

COM.



COMUNE DI MONTANARO

OGG.

LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

DES.

RELAZIONE GEOLOGICA, DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DI INQUADRAMENTO SISMICO

FASE	ID	REV.
ESE	B2	00

GRUPPO DI LAVORO :

ENDACO srl (Capogruppo mandatario)
Dott. ing. Gian Piero Enrione



Dott. geol. Stefano Tuberga
(Mandante)

Dott. ing. Guido Zanzottera
(Mandante)



00	20/04/2017	PRIMA EMISSIONE	ST	DF	GPE
REV.	DATA EM.	MOTIVO REVISIONE	PREPARATO	RIESAMINATO	APPROVATO
La proprietà intellettuale di questo documento è della Endaco Srl; esso, sia in forma controllata che non controllata, non può essere diffuso né duplicato senza una preventiva autorizzazione scritta della Direzione della Società.			RIF. B12D07	COPIA CONTROLLATA <input type="checkbox"/> NON CONTROLLATA <input type="checkbox"/>	DOC. B16D04-ESE-B2-00

Mod. PQ0403Bi-01



endaco s.r.l. Società di Ingegneria

Piazza Lamarmora, 12 10015 Ivrea (TO) - Tel. +39 0125 48063 Fax +39 0125 648007 e-mail admin@endaco.com

COM.	COMUNE DI MONTANARO	DOC. B16D04-ESE-B2-00.doc
OGG.	LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD – PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO	
DES.	RELAZIONE GEOLOGICA, DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DI INQUADRAMENTO SISMICO	
		PAG. 1

INDICE

1. PREMESSA	2
2. MODELLAZIONE SISMICA.....	5
2.1 – CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CARATTERISTICHE TOPOGRAFICHE	6
2.2 – AZIONE SISMICA LOCALE	6
3. ASSETTO GEOLOGICO-MORFOLOGICO GENERALE E LOCALE	7
3.1 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO-MORFOLOGICO GENERALE	7
3.2 – INDAGINI IN SITO	8
3.3 – ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE	8
3.4 – ASSETTO IDROGEOLOGICO	8
4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	10
4.1 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	10
4.2 – VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI	11

1. PREMESSA

Con Determinazione n. 62/216 del 29/07/2016 il Responsabile di Settore dell'Area Tecnica del Comune di Montanaro ha incaricato il raggruppamento temporaneo di professionisti costituito da Endaco s.r.l. (Capogruppo mandatario), nella persona del dott. ing. Gian Piero Enrione, Dott. ing. Guido Zanzottera (Mandante), Dott. geol. Stefano Tuberga (Mandante) della progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione dei lavori e della direzione dei **"Lavori di realizzazione delle opere di completamento del 3° lotto del canale scolmatore nord"** - Figure 1 e 2.

I lavori in oggetto, da realizzarsi con finanziamento di € 420'000,00, consentiranno il completamento delle opere di realizzazione del canale scolmatore nord attualmente in corso di esecuzione, finalizzate alla mitigazione del rischio idraulico nella porzione nord-occidentale del territorio comunale di Montanaro.

