

COM.



COMUNE DI MONTANARO

OGG.

LAVORI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA CON REALIZZAZIONE DI CANALE SCOLMATORE NORD - 3° LOTTO

PROGETTO ESECUTIVO

DES.

RELAZIONE

GEOLOGICA

DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI INQUADRAMENTO SISMICO

FASE	ID	REV.
ESE	B3	00

GRUPPO DI LAVORO :

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

Dott. ing. Daniela Fornero
(Mandante)

Dott. ing. Davide Enrione
(Mandante)



GEOENGINEERING
Associazione tra professionisti
via Cibrario, 68 10144 Torino
Dott. geol. Alberto Strona
(Mandante)

00	15/05/2015	PRIMA EMISSIONE		AS		GPE		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. 2U301-2R303 B10D03	COPIA CONTROLLATA ☐ NON CONTROLLATA ☐	DOC. B12D07-ESE-B3-00				

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

INDICE

SEZIONE I - GEOLOGIA

1.0. GEOLOGIA E LITOLOGIA	5
1.1. UNITA' QUATERNARIE	5
1.2. UNITA' PREQUATERNARIE	6
1.3. SUCCESSIONE LITOLOGICA NELL'AREA DI PROGETTO	6
2.0. GEOIDROLOGIA	7
2.1. ASPETTI GENERALI	7
2.2. RILIEVI PIEZOMETRICI NEL SITO DI PROGETTO	9
2.3. INTERFERENZE INDOTTE SU POZZI LIMITROFI	11
3.0. PROPENSIONE AL DISSESTO ED ELEMENTI CONDIZIONANTI	13
4.0. VINCOLI GEOLOGICI E CLASSIFICAZIONE DI PRGC	14
5.0. SINTESI GEOLOGICA	15
6.0. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELL'INTERVENTO	16

SEZIONE II - INTERPRETAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

1.0. VALORE DEI PARAMETRI GEOTECNICI FONDAMENTALI	17
1.1. MATERIALI GEOTECNICI	17
1.2. FALDA IDRICA	18
2.0. VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI	18
2.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE - Criteri di normalizzazione	19
• CORRELAZIONE TRA N_{SCPT} E N_{SPT}	19
• NORMALIZZAZIONE DEL DATO PENETROMETRICO	19
2.2. VALORE NOMINALE DEI PARAMETRI GEOTECNICI FONDAMENTALI	20
• PESO DI VOLUME	20
• DENSITA' RELATIVA	20
• COESIONE	21
• RESISTENZA AL TAGLIO	21
2.3. VALORE CARATTERISTICO DEI PARAMETRI GEOTECNICI FONDAMENTALI	24
• SINTESI DEI VALORI	24

SEZIONE III- ASPETTI SISMICI

1.0. CLASSIFICAZIONE SISMICA	28
1.1. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	28
1.2. CATEGORIA DI SUOLO	29
1.3. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	29
1.4. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	29



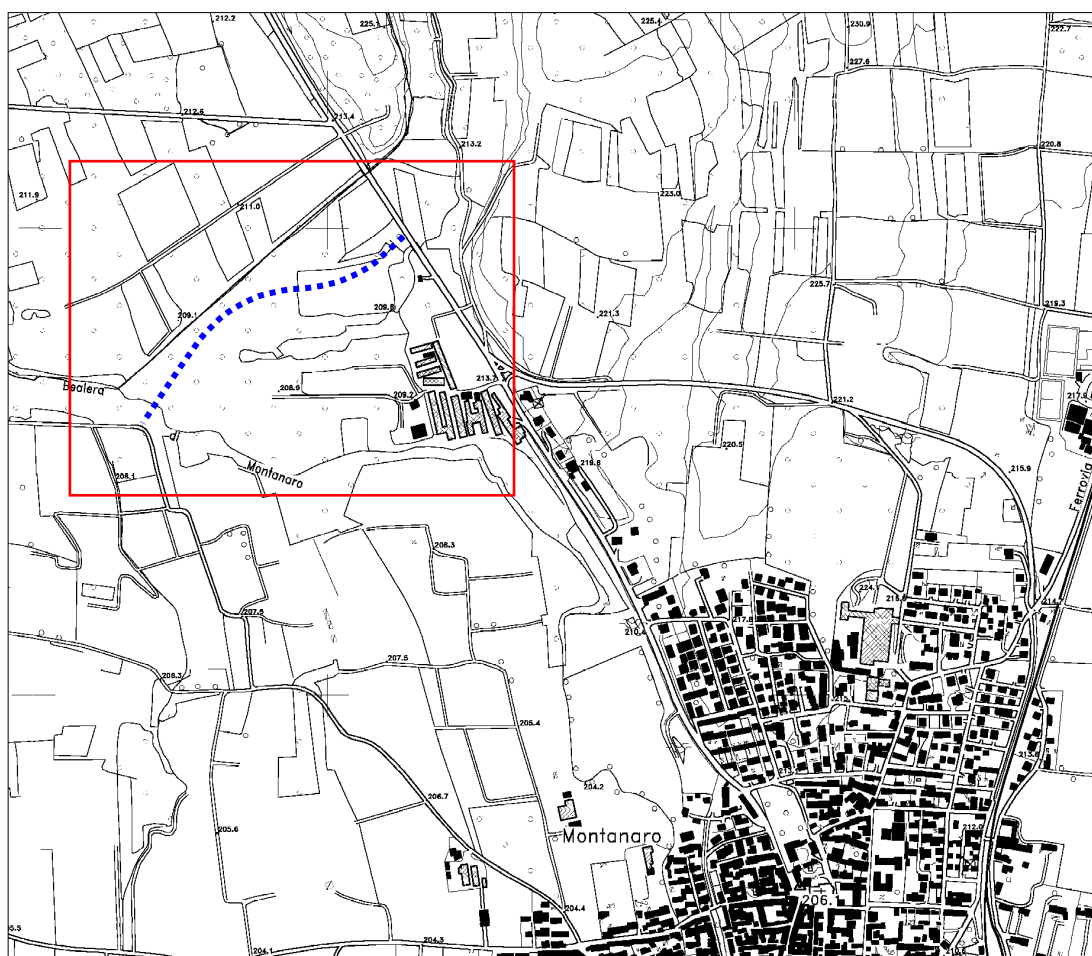
PREMESSA

Il 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. Davide Enrione (Mandante), Dott. ing. Daniela Fornero (Mandante), Geoengineering associazione tra professionisti nella persona del Dott. geol. Alberto Strona (Mandante), di redigere il **Progetto esecutivo** dei “**Lavori di sistemazione idrogeologica con realizzazione di canale scolmatore nord – 3° lotto**”, di cui il presente elaborato comprende le relazioni:

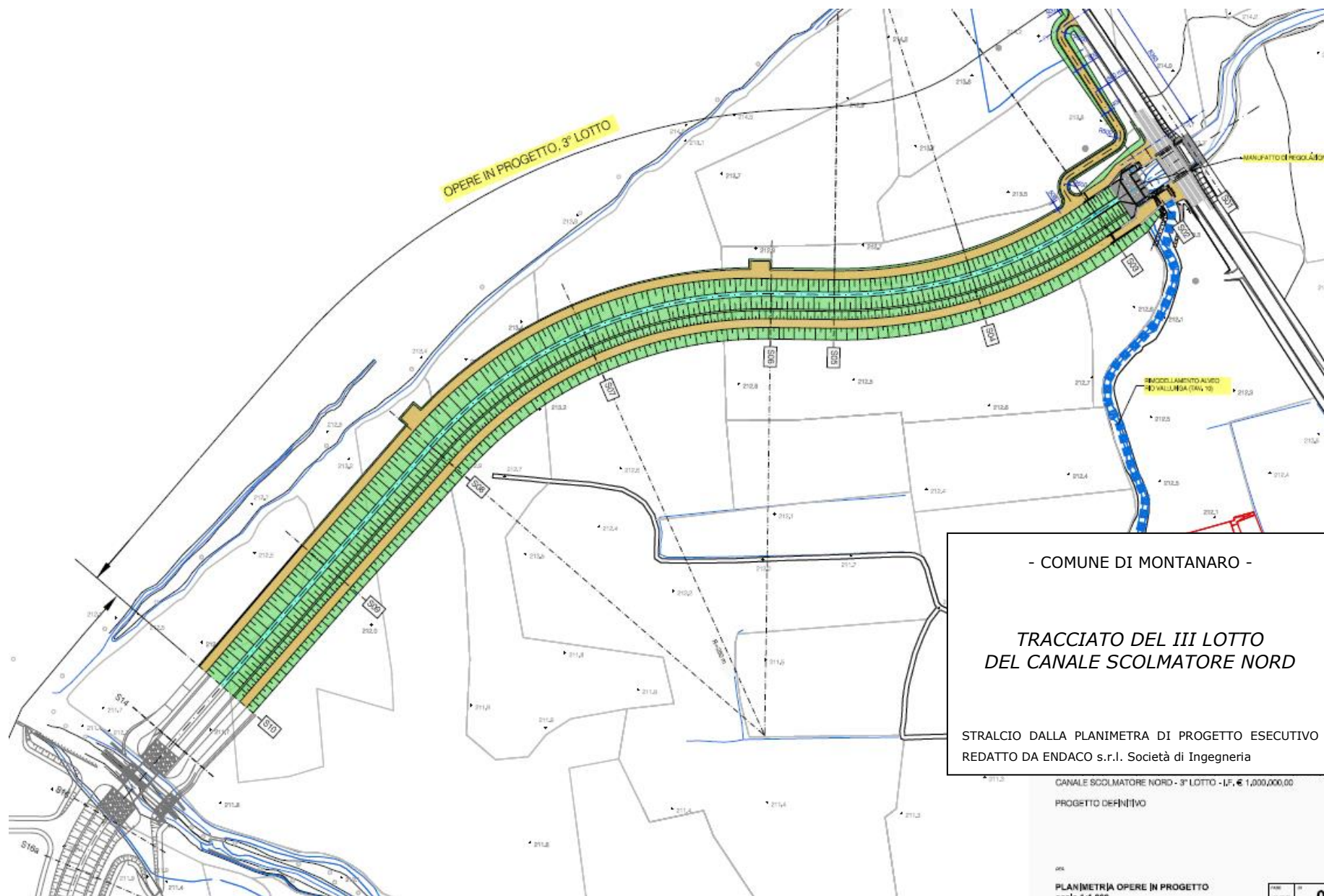
- **Geologica**
- **Di interpretazione delle indagini geognostiche**
- **Di inquadramento sismico**



Il canale scolmatore in progetto interesserà un settore di pianura che si estende a Nord Ovest del nucleo urbano principale di Montanaro, sotteso dalla Bealera di Montanaro, dalla Gora Reirola, da Rio Denoglia e dal Rio Vallunga.



