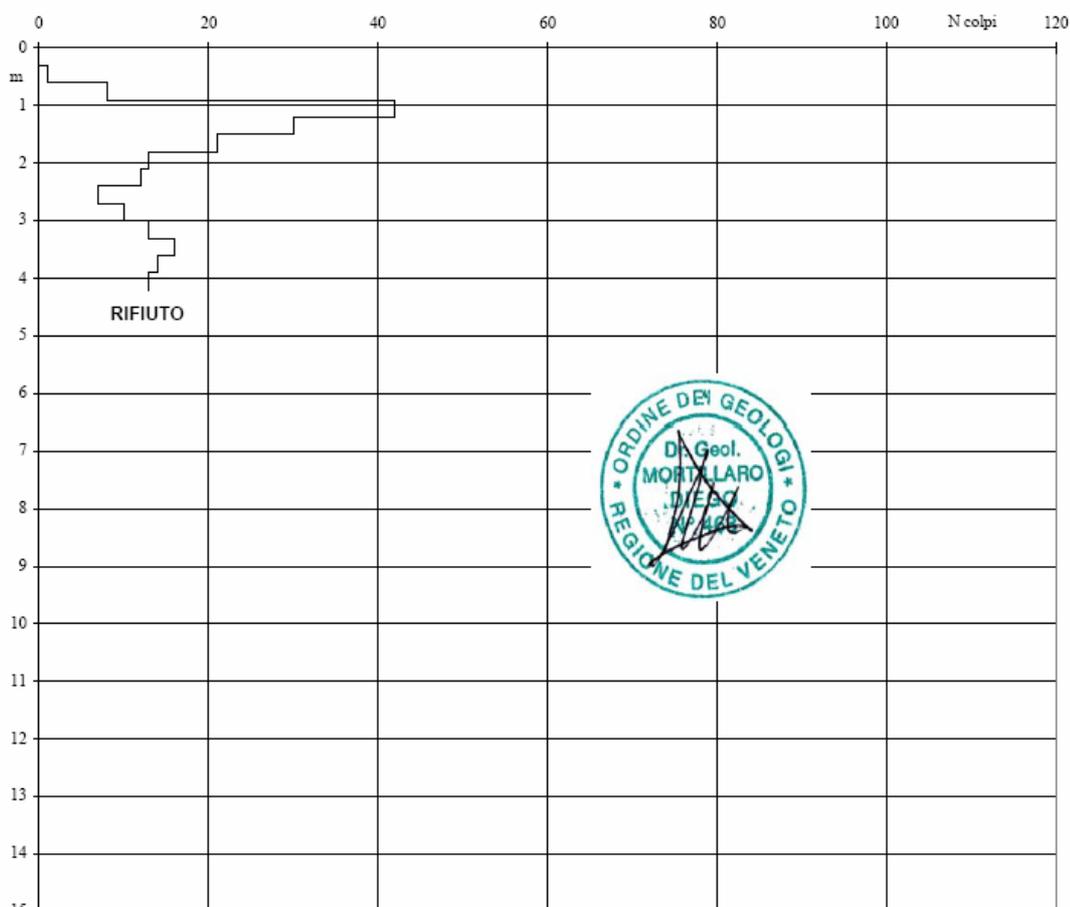


GEOTECNICA VENETA s.r.l.
 Via Dosa 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)
 Tel. 041/908157 - Fax 041/908905
 e-mail geoven@tin.it



mod. SCPT (rev. 1 del 02/04)

| | |
|---|--|
| Committente: SNAMPROGETTI S.p.A. Cantiere: METANODOTTO SESTINO - MINERBIO Ubicazione Prova: Vedi planimetria Quota : Riferita a: 0,00 m Note : piano campagna | Prova n° : SCPT SA-P01 Data : 11/04/06 Ns. riferimento : P06/049 N° documento : 06/049-SCPT-SAP1 Revisione : 0 del 13/04/06 |
| | Punta _____ Rivestimento _____ |



S.C.P.T. - Prova Penetrometrica Dinamica - Penetrometro superpesante Tipo MEARDI - AGI