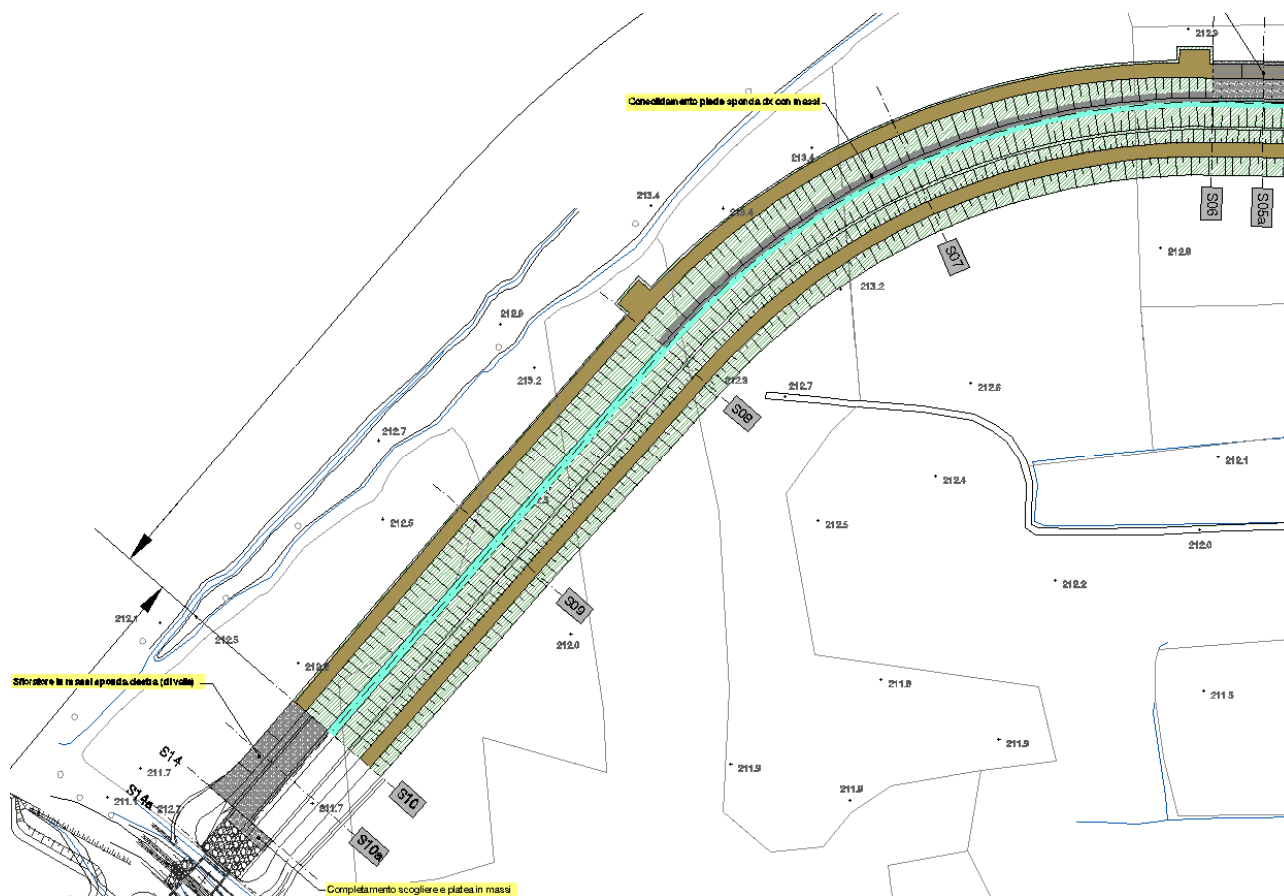
In data 10/03/2017 con lettera prot. n. 2589, è giunta comunicazione dell'approvazione del Progetto Preliminare, avvenuta in data 01/03/2017 con deliberazione di G.C. n. 34; con la medesima il raggruppamento temporaneo di professionisti è stato autorizzato alla redazione del progetto Definitivo / Esecutivo, di cui la presente relazione è parte integrante.

Per la stesura della relazione sono state eseguite le seguenti attività:

- ❑ analisi degli studi geologici a supporto degli elaborati tecnici relativi allo Strumento di pianificazione urbanistica;
- ❑ ricerca bibliografica delle pubblicazioni tecnico-scientifiche riguardanti il territorio di Montanaro;
- ❑ consultazione ed acquisizione della documentazione tecnica relativa ai *"Lavori di sistemazione idrogeologica con realizzazione di canale scolmatore nord – 3° lotto"*, in particolare la *"Relazione geologica, di interpretazione delle indagini geognostiche e di inquadramento sismico – Geoengineering, 15.05.2015"*;
- ❑ consultazione ed acquisizione della documentazione tecnica pubblicata in archivi:
 - Arpa Piemonte – Banca Dati Geotecnica;
 - Arpa Piemonte – Banca Dati Geologica (1:100.000);
 - Arpa Piemonte – Dati di Sismicità in Piemonte.



Figura 1: ubicazione area in oggetto su stralcio "Ortofoto Regione Piemonte – 2011". Non in scala.