- Inquadramento topografico e tracciato dello scolmatore in progetto -
Base tratta dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 (ridotta)



Sez. I - GEOLOGIA

1.0. GEOLOGIA E LITOLOGIA

Come documento di base per la definizione del quadro geologico del settore di progetto ci si è riferiti al F° 56 "Torino", II edizione, della Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:100.000 che, sebbene ormai datato, costituisce il riferimento geologico ufficiale per l'area di studio.

Le informazioni attinte sono state verificate ed integrate alla luce di rilievi diretti e di dati di letteratura, per la maggior parte inediti.

Va inoltre specificato che l'ambito risulta già noto nei suoi caratteri geologici di base in seguito alle indagini generali condotte in momenti differenti da questo Studio nel territorio di Montanaro.

1.1. UNITA' QUATERNARIE

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".



1.2. UNITA' PREQUATERNARIE

Come evidenziato dalla stratigrafia di un sondaggio meccanico eseguito il fase di indagine preliminare, 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.

1.3. SUCCESSIONE LITOLOGICA NELL'AREA DI PROGETTO

Si riporta la descrizione dei materiali che costituiscono il substrato del sito di progetto alla luce delle stratigrafie derivanti da due pozzetti esplorativi eseguiti con escavatore meccanico (PG1- PG2), e da un sondaggio a rotazione con carotaggio continuo (S1), la cui ubicazione è riportata nella tavola allegata.

Pozzetto PG1	
da m a m dal p.c.	litologia
0,0 – 0,6	<i>Limo argilloso con frazione organica; colore grigio</i>
0,6 – 3,5	<i>Ghiaia più o meno ciottolosa con frazione limoso-sabbiosa; colore grigio</i>
Pozzetto PG2	
da m a m dal p.c.	litologia
0,0 - 0,3	<i>Materiali di riporto o rimaneggiati</i>
0,3 - 0,8	<i>Limo argilloso, con frazione organica significativa; colore grigio</i>
0,8 - 1,1	<i>Ghiaia più o meno ciottolosa con frazione limoso-sabbiosa, di colore grigio</i>
1,1 – 1,7	<i>Sabbia fine limosa, debolmente ghiaiosa, di colore grigio-bruno</i>
1,7 – 3,5	<i>Ghiaia grossolana e ciottoli eterometrici, con frazione fine sabbioso-limosa</i>
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 ocraceo</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>

Alla luce di quanto sopra si espone la seguente stratigrafia sintetica, rappresentativa per



l'area di progetto:

Successione litologica rappresentativa del sito di progetto	
da m a m dal p.c.	litologia
0,0 - 1,0 (media)	<i>Limo argilloso; colore grigio o grigio-bruno. Locale presenza di frazione organica (resti vegetali)</i>
1,0 - 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>

2.0. GEOIDROLOGIA

2.1. ASPETTI GENERALI

Per la definizione del quadro geoidrologico generale si è fatto ricorso alla bibliografia ed alla documentazione tecnica disponibile, con particolare riferimento per gli elaborati geologici del vigente Piano Regolatore Generale della Città di Montanaro.

Le unità alluvionali-fluvioglaciali quaternarie comprendono una falda idrica di tipo libero ("falda freatica") veicolata da un acquifero con natura ghiaioso-ciottoloso-sabbiosa il cui limite inferiore, con criterio litostratigrafico, viene fatto corrispondere all'esordio delle sequenze ad alternanze complessivamente poco permeabili in facies Villafranchiana ⁽¹⁾.

A sua volta, il complesso "Villafranchiano", nei suoi livelli maggiormente permeabili funge da sistema acquifero multifalda, caratterizzato da circuiti idrici di tipo semiconfinato o, almeno a scala locale, confinato, delimitati da intercalazioni limoso-argillose che fungono da setti divisorii.

Alla luce di tale approccio, nell'ambito di progetto la documentazione ufficiale di riferimento colloca la base dell'acquifero freatico ad una quota assoluta compresa tra 185 e 190 m s.l.m.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.

¹ Regione Piemonte. Piano di Tutela delle Acque. Monografia B3 "Acque Superficiali" - Area MS05 Tav. 2 .



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. In via orientativa, nel settore ordinariamente si rileva una minima soggiacenza nei mesi tardo-primaverili ed autunnali e massima nella stagione estiva ed invernale.

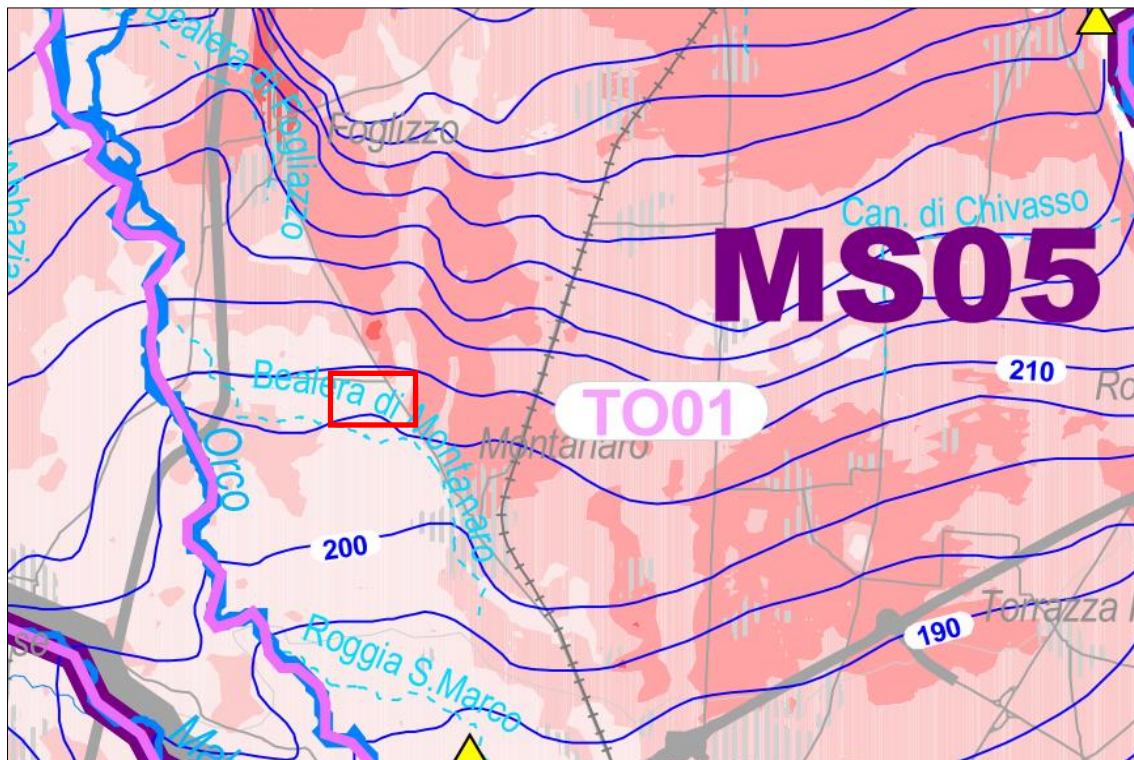


Fig. 1/I – Andamento piezometrico della falda idrica libera. E' indicato il settore di progetto
 Tratto da: Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte (2007)

Per quanto concerne la ricostruzione delle caratteristiche di profondità media e direzione della falda libera a livello territoriale si è consultata la documentazione fornita dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte ⁽²⁾.

Dallo stralcio di figura 1/I, nell'area di indagine si rileva una quota assoluta di falda compresa tra le isopiezometriche 205 e 210 m s.l.m.m. a cui, con riferimento alle quote altimetriche locali, corrisponde un valore di soggiacenza di 2-3 m dal p.c.

Come ulteriore documento si cita la Tavola P/G4 "Carta dell'andamento e della profondità della falda idrica libera" degli elaborati di PRGC del Comune di Montanaro, redatta da

² Regione Piemonte. Piano di Tutela delle Acque. Monografia B3 "Acque Superficiali" - Area MS05 Tav.3 .

questo Studio sulla base di rilievi piezometrici, in cui viene sostanzialmente confermato il dato di soggiacenza ⁽³⁾.