Tecnico : **Z.M.**

Punta conica ϕ 51 mm, conicità 60° - Rivestimento ϕ 48 mm - Aste ϕ 34 mm - Peso Maglio 73 Kg - Altezza caduta 75 Pag. 1/1

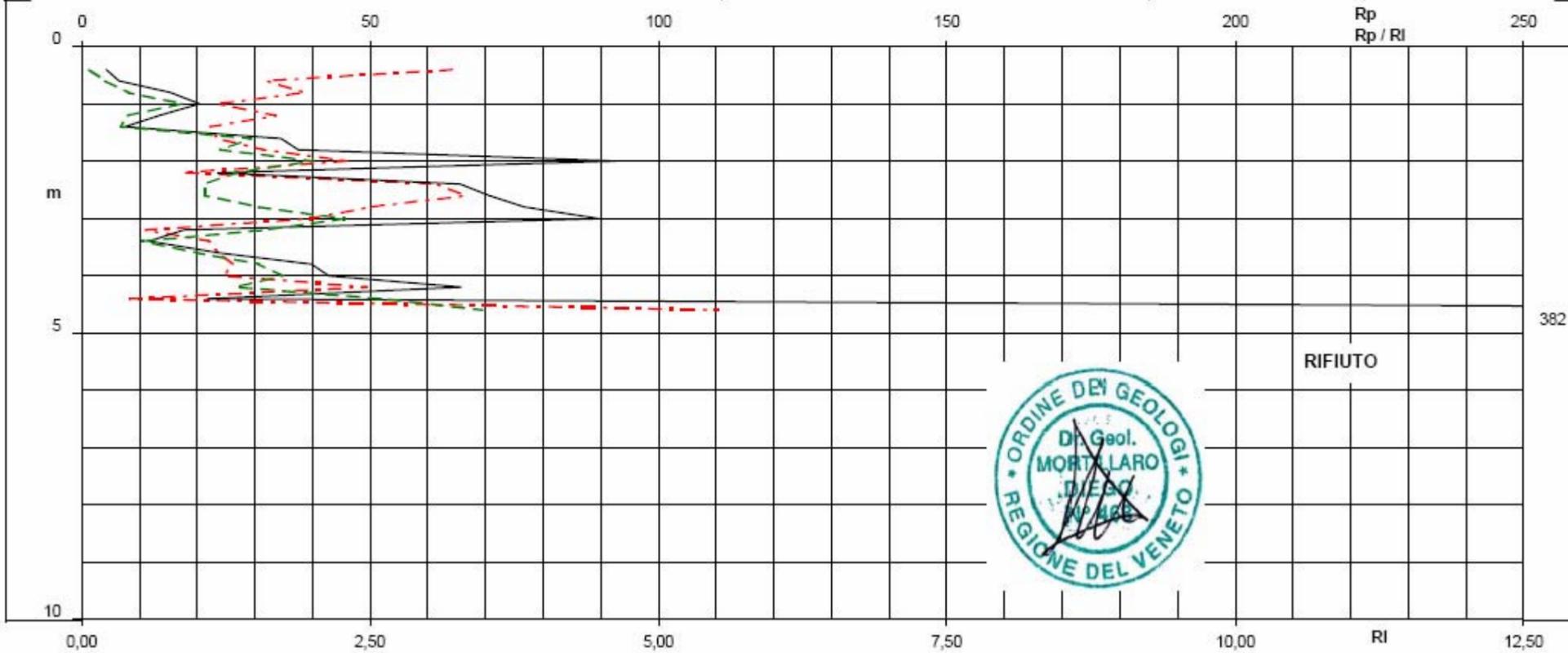
| | | | |
|---|---|---------------------------|---------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITA 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 29 di 34 | Rev. 0 |

GEOTECNICA VENETA s.r.l.
 Via Dosa, 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)
 Tel. 041/908157 - Fax 041/908905
 e-mail geoven@tin.it



mod_CPT-N (rev. 1 del 05/00)