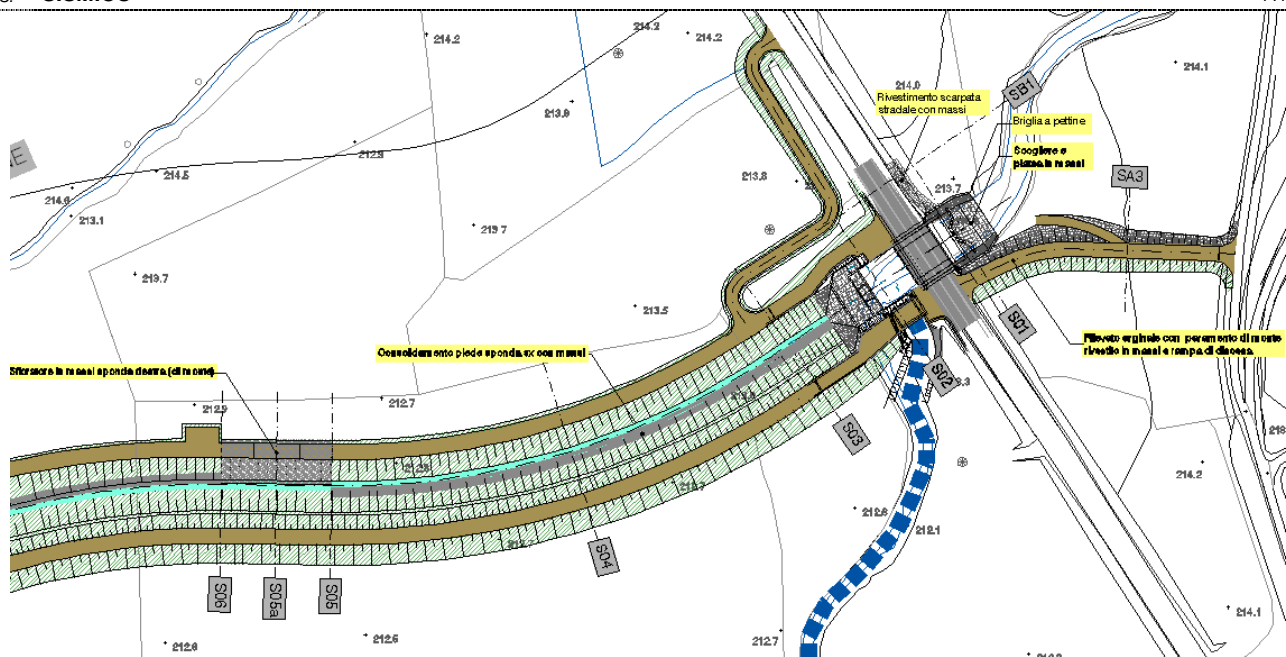


Figura 2: stralci della planimetria di progetto (tratto di valle e tratto di monte). Non in scala.

2. MODELLAZIONE SISMICA

La Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)", classifica il territorio comunale di Montanaro in zona sismica 4. Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio di tipo "sito dipendente" e non più per mezzo di un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Viene definita l'azione sismica di base (campo libero, substrato rigido e superficie topografica orizzontale) per il sito di progetto, per differenti condizioni prestazionali (SLO,SLD,SLV,SLC), diversi tempi di ritorno T_R e relative probabilità di eccedenza P_{VR} .

In prima istanza, per l'opera in progetto si è assunto:

- Vita nominale $V_N=50$ (costruzione ordinaria);
- Classe d'uso I a cui compete un valore del coefficiente d'uso $C_U=0,7$.

La tabella 1 riporta il valore dei seguenti parametri spettrali caratteristici:

- a_g accelerazione orizzontale massima attesa su riferimento rigido;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

SITO DI PROGETTO – Montanaro (TO)					
Coordinate UTM-ED50 Lat 45,248235 Long 7,841737					
	T_R [anni]	P_{VR50} (%)	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	81	0,019	2,607	0,162
SLD	35	63	0,023	2,592	0,188
SLV	332	10	0,044	2,684	0,278
SLC	682	5	0,052	2,724	0,297

Tabella 1: parametri relativi alla pericolosità sismica del sito in esame.

2.1 – CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CARATTERISTICHE TOPOGRAFICHE

In assenza di riscontri diretti derivanti dalla definizione della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio nel volume significativo di terreno, per analogia con contesti limitrofi caratterizzati dal medesimo quadro geologico e litologico si ritiene di assegnare ai materiali di progetto alla Categoria C ovvero a *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s, (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)"* (cfr NTC 2008).

La configurazione plano-altimetrica locale è riferibile alla Categoria T1 *"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ "*.

2.2 – AZIONE SISMICA LOCALE

La tabella seguente caratterizza la risposta sismica locale con riferimento ai valori dei parametri spettrali di base, alla categoria di sottosuolo ed alle condizioni topografiche esposte in precedenza.

Stato limite	S_s [-]	S_t [-]	C_c [-]	kh	kv	a_{max} [m s ⁻¹]
SLO	1,50	1,0	1,92	0,006	0,003	0,272
SLD	1,50	1,0	1,89	0,007	0,003	0,335
SLV	1,50	1,0	1,64	0,013	0,007	0,641
SLC	1,50	1,0	1,58	0,015	0,008	0,759

Tabella 2: Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione.

dove:

- S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- S_t coefficiente di amplificazione topografica;
- C_c coefficiente di amplificazione di T_c^* , funzione della categoria di sottosuolo;
- kh coefficiente sismico orizzontale;
- kv coefficiente sismico verticale;
- a_{max} accelerazione massima attesa al sito;

Si rimanda agli elaborati di calcolo strutturale per la definizione dell'azione sismica di progetto.

