

PROGETTAZIONE

STUDIO D' INGEGNERIA ASSOCIATO
ISOLA-BOASSO & ASSOCIATI S.r.l.

Dott. Ing. Renzo ISOLA
Dott. Ing. Riccardo ISOLA
Dott. Ing. Paolo BOASSO
Dott. Ing. Fabrizio RABAGLIO

C.so M. Prestinari n° 86
VERCELLI



Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)
Tel. 0321/413111 - Fax. 0321/413196

PROGETTO DEFINITIVO

oggetto

SCARICATORE FOGNARIO DELLA CITTA' DI NOVARA

Data:

Rif. archivio: 031.18

Scala

TAV. n° GE.01.003

Rev.

AGGIORNAMENTI

DATA

Contenuto degli Elaborati

RAPPORTO INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO

Il Responsabile
Dott. Ing. Riccardo ISOLA

Visto

* Riservato all'Amministrazione

Vs. Rif. arch.:

Riproduzione o consegna a terzi
solo dietro specifica autorizzazione

Ente destinatario:

-

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI NOVARA
COMUNE DI NOVARA

PROGETTO DEFINITIVO
(revisione 2017)

TOMBINATURA SCARICATORE FOGNARIO CITTADINO
da via Rizzottaglia al depuratore centralizzato

Elaborato RE05

RAPPORTO INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO

Committente:



ACQUA
NOVARA.VCO
S.p.A.

ACQUA NOVARA VCO S.p.A.

Sede legale e Operativa
Via Triggiani n. 9, 28100

tel. 0321 413111 - fax 0321 458729
mail: info@acquanovaravco.eu
pec: segreteria@pec.acquanovaravco.eu

Consulenti tecnici:



Studio Greenline

via Cairoli, n. 4 - 28100 Novara (NO)
tel. 0321/613030 - fax 0321/36660
e-mail: info@studiogreenline.it
P.IVA IT 02390880033

Ing. Diego Sozzani

Arch. Stefano Sozzani

Collaboratori:

STECI s.r.l. Società Ingegneria - Corso Libertà n. 162, 13100 Vercelli
Dott. geol. Scacco Massimo - Corso Risorgimento n. 328, 28100 Novara

Data:

22 giugno 2017

Cod. 033/17



INDICE

1. PREMESSA	3
2. INDAGINI PREGRESSE (AMPLIAMENTO DEPURATORE - FEBBRAIO 2004)	3
2.1 SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA	4
2.2 PARAMETRI GEOTECNICI	4
Peso di volume naturale γ_n	4
Angolo di resistenza al taglio ϕ' e Coesione c'	4
Indice dei vuoti e e Porosità n	5
Contenuto in acqua naturale W_n	5
Modulo Elastico	5
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE SUI TERRENI DI FONDAZIONE - GIUGNO 2017	5
3.1. TRINCEE ESPLORATIVE	6
3.2. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI	6
4. ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE CONDOTTE NEL GIUGNO 2017	7
4.1 PARAMETRI GEOTECNICI RICAVABILI DALLE PROVE DPSH	7
5. MODELLO GEOLOGICO LOCALE	9
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI - MODELLO GEOTECNICO LOCALE	9
7. INTERFERENZE POTENZIALI CON LA FALDA SUPERFICIALE	10
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	11

Allegati:

- Carta Ubicazione Trincee esplorative;
- Carta Ubicazione prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- Diagrammi prove DPSH;
- Documentazione fotografica.

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce il rapporto sulle indagini geotecniche condotte sui terreni di fondazione, attinente al progetto di tombinatura dello scaricatore fognario cittadino, nel tratto tra via Rizzottaglia ed il depuratore, con la relativa interpretazione al fine di definire il modello geotecnico locale.

Lo studio è stato condotto secondo i criteri stabiliti dal D.M. 14/01/2008 e dalla Circolare n. 617 del 02/02/2009 -Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, e dal D.M. 11/03/1988, finalizzati a stabilire in particolare:

- la successione litostratigrafica locale;
- l'assetto piezometrico locale;
- l'individuazione e la caratterizzazione delle unità geotecniche interessate dagli'interventi (ricostruzione del modello geotecnico locale).