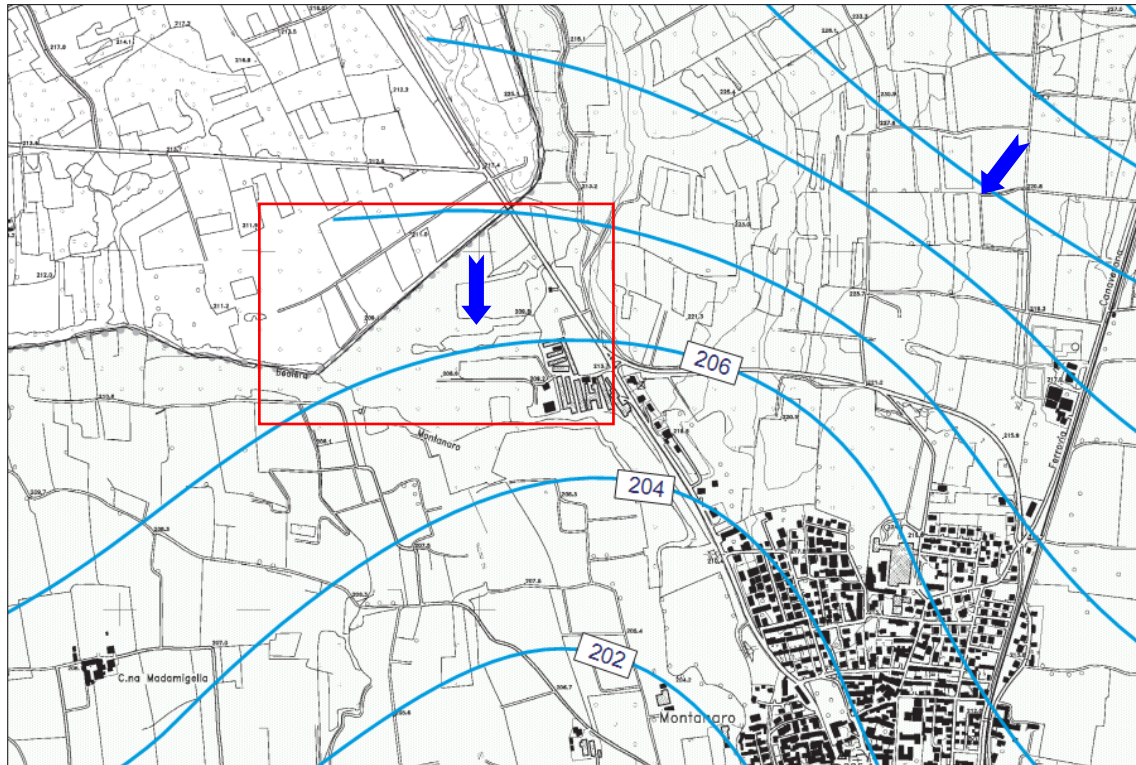


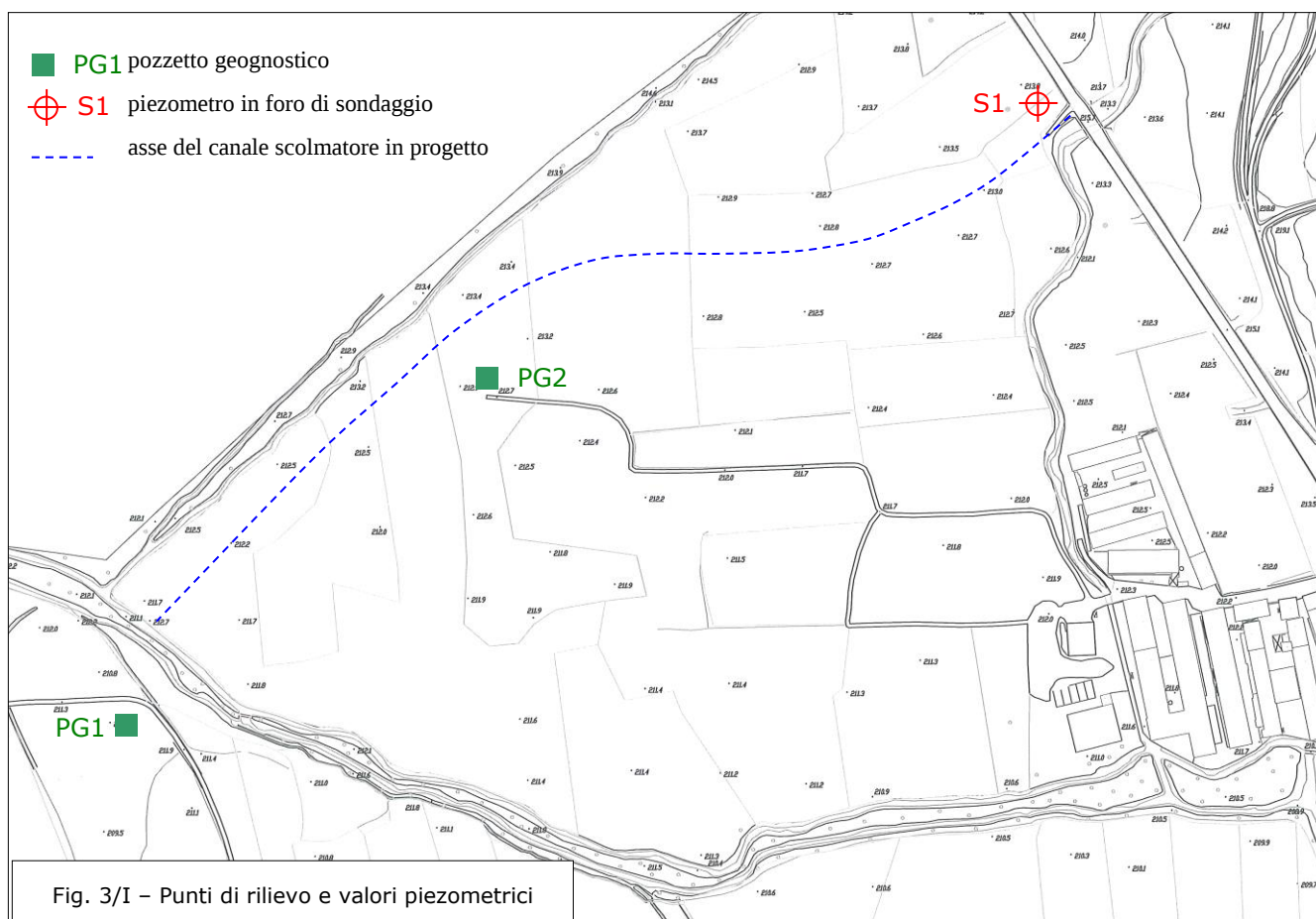
Fig. 2/I – Isopiezometriche della falda idrica libera e direzione di deflusso. E' indicato il settore di progetto
 Tratto da: Elaborati di PRGC del Comune di Montanaro

La figura 2/I riporta un estratto dalla tavola citata che evidenzia, inoltre, la direzione di deflusso della falda idrica. A tale proposito, la configurazione definita dall'andamento delle linee isopiezometriche mostra una rotazione nella direzione di flusso dal quadrante orientale a quello occidentale, verosimilmente per condizionamenti morfo-strutturali connessi alla transizione tra il settore dei terrazzi fluvio-glaciali (ad E) e la pianura (a W).

2.2. RILIEVI PIEZOMETRICI NEL SITO DI PROGETTO

La tabella in figura 3/1 riporta il valore di soggiacenza registrato attraverso rilievi piezometrici diretti.

³ Con riferimento alle quote altimetriche riportate nella Carta Tecnica Regionale



Punto di misura	Quota p.c. (m s.l.m.m.)	Soggiacenza (m dal p.c.)	Quota piezometrica (m s.l.m.m.)	Data misura
PG1	211,9	-1,5	210,4	Giugno 2007
PG2	212,7	-1,2	211,5	Giugno 2007
S1	213,8	-1,97	211,80	Luglio 2010
		-2,12	211,68	Ottobre 2012
		-2,05	211,75	Novembre 2012
		-2,11	211,69	Dicembre 2012
		-2,15	211,65	Gennaio 2013
		-2,12	211,68	Febbraio 2013
		-2,07	211,73	Marzo 2013
		-2,02	211,78	Aprile 2013
		-2,01	211,79	Maggio 2013
		-1,96	211,84	Giugno 2013
		-1,98	211,82	Luglio 2013
		-1,98	211,82	Agosto 2013
		-2,03	211,77	Settembre 2013

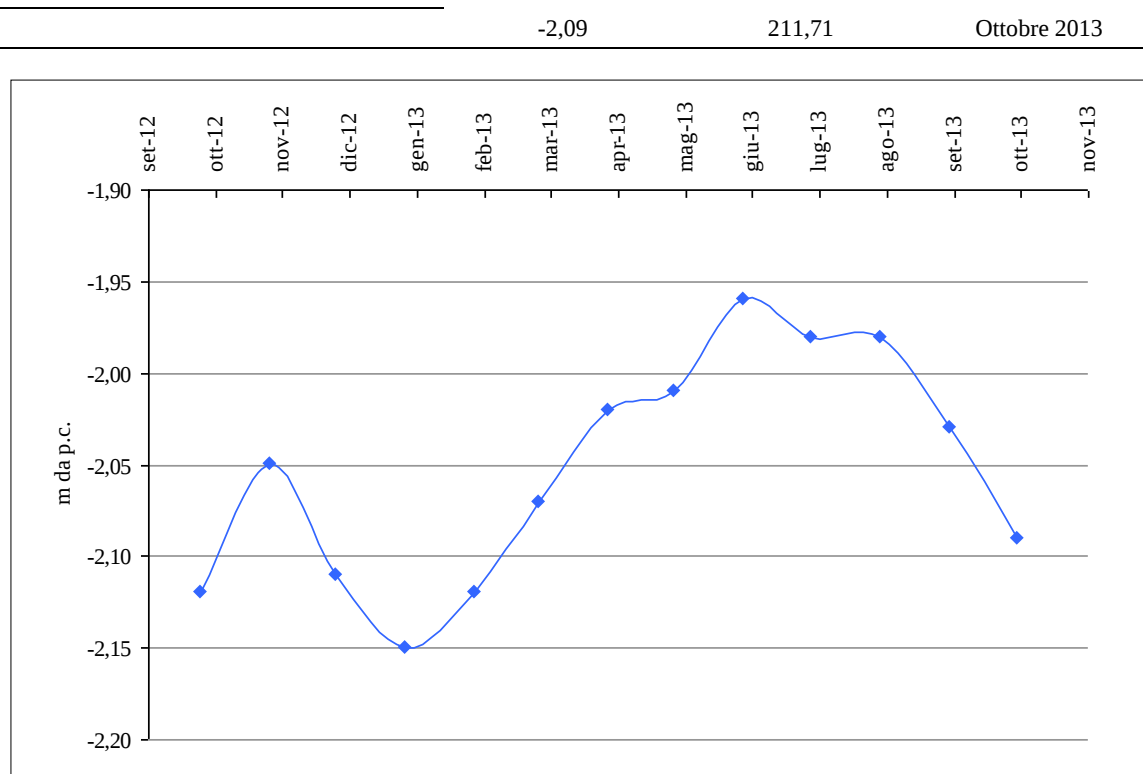


Fig. 4/I – Andamento piezometrico della falda libera nel periodo Ottobre 2012 – Ottobre 2013
 (rilievi eseguiti nel piezometro S1)

Le misure individuano un valore medio di soggiacenza molto basso, ovvero una falda idrica prossima al piano di campagna.