COM.	COMUNE DI MONTANARO	DOC. B16D04-ESE-B2-00.doc
OGG.	LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD – PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO	
DES.	RELAZIONE GEOLOGICA, DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DI INQUADRAMENTO SISMICO	PAG. 7

3. ASSETTO GEOLOGICO-MORFOLOGICO GENERALE E LOCALE

3.1 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO-MORFOLOGICO GENERALE

L'opera in progetto riguarderà un settore di pianura che si estende a nord-ovest del nucleo urbano principale di Montanaro, sotteso dalla Bealera di Montanaro, dalla Gora Reirola, dal Rio Denoglia e dal Rio Vallunga.

Il settore è riconducibile all'attività di erosione e deposito esplicata dal T. Orco in età medio- recente (tardo Pleistocene-Olocene), che si è tradotta nella formazione di un corpo sedimentario litologicamente rappresentato da ghiaie ciottolose con frazione fine sabbiosa o sabbioso-limosa, con lenti e intercalazioni fini (prevalentemente sabbiose).

Al limite orientale dell'area decorre il tratto terminale della valle del Rio Vallunga, incisa un'unità fluvioglaciale terrazzata sospesa di 15-20 m rispetto all'antistante pianura.

Allo sbocco della valle, il corpo deposizionale del rio si innesta a quello riferibile al T. Orco con un rapporto di interdigitazione a bassissimo angolo, configurandosi una condizione di eteropia di facies; si rileva per altro una spinta convergenza composizionale e granulometrica dei relativi sedimenti.

Alla sommità si estende un livello di spessore ordinariamente non superiore al metro di limi sabbiosi debolmente argillosi di colore bruno-grigiastro, con frazione organica più o meno rappresentata, privo di alterazione ma caratterizzato da trasformazione pedogenetica.

Nel settore l'unità quaternaria raggiunge lo spessore di una decina di metri e appoggia con contatto erosionale su di un complesso prevalentemente limoso-argilloso ascrivibile al "Villafranchiano".

Come evidenziato dalla stratigrafia del sondaggio meccanico eseguito in fase di indagine preliminare (Geoengineering, 2015 – In allegato), alla base dell'unità ghiaioso-ciottolosa si rinviene una sequenza limoso- sabbiosa e limoso-argillosa in intercalazioni di spessore da decimetrico a metrico che, per analogia con contesti limitrofi, viene assegnata al Complesso "Villafranchiano" *Auct.*, ovvero ad una successione di sedimenti prevalentemente fini di ambiente di piana fluviale distale e fluvio-deltizia, cronologicamente ascrivibili al Pliocene medio-inferiore.

3.2 – INDAGINI IN SITO

In fase di progettazione per il 3° lotto, è stato realizzato un sondaggio geognostico a carotaggio continuo che ha interessato un settore limitrofo a quello in esame. Le informazioni desunte dal sondaggio risultano essere:

Sondaggio S1	
da m a m dal p.c.	litologia
0,0 - 1,44	<i>Materiali di riporto e prodotti del rimaneggiamento del substrato ghiaioso-sabbioso-limoso; colore grigio-bruno</i>
1,44 - 9,06	<i>Ghiaia più o meno ciottolosa con frazione sabbioso-limosa; colore grigio-nocciola</i>
9,06 - 10,75	<i>Limo argilloso debolmente sabbioso; colore nocciola</i>
10,75 - 16,42	<i>Limo argilloso; colore grigio</i>
16,42 - 21,85	<i>Limo sabbioso debolmente argilloso; colore ocreo</i>
21,85 - 25,68	<i>Argilla limosa; colore ocra</i>
25,68 - 27,70	<i>Sabbia limoso-argillosa con subordinata frazione ghiaiosa fine; colore grigio-nocciola</i>
27,70 - 30,0	<i>Limo sabbioso; colore grigio-nocciola</i>

Tabella 3: stratigrafia schematica relativa al sondaggio geognostico S1 realizzato in fase di progettazione del 3° lotto.

3.3 – ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Dall'analisi dei dati sopra elencati è possibile definire il modello litostratigrafico locale:

Successione litologica rappresentativa del sito di progetto	
da m a m dal p.c.	litologia
0,0 - 1,5	<i>Materiali di riporto e depositi rimaneggiati a prevalente granulometria ghiaioso-sabbiosa-limosa. Locale presenza di</i>
1,5 - 9,0	<i>Ghiaia più o meno ciottolosa; ghiaia grossolana e ciottoli eterometrici con frazione limoso-sabbiosa ed intercalazioni di livelli sabbiosi.</i>
9,0 - 30 (massima profondità di indagine)	<i>Limo sabbioso-argilloso; argilla limosa; sabbia ghiaioso-limosa, in intercalazioni di potenza da pluridecimetrica a metrica</i>

Tabella 4: assetto litostratigrafico locale.