Nel corso del 2004 a corredo della progettazione per l'ampliamento dell'Impianto di depurazione, la *Geoprobe s.n.c.* di Treviolo (BG), su incarico di SIN e Ve, Severn Trent Italia ha provveduto all'esecuzione di una campagna di sondaggi meccanici, accompagnati da prove in sito e prelievo di campioni di terreno indisturbato e rimaneggiato, da sottoporre ad analisi di laboratorio.

2. INDAGINI PREGRESSE (AMPLIAMENTO DEPURATORE - FEBBRAIO 2004)

Sono stati ragionevolmente analizzati anche i dati dedotti dalla "Relazione Geotecnica", datata febbraio 2004 a firma del dott. geol. Gian Vito Graziano, commissionata da SIN S.p.A. per la realizzazione dell'ampliamento dell'Impianto di depurazione di via Generali. Risultano comunque nella media con le parametrizzazioni proposte dalla letteratura tecnica per materiali analoghi.

Durante la campagna geognostica eseguita 2004 sono stati condotti dalla *Geoprobe s.n.c.* di Treviolo (BG) quattro sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di m 10,50 dal piano di campagna.

Dall'analisi della documentazione tecnica relativa alla progettazione di ampliamento del Depuratore si evince quanto segue:

- ⇒ Uno dei quattro sondaggi è stato completato a piezometro ed allestito per una prova di pompaggio che ha condotto alla determinazione di un valore della trasmissività della falda pari a $8,9 \cdot 10^{-2}$ mq/sec.

⇒ Nel corso dei quattro sondaggi a carotaggio continuo, mediante campionatore a pareti sottili tipo Shelby (diametro mm 88,9), sono stati prelevati n. 6 campioni indisturbati e n.1 campione rimaneggiato di terreno per essere sottoposti ad indagini di laboratorio quali: determinazione del contenuto d'acqua naturale, determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale, determinazione del peso specifico dei grani, determinazione del peso dell'unità di volume allo stato saturo, determinazione dell'indice dei vuoti, determinazione della porosità, determinazione del grado di saturazione, prova di compressione in condizioni edometriche e prova di taglio diretto in condizioni consolidate-drenate.

2.1 SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

La successione litostratigrafica media emersa è la seguente:

- tra 0,0 e 1,0 m da p.c.: terreno vegetale;
- tra 1,0 e 5,1 - 7,2 m da p.c.: sabbie e ghiaie;
- tra 5,1 - 7,2 e 10,5 m da p.c.: sabbie, talora con basse percentuali di ghiaia e con livelli millimetrici di limo a partire da circa m 9,00 di profondità.

Nell'ambito dei quattro sondaggi, la profondità dei livelli piezometrici si è attestata tra 2,30 e 2,90 m da piano campagna.

2.2 PARAMETRI GEOTECNICI

Dall'esame dei risultati di laboratorio si evince che lo strato di sabbie e ghiaie rilevato sino alle profondità comprese tra 5,1 e 7,2 m da piano campagna, presenta caratteristiche geomeccaniche analoghe al materiale incontrato dai sondaggi sino alla massima profondità raggiunta.

Sia in termini di caratteristiche fisiche, sia in termini di resistenza al taglio, i due strati presentano parametri abbastanza omogenei.

L'analisi granulometrica mostra una maggiore percentuale di sabbie, invadendo a volte il campo delle ghiaie.

Peso di volume naturale γ

Il peso dell'unità di volume γ si attesta tra 1,60 t/mc e 2,03 t/mq.

Angolo di resistenza al taglio ϕ' e Coesione c'

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza al taglio, misurate, in condizioni consolidate e drenate (CD), si sono ottenuti valori dell'angolo di attrito interno ϕ' compresi

tra 30° e 35° e valori della coesione c' quasi sempre nulla, tranne in un caso in cui è stato misurato un valore di 0,90 t/mq.