La quota piezometrica varia in relazione al regime stagionale della falda, con oscillazioni che, alla luce della serie di misure rilevate, si stimano dell'ordine di $\pm 0,1$ m rispetto ad un valore medio annuo assunto pari a 2,05 m dal piano di campagna.

Per quanto concerne i rapporti idrodinamici intercorrenti tra il Rio Vallunga e l'idrostruttura, in base a considerazioni di tipo altimetrico si deve ritenere che il corso d'acqua svolga, nel complesso, un ruolo alimentante.

2.3. INTERFERENZE INDOTTE SU POZZI LIMITROFI

L'opera di captazione in falda libera maggiormente prossima al canale scolmatore in progetto è rappresentata dal pozzo della Ditta Salumificio Viber s.r.l..

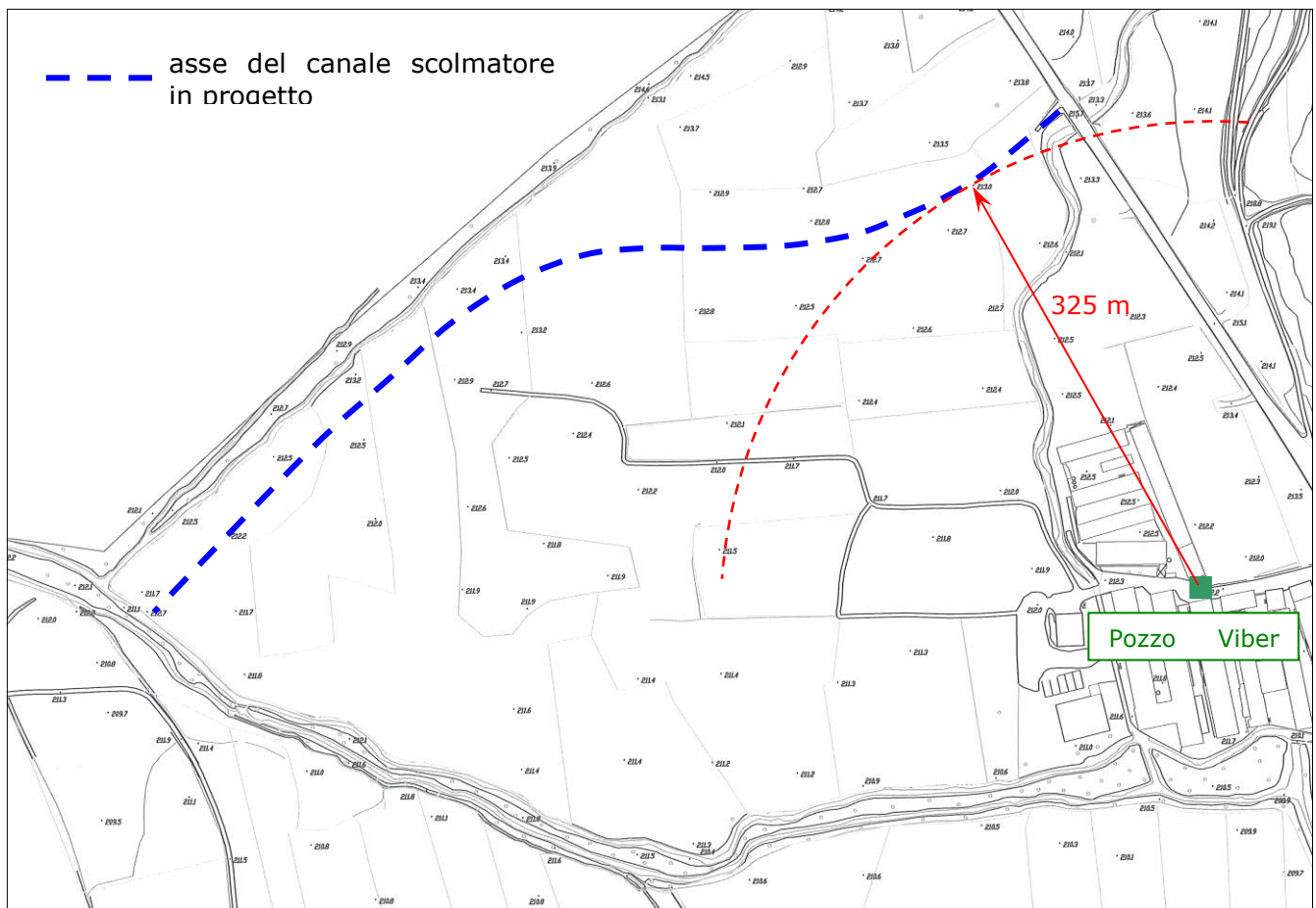
Caratteristiche del pozzo Ditta Salumificio Viber S.r.l.:

- Codice Catasto Prelievi e Scarichi Idrici

P12855



- Ubicazione	Comune di Montanaro Foglio 6 particella 174
- Destinazione	Produzione beni e servizi
- Profondità da piano di campagna	26,1 m
- Portata massima istantanea	2,0 l
- Volume annuo massimo estraibile	300 m ⁻³
- Distanza minima del pozzo dall'asse del canale scolmatore	325 m



Ubicazione del pozzo Ditta Salumificio Viber s.r.l.

Al fine di valutare l'eventuale interferenza generata sul pozzo in seguito al drenaggio della falda idrica operato dal canale scolmatore viene calcolato il raggio di influenza R dell'opera, ossia la distanza sino alla quale si risente in modo apprezzabile della perturbazione indotta dall'emungimento della falda.

Trattandosi di acquifero libero è possibile utilizzare la relazione semiempirica di Sichardt:



$$R = C \cdot \Delta h \cdot \sqrt{k}$$

dove:

R = raggio di influenza [m]

C = costante empirica che, nel caso della trincea drenante, assume valore compreso tra 1500 e 2000

Δh = depressione piezometrica indotta dal drenaggio della falda [m]

K = conducibilità idraulica dell'acquifero [m s⁻¹]

Pertanto, ponendo cautelativamente:

C = 2000

Δh = 1 m

k = 10⁻³ m s⁻¹ (valore caratteristico di ghiaie sabbiose)

si ricava un valore del raggio di influenza R = 63,2 m.

Poichè R è molto inferiore alla distanza minima intercorrente tra il pozzo ed il canale in progetto, il drenaggio della falda non comporterà alcuna interferenza con il pozzo della Ditta Salumificio Viber S.r.l., pur tenendo in conto dell'ampiezza del cono di depressione conseguente all'emungimento della falda da parte del pozzo medesimo.

3.0. PROPENSIONE AL DISSESTO ED ELEMENTI CONDIZIONANTI

L'andamento pianeggiante del sito esclude la possibilità di innesco di processi di dissesto gravitativo.

Per quanto riguarda i riflessi legati alla dinamica della rete idrica, si espongono le seguenti considerazioni:

- Il sito non è inondabile da parte del T.Orco.
- In occasione dell'evento alluvionale del Novembre 1994 (quello maggiormente significativo per il contesto territoriale in cui l'area si colloca), l'ambito è stato estesamente interessato da spagliamento di acque a bassa energia e con tirante di ordine decimetrico, in seguito alla tracimazione di elementi della rete idrica artificiale e della rete naturale secondaria.

La fig. 5/I riporta uno stralcio dalla "Carta del Dissesto" (Tav P/G5) del PRGC vigente.



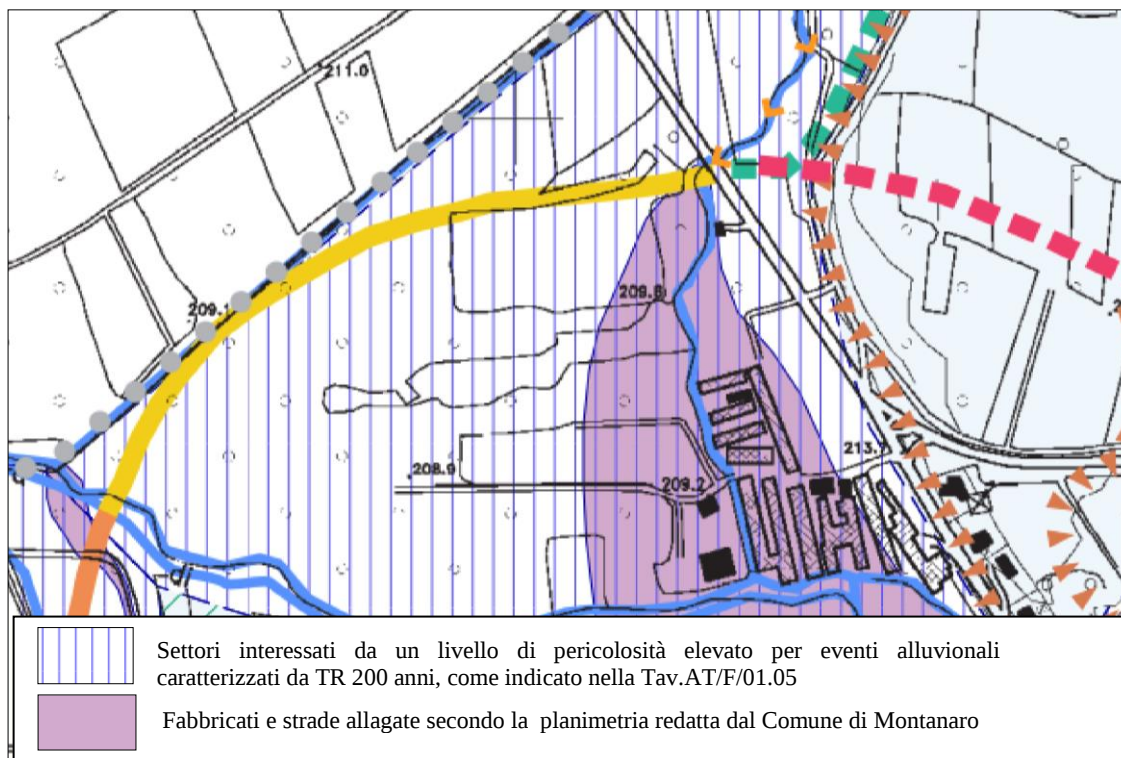


Fig. 5/I – Estratto dalla "carta del dissesto" del PRGC vigente del Comune di Montanaro

4.0. VINCOLI GEOLOGICI E CLASSIFICAZIONE DI PRGC

L'area non è soggetta a vincoli a carattere geologico. In particolare, non è sottoposta a vincolo per scopi idrogeologici (R.D.L. 30/12/1923, n. 3267 e L.R. 9/8/1989, n. 45).