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|----|--|-------|----|---|-----------|---------|-------------------|
| Committente: SNAMPROGETTI S.p.A. Cantiere: METANODOTTO SESTINO - MINERBIO Ubicazione Prova: vedi planimetria Quota: 0.00 m Riferita a: piano campagna Note: | Prova n°: CPT MO-P01 Data: 12/04/06 Ns. rif.: P06/049 n° doc.: 06/049/CPT-MO-P01 rev. 0 del 13/04/06 | <table border="0"> <tr> <td>—</td> <td>Rp</td> <td>Resistenza alla punta kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>- - -</td> <td>RI</td> <td>Resistenza laterale locale kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>- · - · -</td> <td>Rp / RI</td> <td>Rapporto Rp su RI</td> </tr> </table> | — | Rp | Resistenza alla punta kg/cm ² | - - - | RI | Resistenza laterale locale kg/cm ² | - · - · - | Rp / RI | Rapporto Rp su RI |
| — | Rp | Resistenza alla punta kg/cm ² | | | | | | | | | |
| - - - | RI | Resistenza laterale locale kg/cm ² | | | | | | | | | |
| - · - · - | Rp / RI | Rapporto Rp su RI | | | | | | | | | |



CPT - Prova Penetrometrica Statica - Penetrometro "PAGANI" 20 t - Diametro aste \varnothing 36 mm - Conicità punta 60 °