Indice dei vuoti e e Porosità n

L'indice dei vuoti e è elevato, passando da 0,76 a 0,91, con una porosità n che si attesta sempre oltre il 40%.

Contenuto in acqua naturale W_n

Il contenuto naturale d'acqua W_n varia dal 6% al 17% sopra falda, con un grado di saturazione dal 20,2% al 59,1%.

Modulo Elastico

Il modulo elastico calcolato si attesta intorno a 3,7 Mpa ÷ 4,5 Mpa.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE SUI TERRENI DI FONDAZIONE - GIUGNO 2017

In data 13 e 19 giugno 2017 sono state condotte prove in sito con lo scopo di definire le caratteristiche ambientali, litostatigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dall'intervento.

Nello specifico sono state realizzate:

- n. 2 trincee esplorative con terna cingolata, spinte sino a circa 7,0 m (Tr1) e 3,0 m (Tr2) con il prelievo di terreni;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH spinte sino a 8,2 m e 7,2 m da p.c..

Sino al mese di ottobre inoltrato è impossibile accedere alla totalità dei mappali oggetto di intervento, in quanto occupati dalle risaie.

La posizione delle prove è stata dunque scelta, in accordo con la committenza ed con i progettisti, nei punti significativi, raggiungibili e più immediati possibile alle aree di intervento.

L'ubicazione delle prove è cartografata in allegato.

3.1. TRINCEE ESPLORATIVE

Per la caratterizzazione ambientale (per gli approfondimenti di carattere ambientale si rimanda alla specifica relazione) e litostratigrafica dei terreni interessati dall'intervento, in data 13 giugno 2017, si sono eseguite due trincee esplorative, mediante terna gommata.

TRINCEA N.1

Ubicazione tra la Sezione n. 2 e la Sezione n. 3 di progetto

Coordinate: 45.428963; 8.602819

0,0 - 1,0 m da p.c.: terreno coltivo sabbioso, rari ciottoli;

1,0 - 6,7 m da p.c.: sabbia medio fine, limosa di colore ocra;

6,7 - 7,0 m da p.c.: sabbia e ghiaia umida (prossimità frangia capillare della falda).

TRINCEA N.2

Ubicazione tra la Sezione n. 9 e la Sezione n. 10 di progetto

Coordinate: 45.423833; 8.597855

0,0 - 1,0 m da p.c.: terreno coltivo argilloso, rari ciottoli;

1,0 - 3,0 m da p.c.: argilla limosa, colore bruno;

3,0 m da p.c.: argilla compatta, colore bruno, elevata umidità (prossimità frangia capillare della falda).

3.2. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

Per la caratterizzazione geotecnica generale dei terreni lungo il tracciato dell'intervento in data 19 giugno 2017, si sono eseguite due prove penetrometriche dinamiche superpesanti, spinte sino alla profondità di 8,2 e 7,2 m da p.c., utilizzando un penetrometro di tipo idraulico montato su un mezzo semovente cingolato.

Durante la prova viene rilevato il numero di colpi necessari per la penetrazione nel terreno di 200 mm della punta. Il numero di colpi necessari all'avanzamento della punta viene assunto come indice della resistenza alla penetrazione. Tale indice di resistenza viene rilevato in continuo lungo tutta la verticale di prova.

Il numero di colpi registrato deve essere inferiore o al massimo uguale a 50 per l'avanzamento di 20 centimetri della punta, in caso contrario la prova è da considerarsi conclusa e viene detta "a rifiuto".

Le prove penetrometriche sono state condotte secondo gli standard proposti dall'Associazione Geotecnica Italiana ("Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" giugno 1977).

Per l'esecuzione delle prove in sito si è utilizzato un penetrometro dinamico superpesante marca "Pagani" modello TG 63-100.

La resistenza alla penetrazione è definita come il numero di colpi richiesto per infiggere la punta conica per un tratto definito.