La "Carta di Sintesi della propensione al dissesto e dell'idoneità all'uso urbanistico" di PRGC colloca l'area in esame nella Classe IIIa2, ossia, tra i "Settori caratterizzati da pericolosità geologica – Settori potenzialmente interessati dalla dinamica dei corsi d'acqua" soggetti alla seguente norma "Ambiti ineditati non idonei ad ospitare nuove edificazioni".

Gli elementi della rete idrografica naturale minore ed artificiale sono sottoposti ad una fascia di salvaguardia di ampiezza pari a 25 m da entrambe le sponde. Si rimanda agli elaborati di PRGC per ulteriori precisazioni.



5.0. SINTESI GEOLOGICA

Alla luce di quanto sopra si espone il seguente modello geologico di riferimento per il sito di progetto:

– **Morfologia** – Il sito si estende in corrispondenza di un settore pianeggiante modellato alla sommità del corpo sedimentario alluvionale del T.Orco, che si innesta verso Est ad un sistema di rilievi terrazzati di origine fluvioglaciale.

– **Litologia** – Si individuano due unità :

– Unità superiore - estesa sino alla profondità massima riscontrata di circa 9 m dal piano di campagna. E' rappresentata da prevalenti ghiaie ciottolose sabbioso-limose con intercalazioni sabbiose, con locale contenuto di materiali organici nella sua porzione sommitale. Alla sommità si estende una coltre limoso-sabbiosa, debolmente argillosa, di spessore decimetrico (generalmente inferiore al metro).

Deposti alluvionali del T.Orco e della rete minore, con coltre sommitale fine per decantazione in acque a bassa energia; locali livelli organici legati a contesti sartumoso-palustri (Olocene-Attuale)

– Unità inferiore - rilevata tra -9 e -30 m (profondità massima di indagine) ma estesa sino a profondità notevolmente maggiori (dato bibliografico). E' rappresentata da limi argillosi, argille limose, sabbie limose e ghiaie sabbioso-limose in intercalazioni da decimetriche a metriche. Il contatto con l'unità sovrastante è di tipo erosionale.

Sedimenti di piana alluvionale e di transizione (fluvio-deltizi) in facies "Villafranchiana" (Pliocene medio-inferiore).

– **Geoidrologia** – E' presente una falda idrica di tipo libero (falda freatica) caratterizzata da un valore di soggiacenza molto basso, compreso tra -1 e -2 circa dal piano di campagna. Tale falda è soggetta ad oscillazioni con andamento stagionale, in risposta alle modificazioni del regime di alimentazione per infiltrazione diretta.

– **Dissestabilità** – L'area è inondabile per lo spagliamento di acque a bassa energia con tirante di ordine decimetrico, in seguito alla tracimazione di elementi della rete idrica artificiale (rogge e canali) e della rete naturale secondaria.



6.0. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELL'INTERVENTO

Alla luce di quanto sopra si reputa l'intervento in progetto compatibile con il quadro geologico e di pericolosità idrogeologica locale.

La presenza di una falda idrica libera molto superficiale e soggetta ad oscillazione a carattere stagionale costituisce un elemento di criticità, e richiede specifica considerazione progettuale.

In particolare, l'esame dei rapporti altimetrici tra il fondo del canale in escavazione e le quote di falda evidenzia che l'opera può intercettare la superficie pezometrica, almeno localmente ed in condizioni di massima escursione positiva della falda stessa.

Si prescrive che in fase di scavo per la realizzazione dell'opera venga condotta una verifica diretta della rispondenza della situazione riscontrata con quanto riportato nel modello geolitologico e geoidrologico concettuale.



Sez. II – INTERPRETAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

1.0. VALORE DEI PARAMETRI GEOTECNICI FONDAMENTALI

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 ⁽⁴⁾:

- 2 pozzetti geognostici con escavatore meccanico approfonditi a circa -3,5 m dal piano di campagna (PG1-PG2)
- 3 prove penetrometriche dinamiche SCPT-DPHS spinte sino al raggiungimento del "rifiuto" (SP1-SP2-SP3)
- 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, strumentato con piezometro a tubo aperto (S1)

I punti di prova sono stati ubicati in relazione all'andamento del tracciato di progetto ed all'accessibilità dei luoghi; collocazione, profondità e caratteristiche del sondaggio meccanico sono state definite a cura del progettista dell'opera.

1.1. MATERIALI GEOTECNICI

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

Con riferimento al comportamento geotecnico, già dalla natura litologica dei materiali è possibile individuare il seguente modello a tre livelli:

- Livello superiore : materiali granulari prevalentemente fini (limoso-sabbiosi), localmente rimaneggiati, sciolti, non coesivi o dotati di debole coesione (pseudocoazione) 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

⁴ Poichè significativa ai fini di caratterizzazione geotecnica dei materiali, si è considerata anche una tra le prove condotte in ambito del progetto del II lotto del canale scolmatore (pozzetto geognostico PG1 e prova penetrometrica dinamica SP1).



dotati di debole pseudocoazione, caratterizzati da omogeneità compositiva sia in senso verticale che orizzontale.

- Livello inferiore : materiali granulari complessivamente fini (limo e limo argilloso e subordinate sabbie limose), pseudocoativi nelle frazioni maggiormente grossolane e debolmente coesivi in quelle più fini, caratterizzati da variabilità compositiva verticale e spiccata disomogeneità areale, per eteropie ⁽⁵⁾ (bassa correlabilità laterale).

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

1.2. FALDA IDRICA

I rilievi piezometrici diretti eseguiti in date diverse riscontrano una condizione di superficialità della falda idrica, che nel sito si attesta a tra -1 e -2,5 m di profondità dal piano di campagna (si veda la il capitolo "Geoidrologia" della Sezione "Geologia").

L'esame dei rapporti altimetrici tra il fondo del canale in escavazione e le quote di falda evidenzia che l'opera può intercettare la superficie peizometrica, almeno localmente ed in condizioni di massima escursione positiva della falda stessa.

2.0. VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Quanto segue è riferito unicamente ai materiali costituenti il livello geotecnico superiore ed intermedio, per i quali sono disponibili riscontri da prove dirette in sito.

Per altro, date le caratteristiche delle strutture in progetto (canale scolmatore ed opere

⁵ Da informazioni già disponibili per tale complesso litologico



accessorie) è possibile verificare che alla profondità del livello geotecnico inferiore gli incrementi di carico indotto siano pressochè trascurabili. Pertanto il livello geotecnico inferiore non è sostanzialmente coinvolto nella dissipazione delle tensioni applicate, con quanto ne consegue in termini di riflessi sulla capacità portante e sull'entità del cedimento indotto.

Il livello superiore e quello intermedio sono geotecnicamente riconducibili a materiali eterogranulari medio grossolani (sabbia-ghiaia-ciottoli) e granulari fini (limo e limo argilloso), privi di coesione o dotati di debole coesione attiva unicamente a breve termine. Il contesto va quindi considerato come un "sistema aperto", tale da consentire la dissipazione in tempi relativamente rapidi delle sovrappressioni interstiziali indotte dall'applicazione di un carico, e può essere descritto in termini di tensioni efficaci.

2.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE - Criteri di normalizzazione

- *CORRELAZIONE TRA N_{SCPT} E N_{SPT}*

Dalle analisi comparative disponibili in letteratura ⁽⁶⁾ tra i risultati della prova SCPT-DPSH e la prova penetrometrica standard in foro SPT risulta applicabile la seguente relazione:

$$N_{SPT} \cong 1,7 N_{SCPT}$$

alla quale ci si è attenuti nell'interpretazione dei dati .

- *NORMALIZZAZIONE DEL DATO PENETROMETRICO*

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 ⁽⁷⁾ :

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

Con riferimento al rendimento medio del sistema penetrometrico, nello sviluppo del

⁶ CESTARI F. - *Le prove geotecniche in sito* - ed. Geo-Graph s.n.c., Segrate 1990

TISSONI A. - *La "prova SPT e SCPT" a confronto nei terreni fluvioglaciali della pianura torinese* - Geologia Tecnica, 4/87, Roma 1987

⁷ GHIONNA V.N. & ROBERTSON P.K. (1987) - *Capability of In Situ Testing* - XIII Ciclo di Conferenze di Torino - Torino

procedimento si è assunto $ER_{iM} = 60\%$; si veda Lo Presti e Puci, 2001 ⁽⁸⁾ .

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 ⁽⁹⁾:

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma_{v0}} \right)^{0,5}$$

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).

2.2. VALORE NOMINALE DEI PARAMETRI GEOTECNICI FONDAMENTALI

• PESO DI VOLUME

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.

• DENSITA' RELATIVA

La resistenza al taglio e la rigidezza di un terreno granulare dipendono dallo stato di addensamento del deposito (Terzaghi e Peck 1948), che può essere convenientemente

⁸ LO PRESTI D. & PUCI I., 2001 - *Impiego delle prove penetrometriche dinamiche per la caratterizzazione meccanica dei terreni* - XVIII Ciclo delle Conferenze di Geotecnica di Torino.

⁹ LIAO, S.S.C & WHITMAN, R.V., 1986 - *Overburden Correction Factors for SPT in Sand* - JGED-ASCE - Vol. 112 n° 3.



espresso attraverso il parametro della densità relativa D_r .

La dipendenza $N_{SPT} = f(D_r, \sigma_v)$ è nota sin dai primi lavori di Gibbs e Holtz (1957), così come la formulazione matematica di tale legame, che è stata esposta inizialmente da Meyerhof (1957) e sottoposta a revisione, nel tempo, da diversi altri autori.

In particolare, secondo Skempton (1986):

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{(A + B) \cdot \sigma_v}}$$

dove A e B assumono valori diversi in relazione alla granulometria. Tale relazione è stata utilizzata nel corso della presente indagine.