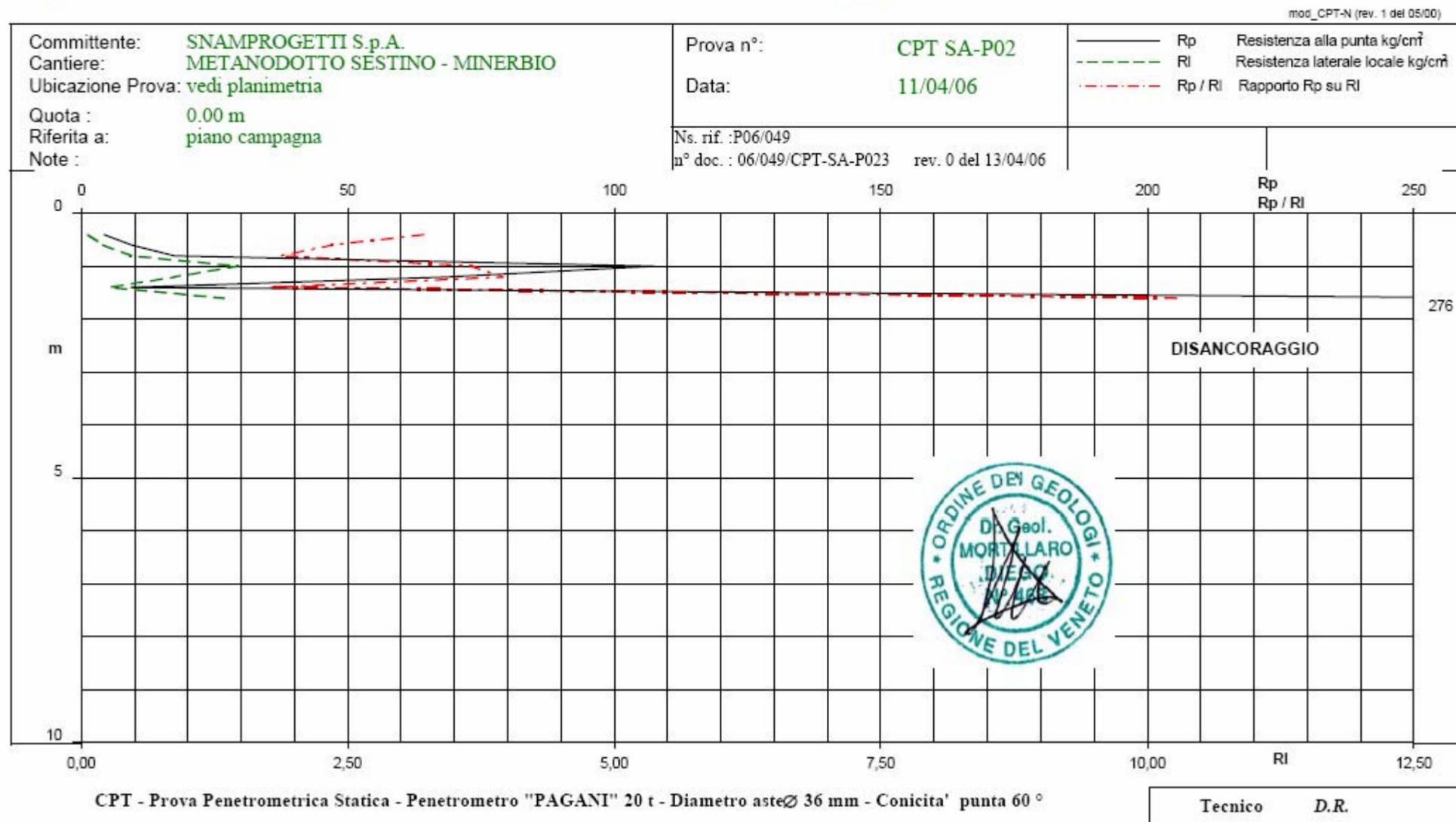
Tecnico **D.R.**

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITA 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 30 di 34 | Rev. 0 |



GEOTECNICA VENETA s.r.l.
 Via Dosa, 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)
 Tel. 041/908157 - Fax 041/908905
 e-mail geoven@tin.it





| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITA 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 31 di 34 | Rev. 0 |

GEOTECNICA VENETA S.r.l.
 Via Dosa, 26/a - 30030 Osmo di Marcellago (Ve)
 Tel. 041/908157 - Fax. 041/908905
 e-mail: geoven@tin.it



| | | | | |
|---|--|--|--|--------------------------------|
| SONDAGGIO N° MO-S01 | COMMITTENTE : SNAMPROGETTI S.p.A. | CANTIERE : METANODOTTO SESTINO - MINERBIO | PRATICA N. P06/049 | DOC. N. 06/049/S-MO-S01 |
| Quota: 0.00 m. | Riferita a: Piano Campagna | Data inizio: 05/05/06 | Data ultimazione: 08/05/06 | Elaborato |
| Sperimentatore: Dott. Geol. Zanatta B. | | Operatore: De Pieri R. | Tipo di attrezzatura: cingolata CMV | Controllato |
| | | | | REV. |
| | | | | DATA |
| | | | | 0.0 |
| | | | | 09/05/06 |

| Profondità in m. | Stratigrafia | Campioni | %Carot. | R.Q.D. | DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (A.G.I. 1977) | PEN. kPa | TOR. kPa | Prof. m | S.P.T. | | Vane Test | | Prof. m | Piezo metro PZ1 | Piezo metro PZ2 | Livello piezo-metrico | NOTE: |
|------------------|--------------|----------|---------|--------|--|----------|----------|---------|--------------|-------------|-----------|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------------|-------|
| | | | | | | | | | Numero Colpi | Altezza cm. | Max kPa | Res kPa | | | | | |
| 0 | | | | | Limo argilloso nocciola con rare inclusioni di clasti arenacei (dimensione max 7 cm). | | | | | | | | | | | | |
| 1.20 | | | | | Arenaria grigia e nocciola in blocchi di dimensioni max 15 cm. | | | | | | | | | | | | |
| 1.80 | | | | | Limo argilloso nocciola poco consistente, con qualche inclusione di frammento di roccia arenacea (probabile alterazione di marna). | | | | | | | | | | | | |
| 2.90 | | A | 2.50 | | A) S.P.T. con punta conica; aste + punta = 3.80 m . | | | 2.50 | 16 | 15 | | | | | | | |
| 3.90 | | | 2.95 | | Marna arenacea grigio scura in strati di 20-40 cm di potenza; inclinazione degli strati di circa 7-10°. | | | | 20 | 30 | | | | | | | |
| 4.70 | | | | 40% | Marna grigio scura. | | | | 37 | 45 | | | | | | | |
| 5.00 | | | | 50% | Arenaria nocciola pochissimo cementata. | | | | | | | | | | | | |
| 5.60 | | | | 60% | Arenaria grigia ben cementata; inclinazione degli strati di circa 10°. | | | | | | | | | | | | |
| 7.40 | | | | 90% | Arenaria marnosa ben cementata grigia con inclinazione degli strati di 10°; presente un livello di marna lamellare da m 6.70 a m 6.75. | | | | | | | | | | | | |
| 7.60 | | | | | (Da m 3.90 a m 7.60 probabile potenza degli strati 20-40 cm.) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Arenaria grigia ben cementata. | | | | | | | | | | | | |