3.4 – ASSETTO IDROGEOLOGICO

La base locale dell'acquifero superficiale è posta ad una quota assoluta compresa tra 185 e 190 m s.l.m., ossia ad una profondità di 20-25 m dal piano di campagna.

La falda libera trae alimentazione diretta per infiltrazione meteorica, dai flussi di sub-alveo dei corsi d'acqua con i quali sviluppa stretti rapporti idrodinamici e, in via subordinata, dalla percolazione conseguente alla pratiche agricole irrigue. Tale condizione di stretta dipendenza dagli apporti si traduce nella periodica oscillazione della superficie piezometrica (sia in senso positivo che negativo) rispetto ad un valore medio annuo.

L'andamento della piezometria superficiale e la relativa soggiacenza locale sono stati desunti dagli elaborati geologici allegati al P.R.G.C. vigente, in particolare dalla "Carta dell'andamento e della profondità della falda idrica libera – Tavola P/GG".
Figura 3.

La superficie piezometrica della falda freatica risulta localizzata a debole profondità, con una soggiacenza media dell'ordine di 2,0 m dal p.c..

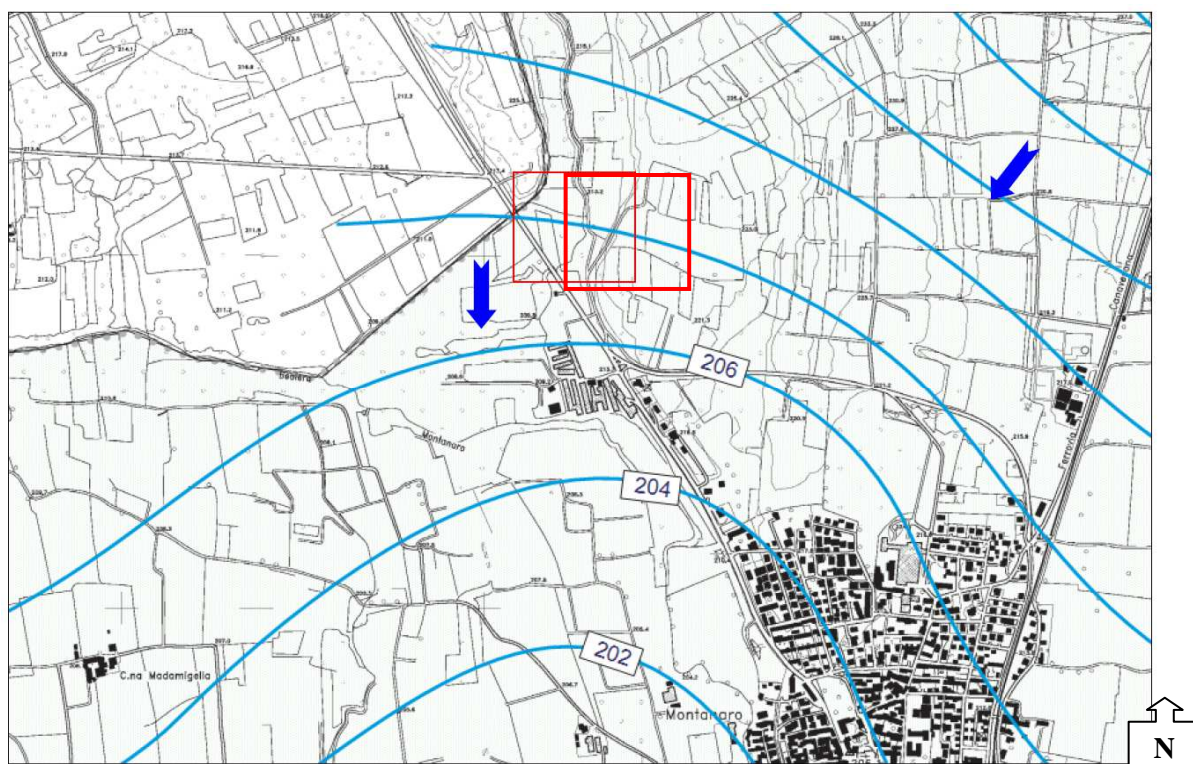


Figura 3: ubicazione dell'area in oggetto su stralcio della "Carta dell'andamento e della profondità della falda idrica libera – Tavola P/GG". Non in scala.