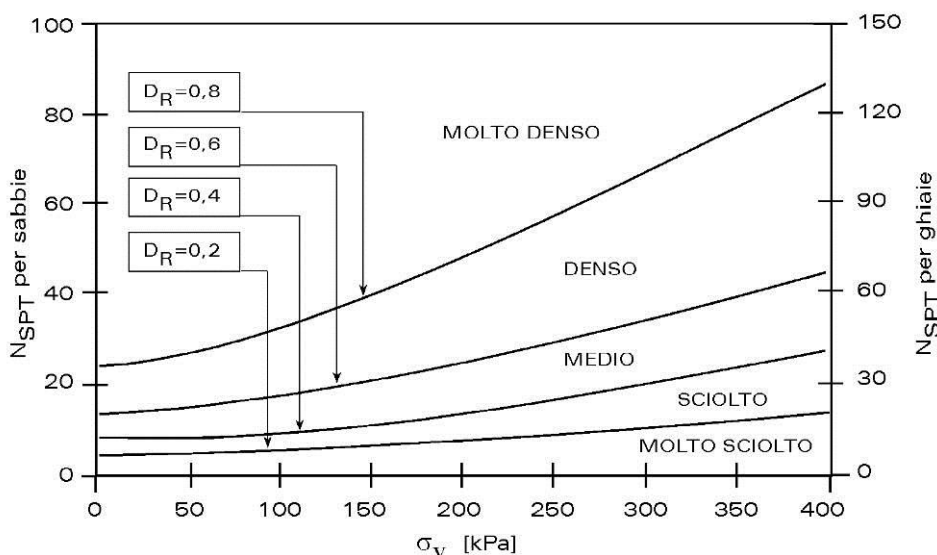


Fig.1/II – Relazione tra N_{SPT} e D_R (in Viggiani, 2000)

Va precisato che per materiali ghiaioso-ciottolosi le relazioni disponibili in letteratura tendono a sovrastimare D_r ; per essi è quindi opportuno utilizzare il valore minimo ottenuto attraverso le differenti relazioni disponibili.

- **COESIONE**

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.

- **RESISTENZA AL TAGLIO**

In assenza di dati di laboratorio è necessario ricorrere ad un procedimento indiretto per la

determinazione del valore "nominale" dell'angolo di resistenza al taglio.

E' stata pertanto utilizzata la relazione lineare tra ϕ' (di picco) e la densità relativa D_R (Schmertmann,1978; Bolton, 1986), che prevede l'inserimento di costanti dipendenti dalla granulometria del terreno.

Poichè la composizione granulometrica dei materiali non è perfettamente omogenea, i valori di N_{SPT} ottenuti lungo verticali diverse della medesima unità sono generalmente soggetti ad una certa variabilità e, inoltre, la presenza di ciottoli e ghiaia può determinare valori di N_{SPT} erratici.

Si riporta l'interpretazione delle prove SCPT secondo i criteri esposti in precedenza.

Prova SCPT/DPHS SP1							Prova SCPT/DPHS SP2						
Prof. m	N_{SPT}	γ' kN m ⁻³	σ_v kPa	N_{SPT}	D_R %	$\phi'p$ gradi	Prof. m	N_{SPT}	γ' kN m ⁻³	σ_v kPa	N_{SPT}	D_R %	$\phi'p$ gradi
0,3	17	17,0	5,1	29,8	101	42	0,3	1	17,0	5,1	1,8	25	31
0,6	11	17,0	10,2	19,3	80	39	0,6	2	17,0	10,2	3,5	34	33
0,9	4	17,0	15,3	7,0	47	35	0,9	1	17,0	15,3	1,8	23	31
1,2	30	19,0	22,8	52,5	100	45	1,2	3	19,0	22,8	5,3	33	38
1,5	40	19,0	28,5	70,0	100	46	1,5	15	19,0	28,5	26,3	73	42
1,8	30	19,0	31,3	52,5	100	45	1,8	30	19,0	31,3	52,5	100	45
2,1	34	19,0	34,0	59,5	100	45	2,1	34	19,0	34,0	59,5	100	45
2,4	50	19,0	36,8	87,5	100	48	2,4	40	19,0	36,8	70,0	100	46
2,7	63	19,0	39,5	110,3	100	49	2,7	55	19,0	39,5	96,3	100	48
3,0	72	19,0	42,3	126,0	100	50	3,0	60	19,0	42,3	105,0	100	49
							3,3	73	19,0	45,0	127,8	100	50

Prova SCPT/DPHS SP3						
Prof. m	N_{SPT}	γ' kN m ⁻³	σ_v kPa	N_{SPT}	D_R %	$\phi'p$ gradi
0,3	5	17,0	5,1	8,8	55	36
0,6	7	17,0	10,2	12,3	64	37
0,9	3	17,0	15,3	5,3	41	34
1,2	3	19,0	22,8	5,3	33	38
1,5	3	19,0	28,5	5,3	33	38
1,8	1	19,0	31,3	1,8	19	36
2,1	11	19,0	34,0	19,3	62	41
2,4	20	19,0	36,8	35,0	82	43
2,7	31	19,0	39,5	54,3	100	45
3,0	25	19,0	42,3	43,8	91	44
3,3	22	19,0	45,0	38,5	85	43
3,6	24	19,0	47,8	42,0	88	43
3,9	31	19,0	50,6	54,3	100	44
4,2	28	19,0	53,3	49,0	94	44
4,5	31	19,0	56,1	54,3	99	44
4,8	26	19,0	58,8	45,5	90	43
5,1	50	19,0	61,6	87,5	100	47
5,4	75	19,0	64,3	131,3	100	50



Per quanto riguarda le prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio:

Sondaggio S1						
Prof. m	γ' kN m ⁻³	σ_v kPa	N _{SPT}	N ₆₀	D _R %	ϕ' 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

* dove la prova ha dato "rifiuto" si è considerato un valore di N_{SPT} = 70

** la prova è stata eseguita in corrispondenza della sommità del terzo livello geotecnico

Tab. 1/II - Interpretazione del dato penetrometrico

Il grafico alla pagina seguente riporta la variazione del valore di resistenza al taglio di picco con la profondità di prova. Come prevedibile, la ripartizione in livelli geotecnici distinti in funzione della natura litologica dei materiali trova riscontro in una corrispondente variazione del valore di attrito.

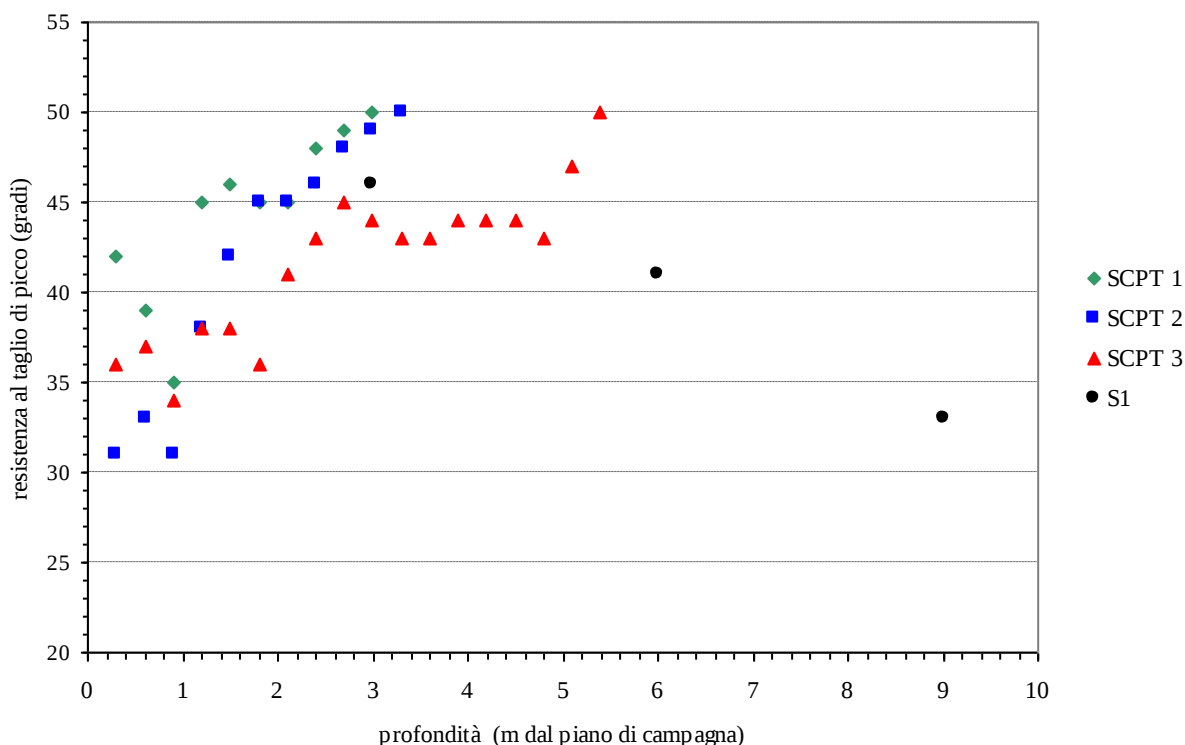


Fig. 2/II – Fluttuazione del valore di resistenza al taglio con la profondità



2.3. VALORE CARATTERISTICO DEI PARAMETRI GEOTECNICI FONDAMENTALI

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).

A tale scopo si è fatto ricorso alla seguente relazione:

$$X_K = \mu \pm t_{n-1}^{0,95} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \right)$$

dove:

X_K = valore caratteristico

μ = media del campione

N = numero degli elementi del campione

t = distribuzione di Student di ordine $n-1$ con livello di significatività=5%

σ = scarto quadratico medio della media del campione

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. Pertanto, elaborando i dati in modo ragionato:

Prova SCPT/DPHS 1				
Livello	Intervallo	μ	σ	ϕ'_K picco
1	0,0 - 0,9	38,7	COV=7%	36,1°
2	0,9 - 3,0	46,9	2,1	45,2°
Prova SCPT/DPHS 2				
Livello	Intervallo	μ	σ	ϕ'_K picco
1	0,0 - 1,2	31,7	COV=7%	24,4°
2	1,2 - 3,3	45,3	3,9	42,6°
Prova SCPT/DPHS 3				
Livello	Intervallo	μ	σ	ϕ'_K picco
1	0,0 - 1,8	36,5	COV=7%	35,1°
2	1,8 - 5,4	44,2	2,3	43,0°
Prova SPT in S1				
Livello	Intervallo	μ	σ	ϕ'_K picco
2	3,0 - 9,0	43,5	COV=7%	38,5°

• SINTESI DEI VALORI

Sebbene i valori di deviazione standard indichino una certa dispersione dei dati, situazione



caratteristica dei terreni fortemente eterogranulari, il quadro litologico relativo ai livelli superiore e intermedio è ben definito e caratterizzato da una sostanziale omogeneità orizzontale e verticale.