■ Campione indisturbato OSTERBERG
 ▣ Campione indisturbato SHELBY
 ⊗ Campione rotativo DENISON
 ▼ Campione rimaneggiato S.P.T.
 ▽ Campione rimaneggiato
 * Campione rimaneggiato Vane-Test

PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO
 CAROTIERE : SEMPLICE
 Ø 101 mm.
 tra m. 0.00 e m. 2.90
 tra m. e m.
 tra m. e m.

CAROTIERE : DOPPIO CON CORONA WIDIA
 Ø 100 mm.
 tra m. 2.90 e m. 7.60
 tra m. e m.
 tra m. e m.

TUBI DI RIVESTIMENTO
 Ø 127 mm.
 tra m. 0.00 e m. 3.00
 Ø
 tra m. e m.
 Ø
 tra m. e m.

ASTE Ø mm. 76

CASSETTE CATALOGATRICI N° : 2

STRUMENTAZIONE INSTALLATA:
 - Chiusura del foro con miscela cemento - bentonite.

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITA 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 32 di 34 | Rev. 0 |

GEOTECNICA VENETA S.r.l.
 Via Dosa, 26/a - 36030 Glimo di Montebelluna (Vi)
 Tel. 041/908157 - Fax. 041/908905
 e-mail: geovcn@tin.it



| | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------|
| SONDAGGIO N° SA-S01 | COMMITTENTE : SNAMPROGETTI S.p.A. | CANTIERE : METANODOTTO SESTINO - MINERBIO | PRATICA N. P06/049 | DOC. N. 06/049/S-SA-S01 |
| Quota: 0.00 m. | Riferita a: Piano Campagna | Data inizio: 26/04/06 | Data ultimazione: 02/05/06 | Elaborato |
| Sperimentatore: Dott. Geol. Cultrera M. | | Operatore: De Pieri R. | Tipo di attrezzatura: cingolata CMV | D.R. |
| | | | D.M. | REV. DATA |
| | | | 0.0 | 03/05/06 |