L'energia cinetica propria di ciascun colpo è il prodotto della massa del maglio (M) per l'accelerazione di gravità (g) e per l'altezza di caduta (H).

I risultati di differenti prove penetrometriche dinamiche possono essere presentati (e/o paragonati) come valori di resistenza R_d secondo la seguente formula:

$$R_d = M \cdot g \cdot H / A \cdot e$$

dove:

- A è l'area della sezione trasversale della base della punta conica
- e è la penetrazione media per colpo.

4. ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE CONDOTTE NEL GIUGNO 2017

Il penetrometro utilizzato risulta standardizzato per cui è possibile utilizzare tutta la letteratura realizzata per le prove SPT: per fare questo è però necessario effettuare alcune correzioni in funzione delle caratteristiche della macchina utilizzata.

Nel caso specifico il fattore di conversione è stato pari a 1,5.

4.1 PARAMETRI GEOTECNICI RICAVABILI DALLE PROVE DPSH

Densità relativa (DR)

E' stata utilizzata la correlazione di Skempton 1986. L'elaborazione è valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Angolo di attrito efficace (Φ')

E' stata utilizzata la correlazione di De Mello, valida per terreni prevalentemente sabbiosi con angolo di attrito $< 38^\circ$ a profondità minime di 2 m e la correlazione di Malcev (1964), valida per sabbie in genere con condizioni ottimali a profondità > 2 m e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$.

Coesione non drenata (Cu) nei terreni coesivi

Il Metodo U.S.D.M.S.M. (U.S. Design Manual Soil Mechanics) è valido per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità.

L'interpretazione delle due prove ha condotto ai seguenti risultati:

DPSH 1

Litologia presunta	Nspt (n)	Prof. Base Strato (m)	Dr (%)	cu (Kg/cmq)	γ (t/m3)	Φ (°)
Argilla sabbiosa Moderatamente addensata	14	1,40	41,17	--	1,85	28,9
Sabbia limosa Moderatamente addensata	15	2,80	43,02	--	1,88	32,2
Sabbia limosa con argilla Moderatamente addensata	29	4,00	62,48	--	2,13	32,3
Sabbia limosa (probabile raro ghiaietto verso la base dello strato) Moderatamente addensata	19	8,20	49,72	--	1,97	30,2

Cautelativamente si è considerata nulla la coesione

Aste asciutte

DPSH 2

Litologia presunta	Nspt (n)	Prof. Base Strato (m)	Dr (%)	cu (Kg/cmq)	γ (t/m3)	Φ (°)
Sabbia limosa Moderatamente addensata	17	0,6	98	--	1,93	29,7
Argilla Poco consistente	4	2,80	--	0,16	1,7	--
Argilla sabbiosa Moderatamente addensata	19	7,20	60,96	--	1,97	30,5

Cautelativamente si è considerata nulla la coesione negli strati 1 e 3.

Falda a -4,0 m da p.c.

5. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

L'interpretazione delle indagini condotte in sito ha permesso di stimare il modello geologico a scala di intervento distinguendo due porzioni, quella settentrionale e quella meridionale.

Porzione settentrionale:

Terreni prevalentemente sabbiosi, da sabbioso fini a sabbioso limosi con locali addensamenti argilloso sabbiosi, sino alla massima profondità raggiunta dalle prove (Trincea TR1 e prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH1) e vale a dire 8,2 m da p.c., dove iniziano a comparire sabbie debolmente ghiaiose.

Il modello litostratigrafico che emerge dall'interpretazione è congruo con l'assetto geologico dell'area, che si colloca nei depositi eluvio colluviali, costituiti da limi sabbiosi.

Porzione meridionale:

Terreni prevalentemente argillosi e argilloso sabbiosi sino alla massima profondità raggiunta dalle prove (Trincea TR2 e prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH2) e vale a dire 7,2 m da p.c..

L'area si colloca nei depositi fluviali del Pleistocene superiore, costituiti prevalentemente da sabbia ghiaiosa con locali lenti limose; l'origine dei depositi rilevati durante le indagini in sito potrebbe essere riconducibile a facies deposizionali di bassa-nulla energia trattiva.