Anche alla luce della tipologia della struttura in progetto, si ritiene possibile estendere le osservazioni puntuali all'intera area di indagine attraverso un modello concettuale globale in cui lo spessore di ciascuna unità ed il valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio rappresentano una media.

Livello	Intervallo (m dal p.c.)	Materiale	γ_K [kN m ⁻³]	c_K [kPa]	ϕ'_K picco
superiore	0 - 1	<i>Limo sabbioso debolmente argilloso con frazione organica talora significativa, localmente rimaneggiato. Colore grigio bruno.</i>	17	0,0	31°
intermedio	1 - 9	<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°



Sez.III – ASPETTI SISMICI

1.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Sotto il profilo normativo, sia con riferimento all'O.P.C.M. n. 3274/2003 sia ai sensi della D.G.R. Piemonte del 19/01/2010, 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)", l'ambito di progetto è compreso nella Zona sismica 4, - sismicità di grado "molto basso" - caratterizzata da un valore di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (o PGA, *Peak Ground Acceleration*) inferiore a 0,05 g.

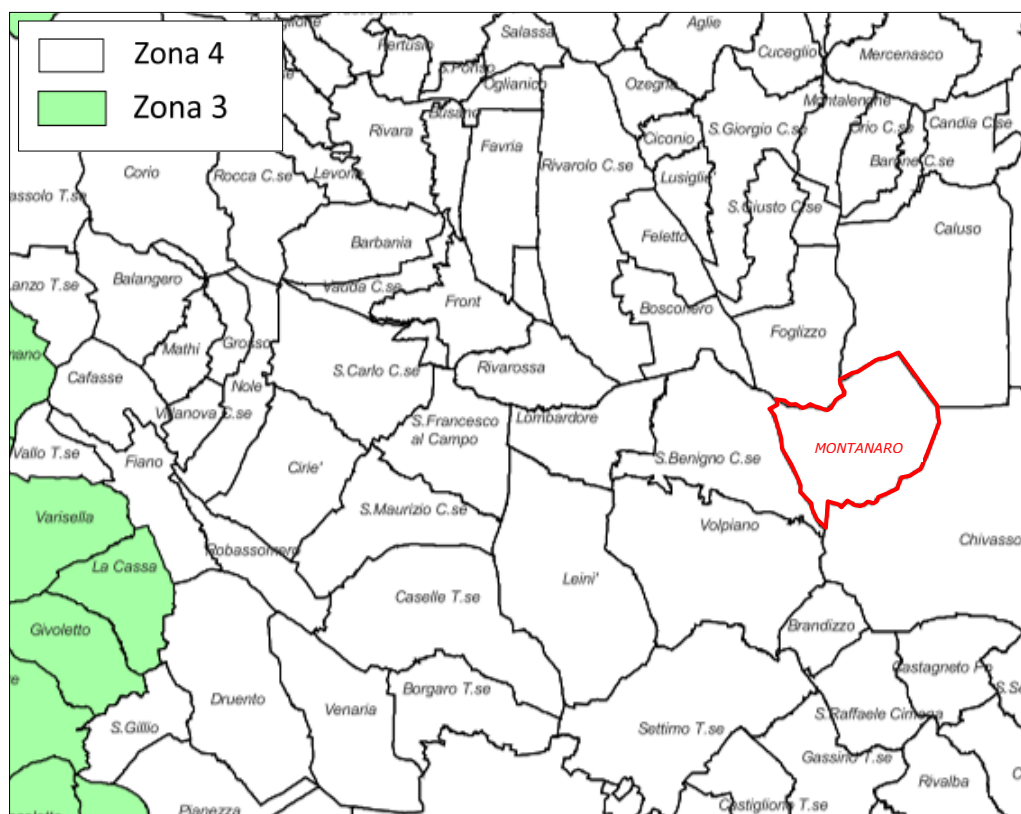


Fig. 1/III - Classificazione sismica del territorio del Comune di Montanaro

Si rimanda alla sezione 2.7 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/08) e alla normativa regionale per un esame degli approcci progettuali possibili per le opere non

strategiche da realizzarsi in ambiti ricadenti in tale zona sismica.

1.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

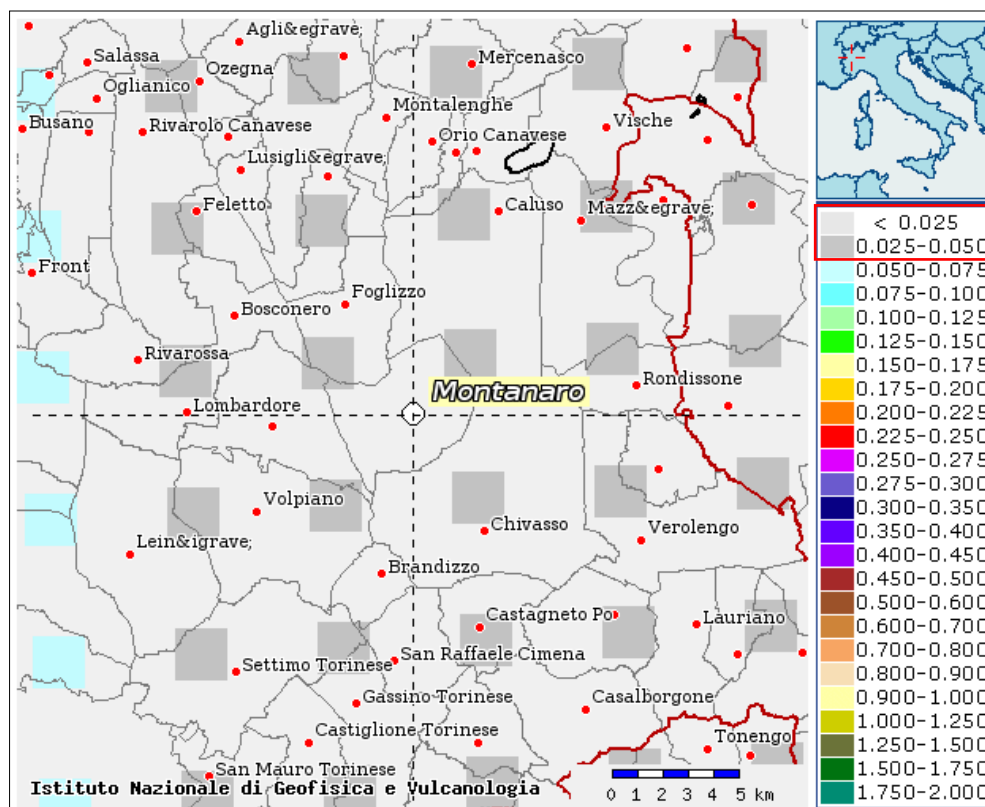


Fig. 2/III – Reticolo di riferimento della pericolosità sismica per $T_R=475$ anni ed individuazione dei nodi della maglia elementare (condizioni di campo libero, suolo rigido e superficie orizzontale)

Vene 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 7 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_O [-]	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

Tab. 1/III - Parametri di pericolosità sismica per il sito di progetto

1.2 CATEGORIA DI SUOLO

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).

1.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

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

1.4 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

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

Tab. 2/III - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione



Con:

- 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
- k_h coefficiente sismico orizzontale
- k_v 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.