| Profondità m. m. | 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 | | | | |
|------------------|--------------|-----------|------------------|---------|--------|--|----------|----------|----------------|--------------|------------|-----------|---------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|--|------|-----|------|------------------|
| | | Tipologia | Prof. | | | | | | | Numero Colpi | Altezza cm | Max kPa | Res kPa | | | | | | | | | |
| 0.20 | | | | | | Limo argilloso marrone con apparati radicali al tetto (terreno vegetale). | 220 | 61 | | | | | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> ■ Campione indisturbato OSTERBERG ▣ Campione indisturbato SHELBY ⊗ Campione rotativo DENISON ▼ Campione rimaneggiato S.P.T. ▽ Campione rimaneggiato Vane-Test <p>PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO</p> <p>CAROTIERE: SEMPLICE</p> <p>Ø 101 mm.</p> <p>tra m. 0.00 e m. 3.80</p> <p>tra m. 4.80 e m. 6.10</p> <p>tra m. e m.</p> <p>CAROTIERE: DOPPIO CON CORONA WIDIA</p> <p>Ø 100 mm.</p> <p>tra m. 3.80 e m. 4.80</p> <p>tra m. 6.10 e m. 9.30</p> <p>tra m. e m.</p> <p>TUBI DI RIVESTIMENTO</p> <p>Ø 127 mm.</p> <p>tra m. 0.00 e m. 6.10</p> <p>Ø</p> <p>tra m. e m.</p> <p>Ø</p> <p>tra m. e m.</p> <p>ASTE Ø mm. 76</p> <p>CASSETTE CATALOGATRICI N° : 2</p> <p>STRUMENTAZIONE INSTALLATA:</p> <p>- Chiusura del foro con micela cemento - bentonite</p> <p>H₂O in fase di perforazione</p> <table border="1"> <tr> <td>DATA</td> <td>ORA</td> <td>RIV.</td> <td>H₂O</td> </tr> </table> | DATA | ORA | RIV. | H ₂ O |
| DATA | ORA | RIV. | H ₂ O | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.40 | | | | | | Limo argilloso debolmente sabbioso nocciola, con presenza di inclusioni lapidee da millimetriche a centimetriche (mame ed arenarie). | 210 | 55 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.60 | | | | | | Limo con sabbia fine a tratti prevalente, giallo, talvolta debolmente argilloso, con presenza di clasti lapidei alterati. (Materiale molto addensato). | | | 1.90 | 18 | 15 | | | | | | | | | | | |
| 2.60 | | | | | | A) S.P.T. con punta conica; aste + punta = 3.20 m. | | | | 42 | 30 | | | | | | | | | | | |
| 3.80 | | | | | | Limo argilloso marnoso grigio, con presenza di veli da millimetrici a centimetrici di sabbia limosa ed inclusi lapidei centimetrici; laminazione parallela (mame alterate). | >600 | >100 | | 32 | 45 | | | | | | | | | | | |
| 4.80 | | | | | | Arenarie grigie alterate e fratturate, con intercalazioni (4-8 cm) di mame fratturate ed alterate. | >600 | >100 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.10 | | | | | | Limo argilloso marnoso grigio - nocciola, con veli da millimetrici a centimetrici di sabbia cementata (arenaria) e presenza di resti di sostanze organiche vegetali. (Materiale molto consistente). | | | 5.50 | 50 | 3 | | | | | | | | | | | |
| 7.50 | | | | | | B) S.P.T. con punta conica; aste + punta = 6.80 m. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.30 | | | | | | Arenaria grigia a grana fine debolmente - mediamente cementata, con intercalazioni di marna alterata a m 6.70 (cm 5), a m 6.90 (cm 4) ed a m 7.30 (cm 20); inclinazione degli strati 15° - 20°; presenti rare fratturazioni di circa 60° sull'orizzontale. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Arenaria grigia a grana fine debolmente - mediamente cementata, con intercalazioni (2-4 cm) di marna grigia a m 7.90, a m 8.10 ed a m 8.70; probabile potenza degli strati arenacci di 20-40 cm; inclinazione degli strati suborizzontale; a m 8.10 fratturazione dell'arenaria di circa 60° sull'orizzontale. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | (Presenza di acqua sul fondo a fine sondaggio). | | | | | | | | | | | | | | | | |



| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  | COMMESSA 663100 | UNITA 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 33 di 34 | Rev. 0 |

GEOTECNICA VENETA S.r.l.
 Via Dosa, 26/a - 30030 Olmo di Montebelluna (Vc)
 Tel. 041/908157 - Fax. 041/908905
 e-mail: gvo@geotecnica.it



| | | | | |
|--|--|--|----------------------------|--------------------------------|
| SONDAGGIO N° SA-S02 | COMMITTENTE : SNAMPROGETTI S.p.A. | CANTIERE : METANODOTTO SESTINO - MINERBIO | PRATICA N. P06/049 | DOC. N. 06/049/S-SA-S02 |
| Quota: 0.00 m. | Riferita a: Piano Campagna | Data inizio: 03/05/06 | Data ultimazione: 04/05/06 | REV. 0.0 |
| Sperimentatore: Dott. Geol. Zanatta B. | Operatore: De Pieri R. | Tipo di attrezzatura: cingolata CMV | D.R. | D.M. 04/05/06 |