COM.	COMUNE DI MONTANARO	DOC. B16D04-ESE-B2-00.doc
OGG.	LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD – PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO	
DES.	RELAZIONE GEOLOGICA, DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DI INQUADRAMENTO SISMICO	PAG. 10

4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

4.1 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione dei materiali costituenti il substrato dell'area di progetto sono stati considerati i risultati delle seguenti attività di indagine geognostica in sito:

- 1 sondaggio meccanico a rotazione con carotaggio continuo spinto alla profondità di 30 m dal piano di campagna, in cui sono state condotte prove penetrometriche dinamiche SPT, attrezzato con piezometro a tubo aperto (S1).

Per quanto concerne la caratterizzazione litologica del substrato si rimanda a quanto descritto nella sezione precedente, nella quale viene definita la successione litostratigrafica rappresentativa per l'area di progetto.

Con riferimento al comportamento geotecnico, è possibile fare riferimento a tre orizzonti litotecnici:

- Livello superiore: materiali granulari prevalentemente fini (limoso-sabbiosi), localmente rimaneggiati, sciolti, non coesivi o dotati di debole coesione (pseudocoesione) attiva unicamente a breve termine.

Livello intermedio: materiali granulari medio grossolani (sabbia-ghiaia-ciottoli) e granulari fini (sabbia e limo) da sciolti a mediamente densi, privi di coesione o dotati di debole pseudocoesione, caratterizzati da omogeneità composizionale sia in senso verticale che orizzontale.

- Livello inferiore: materiali granulari complessivamente fini (limo e limo argilloso e subordinate sabbie limose), pseudocoesivi nelle frazioni maggiormente grossolane e debolmente coesivi in quelle più fini, caratterizzati da variabilità composizionale verticale e spiccata disomogeneità areale, per eteropie (bassa correlabilità laterale).

da m a m dal p.c.	Successione litotecnica
Livello geotecnico superiore	
0,0 – 1,5	Limo argilloso con frazione organica talora significativa; localmente rimaneggiato. Colore grigio bruno
Livello geotecnico intermedio	
1,5 – 9,0	Ghiaia più o meno ciottolosa; ghiaia grossolana e ciottoli eterometrici con frazione limoso-sabbiosa ed intercalazioni di livelli sabbiosi.
Livello geotecnico inferiore	
9,0 – 30,0	Limo sabbioso-argilloso; argilla limosa; sabbia ghiaioso-limosa, in intercalazioni di potenza da pluridecimetrica a metrica

Tabella 5: assetto litotecnico locale.

4.2 – VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per la normalizzazione dell'indice N_{SPT} ci si è ricondotti alla procedura ordinaria, che prevede la correzione del dato ottenuto in sito attraverso un coefficiente riferito ad un rendimento effettivo del dispositivo di infissione rispetto a quello teorico; tra i vari metodi proposti, si veda Ghionna V.N. & Robertson P.K. 1987:

$$N_{60} = \frac{ER_{IM}}{60} \cdot N_{SPT}$$

Con riferimento al rendimento medio del sistema penetrometrico, nello sviluppo del procedimento si è assunto $ER_{IM} = 60\%$.

Il valore normalizzato di N_{60} per la tensione verticale agente σ_v è dato da:

$$N'_{60} = C_N \cdot N_{60}$$

con C_N definito secondo Skempton, 1986 in funzione della granulometria del materiale. L'analogia relazione proposta da Liao e Whitman, 1986:

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma_{v0}} \right)^{0.5}$$

porta a risultati strettamente confrontabili. Applicando tali correzioni, il dato penetrometrico risulta dipendere unicamente dalle caratteristiche del mezzo esaminato.

È per altro utile ricordare che ciascun terreno segue percorsi degli sforzi efficaci diversi (ovvero, ciascun terreno ha una sua propria storia) ed i risultati della prova penetrometrica possono essere correlati solo empiricamente con le specifiche proprietà del terreno in sito (Jamiolkowsky et al., 1985); inoltre, tali correlazioni empiriche sono usualmente riferite a materiali omogenei fini e, pertanto, la loro trasposizione a materiali con diversa granulometria comporta un certo grado di imprecisione.

Nell'elaborare i valori penetrometrici, il dato comprendente il "rifiuto" è stato interpretato come $N_{SPT}=70$ (in terreni ghiaioso-ciottolosi tale scelta è opportuna e conservativa).

In assenza di riscontri di laboratorio il peso di volume nominale dei materiali è stato assegnato alla luce dell'esperienza, suffragata dai dati disponibili nella bibliografia tecnica. In particolare, con riferimento alle caratteristiche granulometriche ed allo stato di addensamento si è assunto un valore di riferimento pari a $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$ per il livello superiore e di $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ per quello intermedio.