Le prove condotte nel febbraio 2004 da Geoprobe s.n.c. evidenziano litologie più granulari, prevalentemente sabbiose e sabbiose debolmente ghiaiose nella zona prossima al Depuratore.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI - MODELLO GEOTECNICO LOCALE

Complessivamente, per l'area di intervento è possibile stimare la seguente caratterizzazione geotecnica media:

Porzione settentrionale:

Litologia prevalente	Spessore medio m	Dr%	ϕ °	γ (t/mc)	c (t/mq)
Sabbia limosa- Sabbia con argilla. Moderatamente addensato	7,0-8,0	41-62	29-32	1,8-2,1	0,0

Porzione meridionale:

Litologia prevalente	Spessore medio m	Dr%	ϕ °	γ (t/mc)	c (t/mq)
Argilla – Argilla sabbiosa Moderatamente addensato	7,0	60	29-30	1,7-1,9	0,0 – 0,16

7. INTERFERENZE POTENZIALI CON LA FALDA SUPERFICIALE

La soggiacenza della falda riscontrata nei sondaggi eseguiti presso il Depuratore si attesta su valori compresi tra 2,3 e 2,9 m da p.c. (con misure effettuate nel mese di gennaio 2004).

La soggiacenza della falda riscontrata durante le indagini condotte nel mese di giugno 2017 è la seguente:

- TR1 : falda non intercettata. A -7,0 m da p.c. i terreni si presentano umidi per la possibile vicinanza alla frangia capillare;
- DPSH1: falda non intercettata. A -8,2 m da p.c. i terreni si presentano umidi per la possibile vicinanza alla frangia capillare;
- TR2 : falda non intercettata. A - 3,0 m da p.c. i terreni si presentavano umidi per la possibile vicinanza alla frangia capillare;
- DPSH2: falda rilevata a -4,0 m da p.c.;

Le oscillazioni della superficie piezometrica risultano essere strettamente condizionate dai fattori climatici ed irrigui e possono essere stimati dell'ordine di 1-2 m circa. Nei periodi di massima sommersione delle risaie si registrano i minimi valori di soggiacenza.

L'andamento generale delle oscillazioni della superficie freatica è caratterizzato localmente da valori di minima soggiacenza concentrati nei mesi di maggio-agosto (conseguentemente alle pratiche agricole) e gennaio-febbraio, mentre i valori di massima sono compresi nei mesi di settembre-novembre.

Si sottolinea che l'anno 2017, sino a giugno compreso, è stato mediamente siccitoso.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