| Profondità 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 | |
|---------------------------------|--------------|----------|------|---------|--------|---|-------------|-------------|-----------------------|--------|-----------------|----------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|------|------------|
| | | Typo | Num. | | | | | | | Prof. | Numero Colpi | Altezza cm. | Mix kPa | | | | | | Res kPa |
| 0.80 | | | | | | Limo argilloso sabbioso nocciola - marrone, con terreno vegetale al tetto; presenti frammenti di roccia arenacea (dimensione max 2 cm). Detrito di roccia marnosa ed arenacea (sabbia e limo nocciola, con rare inclusioni di elasti arenacei e marnosi, abbondanti e di dimensioni fino a 5 cm da m 1.80 a m 2.30). | | | | | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.30 | | | | | | A) S.P.T. con punta conica; aste + punta = 3.80 m . Marna grigia alterata e fratturata, con piccole intercalazioni arenacee di color ocra. | | | 2.80 | 3 | 15 | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | B) S.P.T. con punta conica; aste + punta = 4.80 m . Arenaria grigia scarsamente cementata, con qualche patina nocciola da m 5.50 a m 6.00 e da m 7.30 a m 7.70. | | | 4.00 | 50 | 7 | | | | | | | | |
| 3.70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.70 | | | | | | Arenaria grigia scarsamente cementata e fratturata. | | | | | | | | | | | | | |
| 9.70 | | | | | | Marna argillosa grigia; inclinazione degli strati 8°-10° sull'orizzontale. | | | | | | | | | | | | | |
| 11.00 | | | | | | Marna grigia con livelli millimetrici e centimetrici arenacei; inclinazione degli strati circa 20° sull'orizzontale; fratturazione evidente al tetto fino a m 12.30 e da m 12.70 a m 13.20. | | | | | | | | | | | | | |
| 14.00 | | | | | | (Presenza di acqua sul fondo a fine sondaggio). | | | | | | | | | | | | | |



| NOTE: <ul style="list-style-type: none"> ■ Campione indisturbato OSTERBERG ▣ Campione indisturbato SHELBY ⊗ Campione rotativo DENISON ▼ Campione rimaneggiato S.P.T. ▽ Campione rimaneggiato ✱ Campione rimaneggiato Vane-Test | | | | | | | | |
|--|------|------|------------------|------------------|--|--|--|--|
| PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CAROTIERE: SEMPLICE Ø 101 mm. tra m. 0.00 e m. 5.50 tra m. e m. tra m. e m. | | | | | | | | |
| CAROTIERE: DOPPIO CON CORONA WIDIA Ø 100 mm. tra m. 5.50 e m. 14.00 tra m. e m. tra m. e m. | | | | | | | | |
| TUBI DI RIVESTIMENTO Ø 127 mm. tra m. 0.00 e m. 4.00 Ø tra m. e m. Ø tra m. e m. | | | | | | | | |
| ASTE Ø mm. 76 | | | | | | | | |
| CASSETTE CATALOGATRICI N° : 3 | | | | | | | | |
| STRUMENTAZIONE INSTALLATA: - Chiusura del foro con miscela cemento - bentonite | | | | | | | | |
| H₂O in fase di perforazione <table border="1"> <tr> <th>DATA</th> <th>ORA</th> <th>RIV.</th> <th>H₂O</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> | DATA | ORA | RIV. | H ₂ O | | | | |
| DATA | ORA | RIV. | H ₂ O | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|
|  | PROGETTISTA  Snamprogetti | COMMESSA 663100 | UNITA 000 |
| | LOCALITÀ Regioni Toscana - Marche - Emilia Romagna | SPC. LA-E-83016 | |
| | PROGETTO Metanodotto Sestino - Minerbio | Fg. 34 di 34 | Rev. 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|-------------------------------------|--|--------------------------------|-------------|------|----------|
| SONDAGGIO N° SA-S03 | | COMMITTENTE : SNAMPROGETTI S.p.A. | | CANTIERE : METANODOTTO SESTINO - MINERBIO | | PRATICA N. P06/049 | | DOC. N. 06/049/S-SA-S03 | | | |
| Quota: 0.00 m. | | Riferita a: Piano Campagna | | Data inizio: 02/05/06 | | Data ultimazione: 03/05/06 | | Elaborato | Controllato | REV. | DATA |
| Sperimentatore: Dott. Geol. Zanatta B. | | | | Operatore: De Pieri R. | | Tipo di attrezzatura: cingolata CMV | | D.R. | D.M. | 0.0 | 03/05/06 |