La debolissima plasticità riscontrata sui campioni a maggior tenore di argilla del livello geotecnico superiore porta a considerare un minimo effetto di resistenza coesiva che, per altro, va riferita ad una "pseudo-coesione", attiva unicamente a breve termine e tale da annullarsi in presenza di acqua. Per tale motivo, conservativamente, tale contributo è stato trascurato.

Per quanto riguarda le prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio si hanno le seguenti correlazioni:

Sondaggio S1						
Prof. m	γ' kN m^{-3}	σ_v kPa	N_{SPT}	N'_{60}	D_R %	$\phi'p$ gradi
3,0	19,0	42,3	70*	86	100	46
6,0	19,0	69,9	25	28	65	41
9,0**	19,0	97,4	7	7	36	33

Tabella 6: interpretazione delle prove penetrometriche SPT nel foro di sondaggio S1.

Attraverso i valori nominali individuati in precedenza viene definito il *valore caratteristico* dei parametri geotecnici di base, inteso come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite e, operativamente, riferito al frattile 5% della popolazione (Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 14/01/2008 e Eurocodice 7-UNI ENV 1997-1/2/3).

La procedura è stata applicata unicamente alla resistenza al taglio, poiché, per quanto riguarda il peso di volume, costituendo una grandezza con basso coefficiente di variazione (COV%= 0-10 secondo LACASSE & NADIM, 1966), si assumono come caratteristici i relativi valori nominali riportati in precedenza.

Livello	Intervallo (m dal p.c.)	Materiale	γ_K [kN m ⁻³]	c_K [kPa]	ϕ'_K picco
superiore	0,0 – 1,5	<i>Limo sabbioso debolmente argilloso con frazione organica talora significativa, localmente rimaneggiato. Colore grigio bruno.</i>	17	0,0	31°
intermedio	1,5 – 9,0	<i>Ghiaia più o meno ciottolosa; ghiaia grossolana e ciottoli eterometrici con frazione limoso-sabbiosa ed intercalazioni di livelli sabbiosi.</i>	19	0,0	42°

Tabella 7: parametri geotecnici caratteristici relativi alla successione litotecnica individuata.

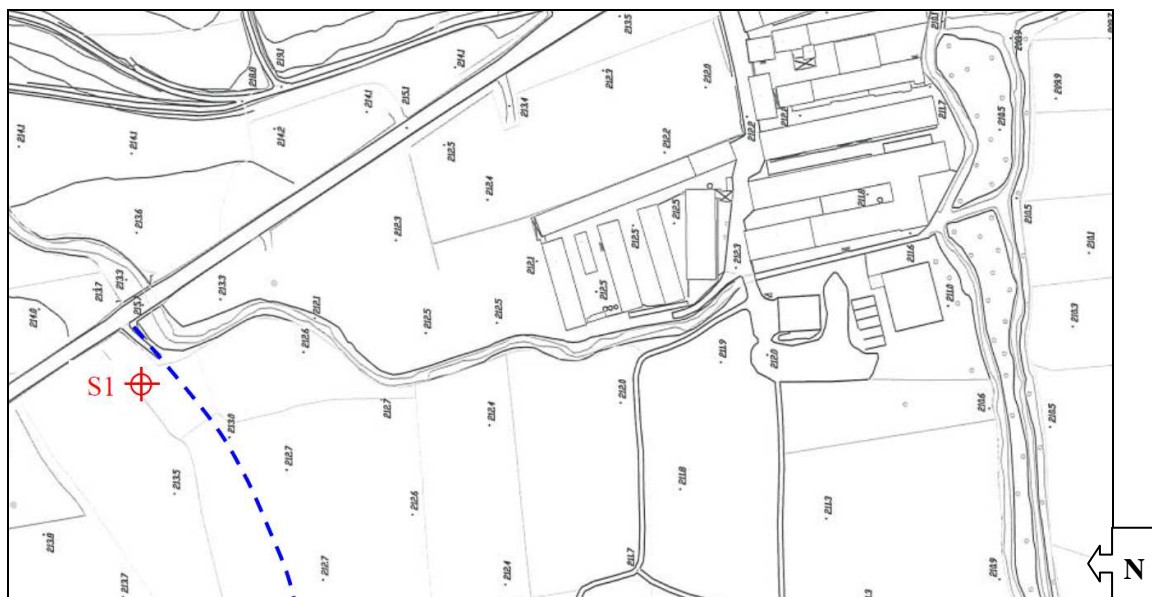
COM.	COMUNE DI MONTANARO	DOC. B16D04-ESE-B2-00.doc
OGG.	LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD – PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO	
DES.	RELAZIONE GEOLOGICA, DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DI INQUADRAMENTO SISMICO	
		PAG. 14