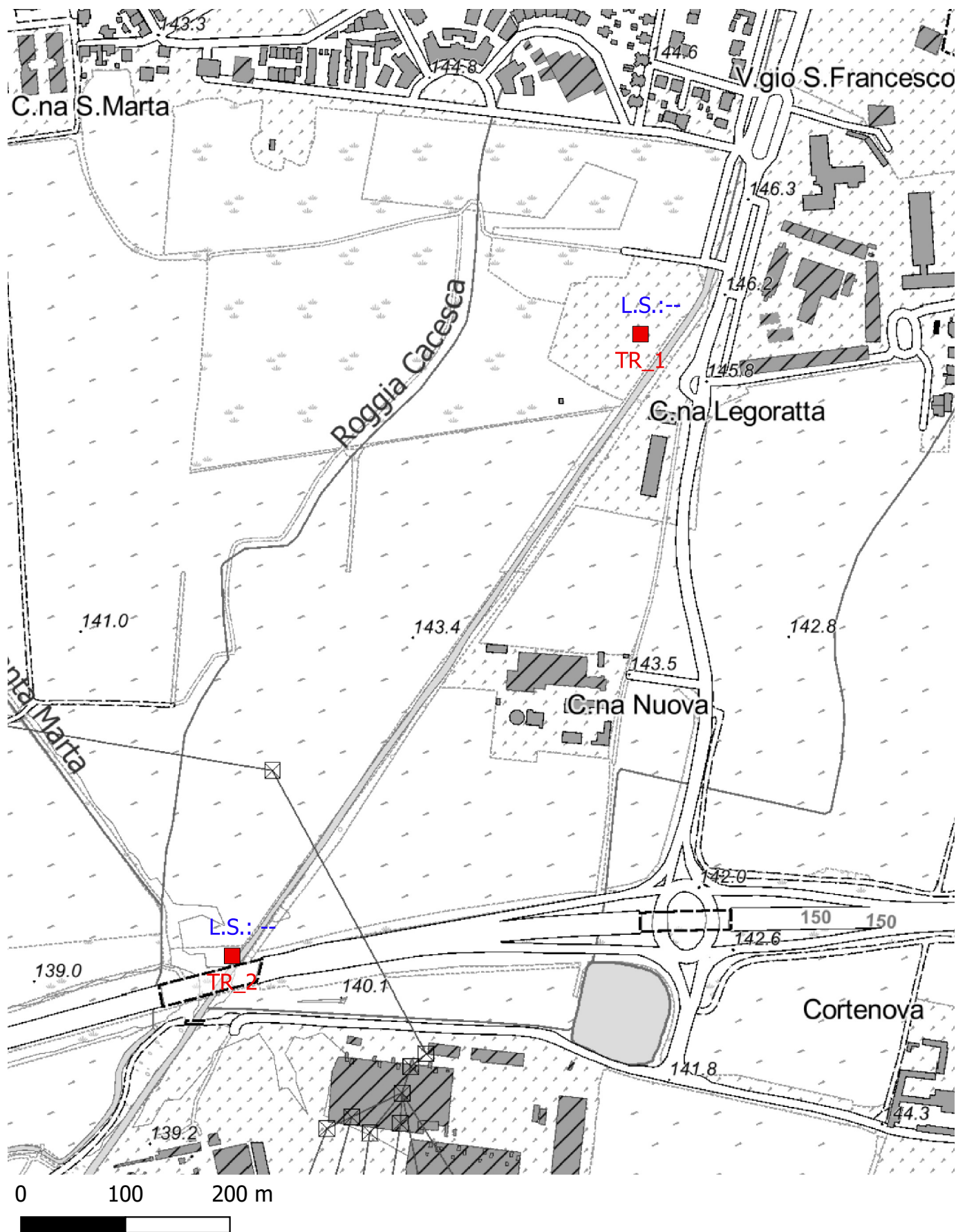
Dalle risultanze delle indagini geotecniche e degli studi geologici sono emersi i seguenti aspetti più significativi:

- ⇒ i terreni riscontrati nelle prove presentano litologie prevalentemente sabbiose-sabbioso limose nella porzione settentrionale del tracciato ed argillose - argilloso sabbiose nella restante porzione, sino a profondità massime di circa 7,0 -8,0 m da p.c.;
- ⇒ le caratteristiche geotecniche dei terreni sono generalmente da mediocri a scadenti;
- ⇒ gli interventi previsti nella porzione settentrionale del tracciato, con scavi a profondità superiore di circa 7,0 m da p.c. possono interferire con la frangia capillare e la falda freatica;
- ⇒ gli interventi previsti nella porzione centro meridionale del tracciato, con scavi a profondità superiore di circa 3,0 - 4,0 m da p.c. possono interferire con la frangia capillare e la falda freatica;
- ⇒ in fase esecutiva dovrà essere verificata la rispondenza con il presente modello geologico-geotecnico nella porzione centrale del tracciato che attualmente, per impossibilità logistica, non è stato possibile investigare.