| Profondità' in m. | 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 | | |
|-------------------|--------------|----------|------|---------|--------|---|----------|----------|----------------|--------|--------------|-------------|---------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|------|---------|--|
| | | Typo | Num. | | | | | | | Prof. | Numero Colpi | Altezza cm. | Max kPa | | | | | | Res kPa | |
| 0.40 | | | | | | Limo argilloso debolmente sabbioso nocciola (terreno vegetale). | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.80 | | | | | | Limo argilloso sabbioso nocciola, con inclusioni granulari sabbiose. | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.20 | | | | | | Detrito di roccia marnosa e subordinatamente arenacea (sabbia e limo nocciola con clasti marnosi grigi di 1-6 cm). A) S.P.T. con punta conica; aste + punta = 2.80 m . | | | 1.80 | 33 | 15 | | | | | | | | | |
| 1.80 | | A | | 1.80 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.25 | | | | 2.25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | Detrito di roccia marnosa ed arenacea (sabbia e limo grigi, con frequenti clasti arenacci di 1-2 cm e di 1-4 cm da m 3.90 a m 4.30); presenti sostanze organiche vegetali a m 4.60. B) S.P.T. con punta conica; aste + punta = 4.80 m . | | | 3.50 | 24 | 15 | | | | | | | | | |
| 2.30 | | B | | 3.50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.95 | | | | 3.95 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.30 | | | | | | C) S.P.T. con punta conica; aste + punta = 6.30 m . Arenaria grigia, nocciola da m 6.80 a m 7.70, a cementazione molto scarsa; presenti nelle superfici di fratturazione patine ocracee; probabile inclinazione degli strati di 7°-10°. | | | 5.00 | 44 | 15 | | | | | | | | | |
| 5.45 | | C | | 5.45 | | | | | | | 50 | 20 | | | | | | | | |
| 4.70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.00 | | | | | | Marna argillosa grigia con intercalazioni (2-3 cm) di arenaria grigia con patine nocciola, fratturata. | | | | | | | | | | | | | | |
| 11.00 | | | | | | Arenaria nocciola a scarsissima cementazione. | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.20 | | | | | | Marna argillosa grigia con intercalazioni (1-3 cm) di arenaria grigia ed ocre, pochissimo cementata. | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.60 | | | | | | Arenaria grigio - nocciola fino a m 13.00, quindi grigia con lenti ocre da m 14.30 a m 14.70, scarsamente cementata; presenti intercalazioni marnose (1-3 cm) da m 13.70 a m 14.70. | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.70 | | | | | | Arenaria grigia con lenti ocre, scarsamente cementata. | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.00 | | | | | | Marna grigia, compatta. | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.30 | | | | | | (Presenza di acqua sul fondo a fine sondaggio). | | | | | | | | | | | | | | |



| | | | |
|--|-----|------|------------------|
| PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CAROTIERE: SEMPLICE Ø 101 mm. tra m. 0.00 e m. 5.70 tra m. e m. tra m. e m. | | | |
| CAROTIERE: DOPPIO CON CORONA WIDIA Ø 100 mm. tra m. 5.70 e m. 16.30 tra m. e m. tra m. e m. | | | |
| TUBI DI RIVESTIMENTO Ø 127 mm. tra m. 0.00 e m. 5.70 Ø tra m. e m. Ø tra m. e m. | | | |
| ASTE Ø mm. 76 | | | |
| CASSETTE CATALOGATRICI N° : 4 | | | |
| STRUMENTAZIONE INSTALLATA: - Chiusura del foro con miscela cemento - bentonite | | | |
| H ₂ O in fase di perforazione: | | | |
| DATA | ORA | RIV. | H ₂ O |