ALLEGATI

UBICAZIONE SONDAGGIO

GEOGNOSTICO DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

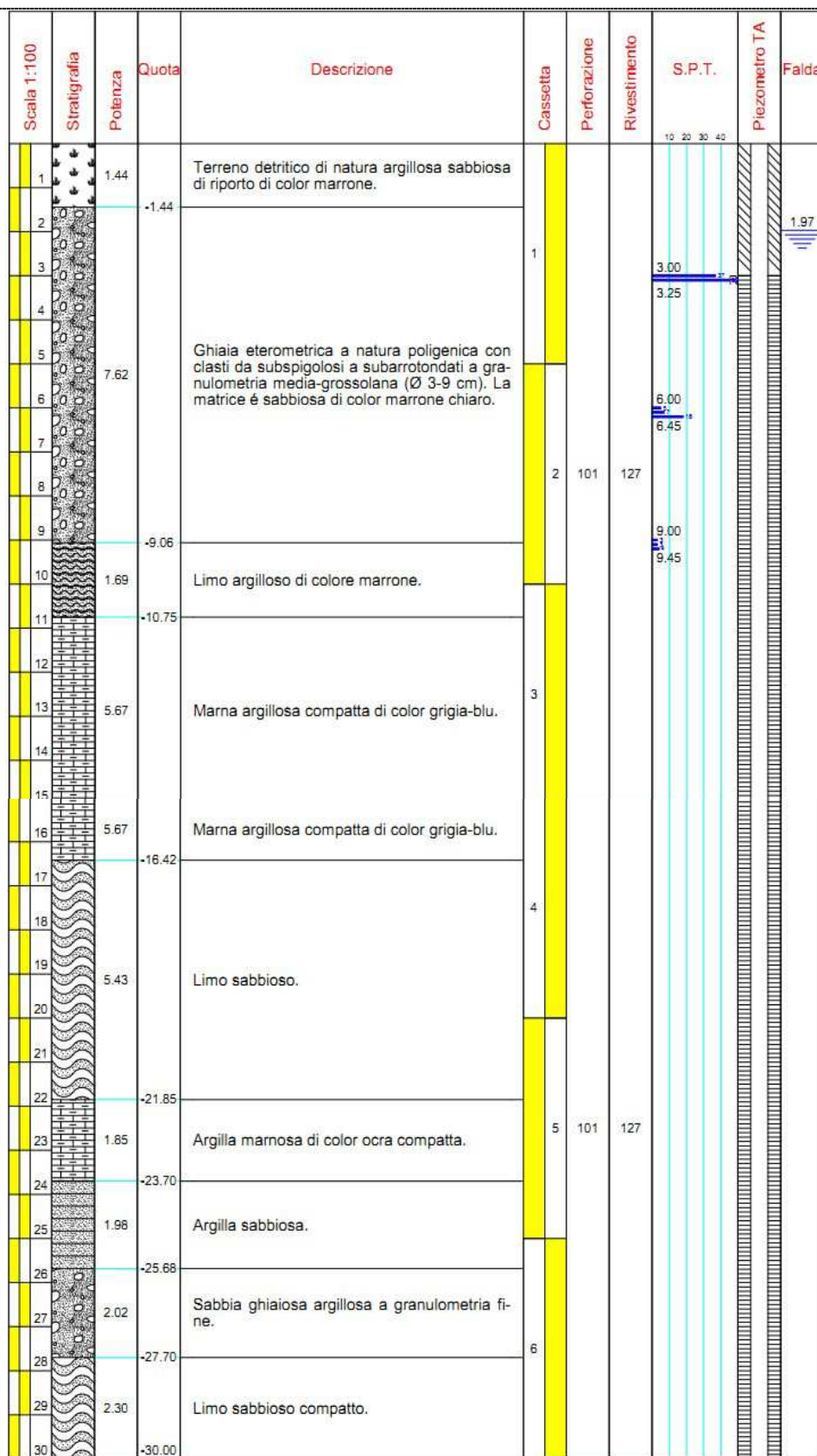
STRATIGRAFIA



Ubicazione sondaggio geognostico S1 (da elaborati di progetto 3° lotto).



Sondaggio geognostico S1 attrezzato con piezometro a tubo aperto (da elaborati di progetto 3° lotto).



Stratigrafia sondaggio geognostico S1 (da elaborati di progetto 3° lotto).



Cassette catalogatrici relative al sondaggio S1 (da elaborati di progetto 3° lotto).