ALLEGATI

QUADRO GEOLOGICO

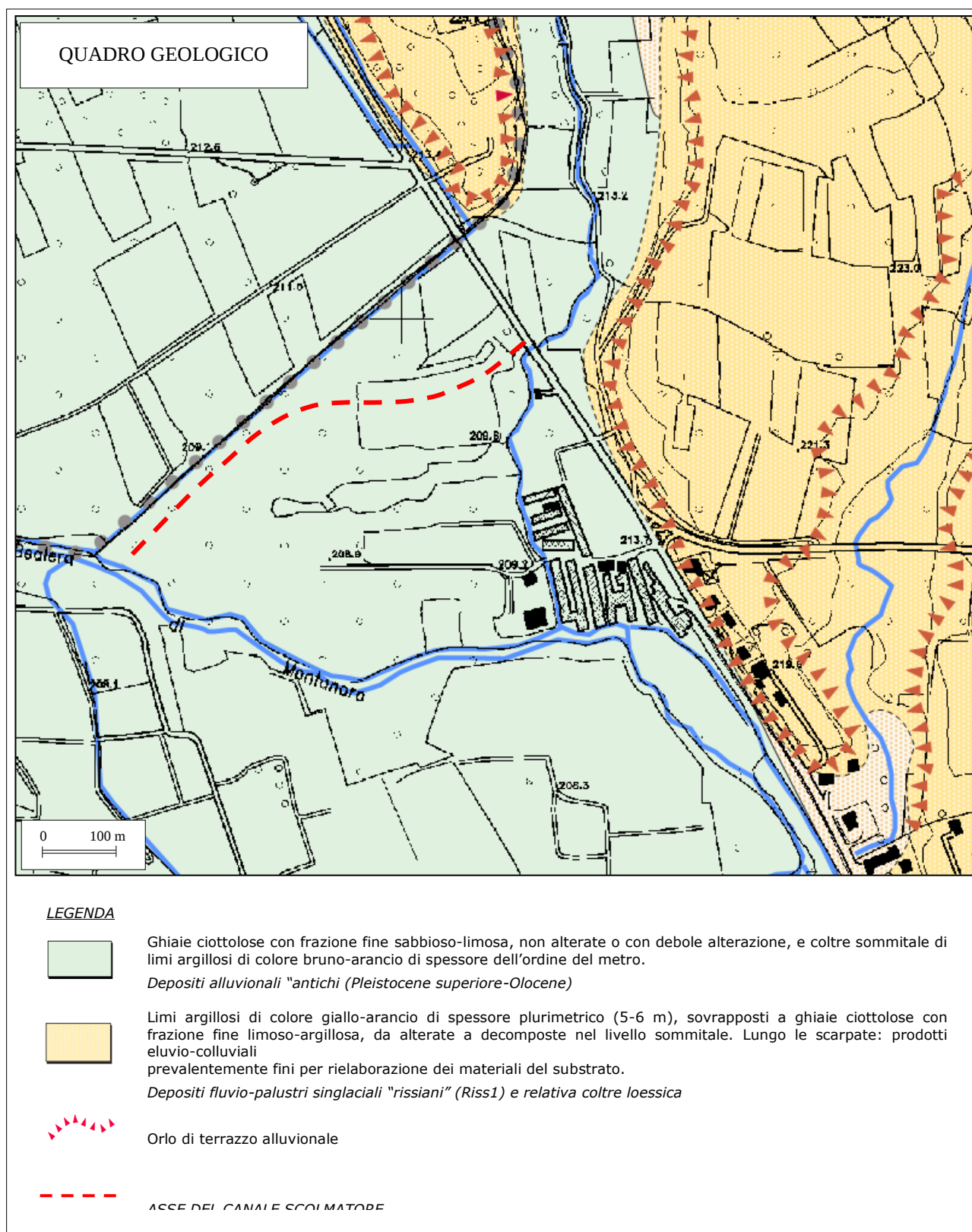
UBICAZIONE DELLE PROVE GEOGNOSTICHE

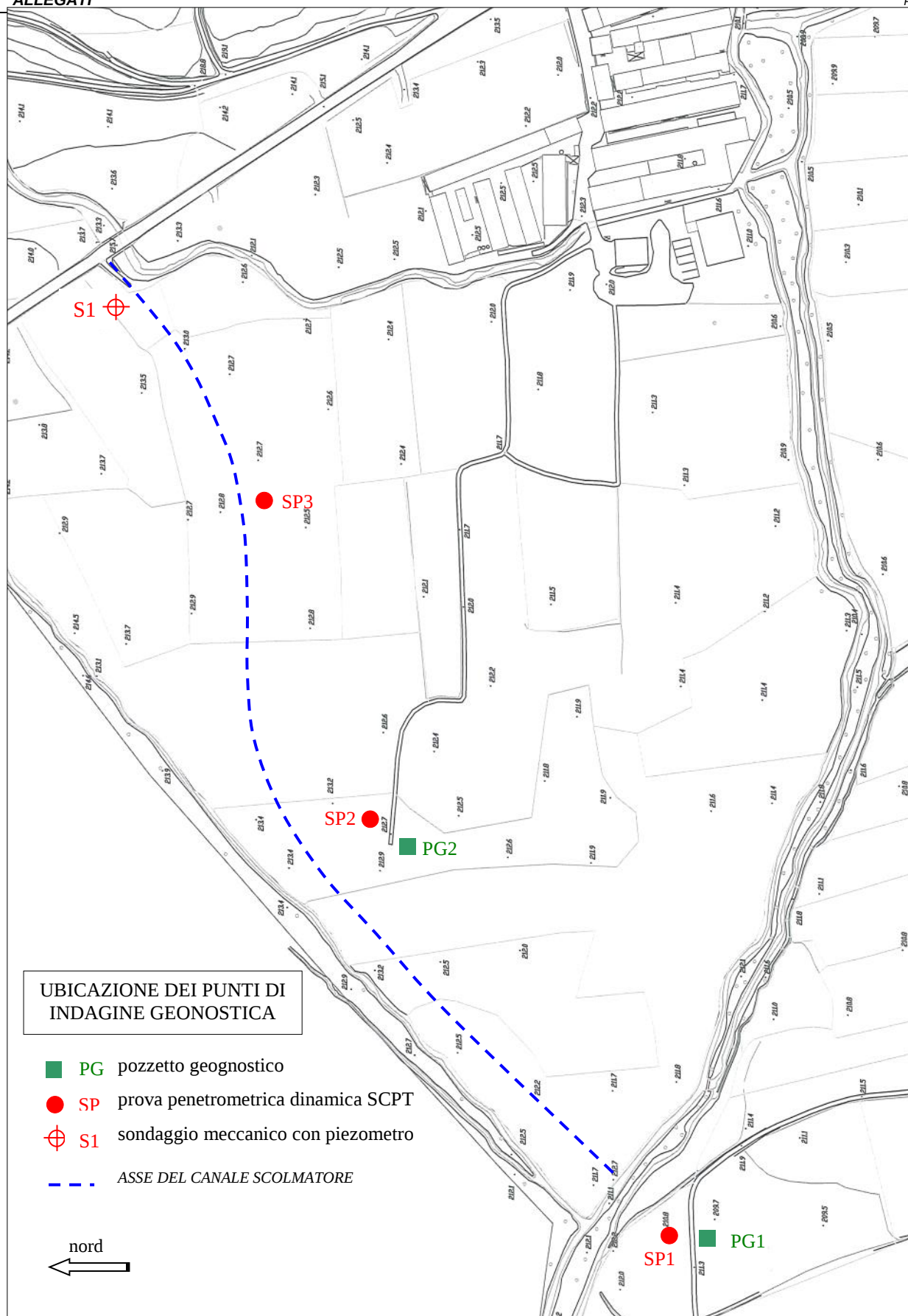
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DEI POZZETTI GEOGNOSTICI

STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO MECCANICO E MATERIALI

DIAGRAMMI PENETROMETRICI SCPT









Pozzetto geognostico PG1





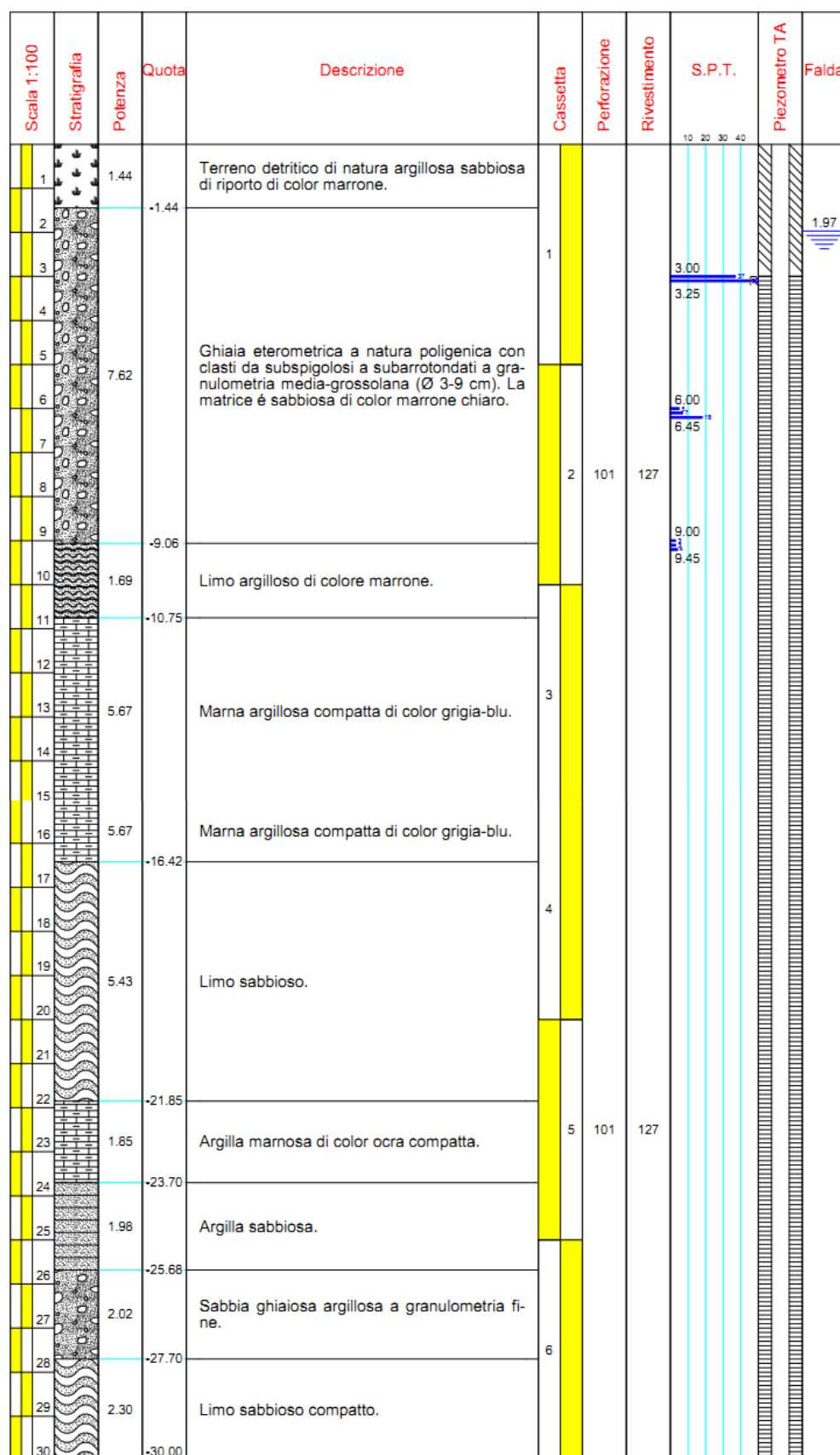
Pozzetto geognostico PG2





Sondaggio meccanico S1 strumentato con piezometro a tubo aperto
e sua ubicazione (aerofoto tratta da GoogleMaps)





Sondaggio meccanico S1
Stratigrafia

Stratigrafia tratta dalla documentazione fornita dall'Impresa esecutrice del sondaggio e validata dallo scrivente.

RIPRESE FOTOGRAFICHE DEI MATERIALI



GEOENGINEERING associazione tra professionisti

via Cibrario 68, 10144 Torino - tel 011 4814122 fax 011 4304698 email : posta@geoengineeringstudio.it

(tratte dalla documentazione fornita dall'Impresa esecutrice)