Novara, giugno 2017

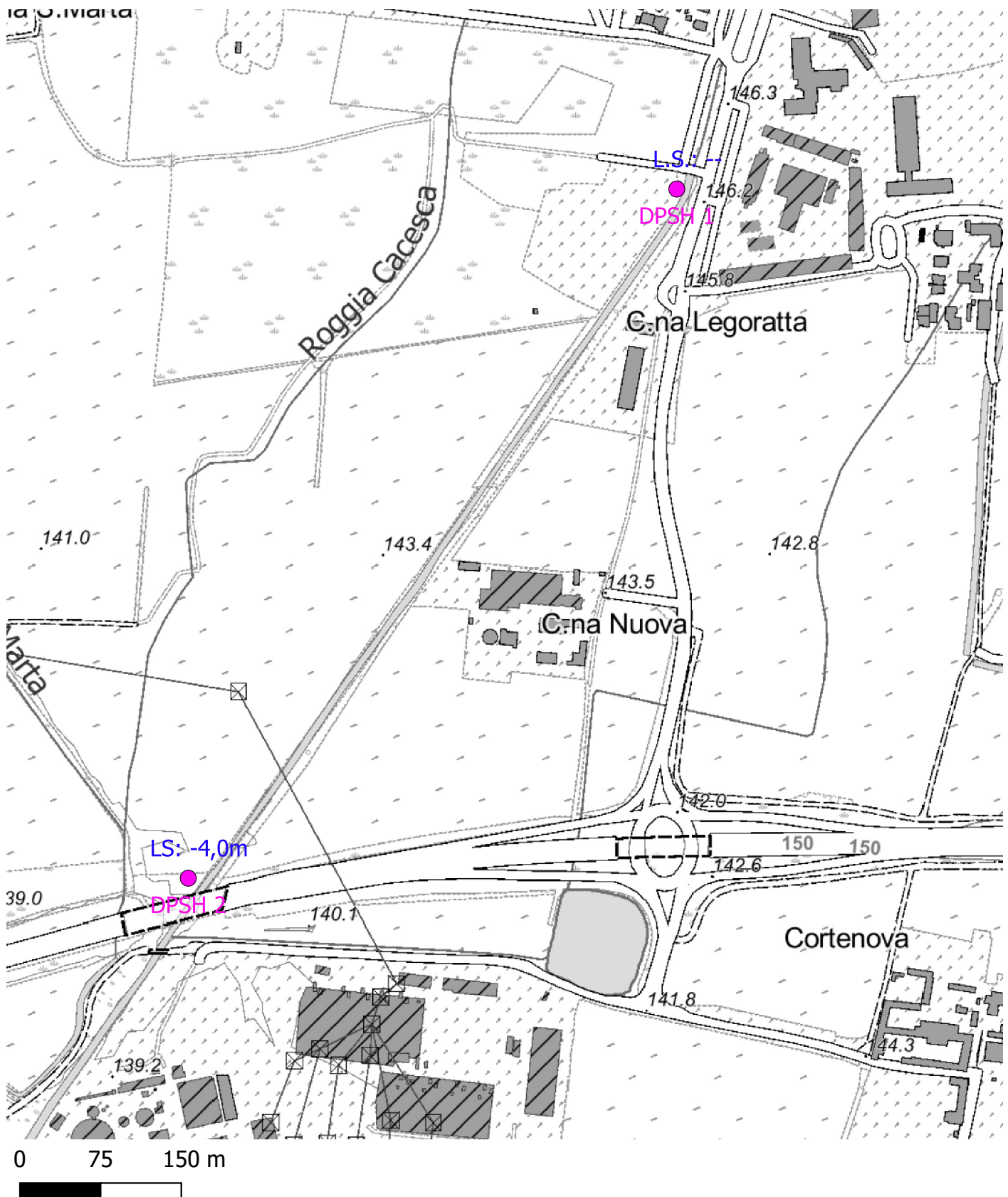
Allegati

- Carta Ubicazione Trincee esplorative;
- Carta Ubicazione prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- Diagrammi prove DPSH;
- Documentazione fotografica.



UBICAZIONE TRINCEE ESPLORATIVE

- TR sigla identificativa
- L.S. profondità livello falda da p.c.



UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

DPSH sigla identificativa

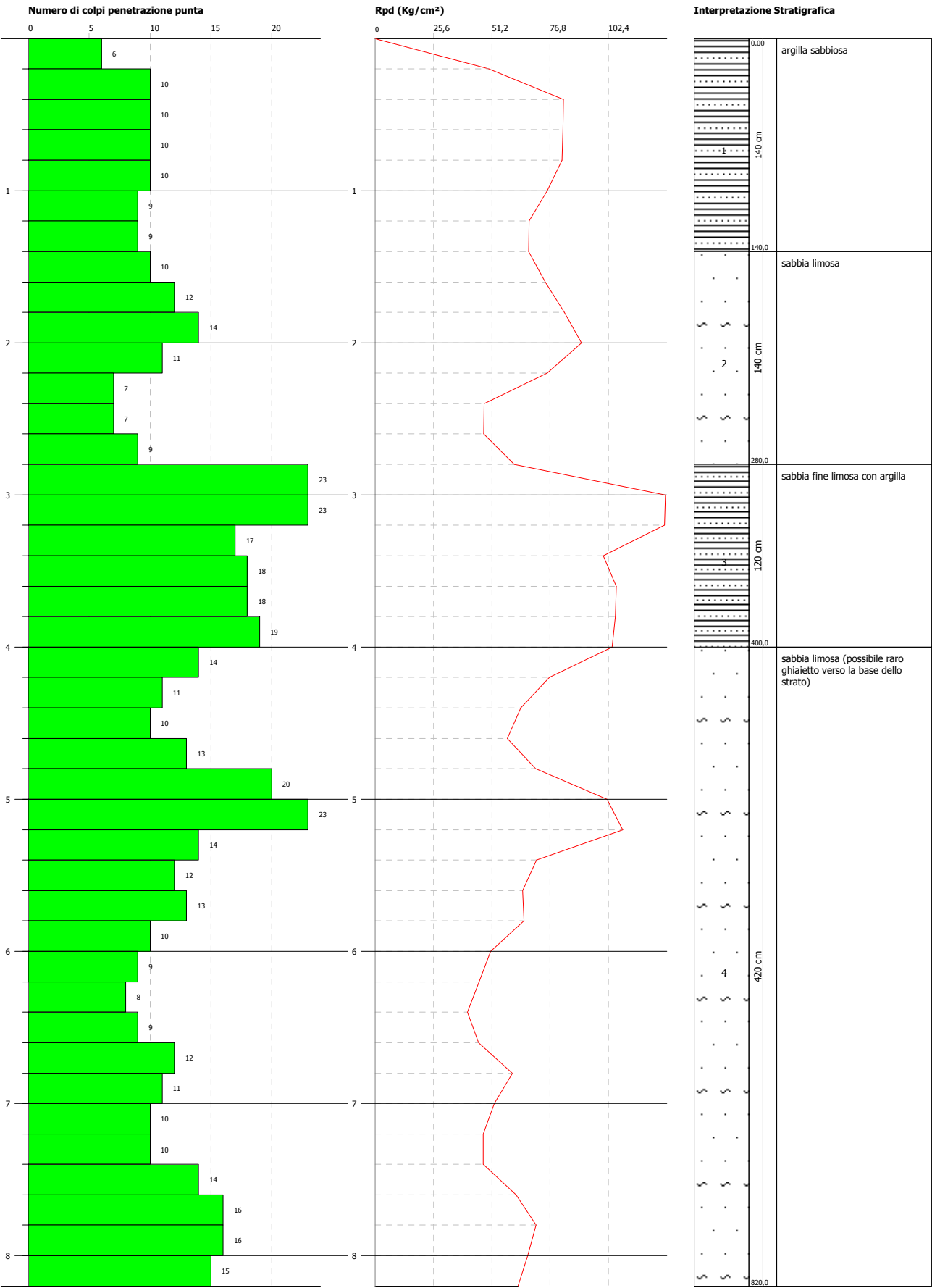
L.S. profondità livello falda da p.c.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Acqua Novara VCO
Cantiere : Collettore via Generali
Località : Novara

Data :19/06/2017

Scala 1:36

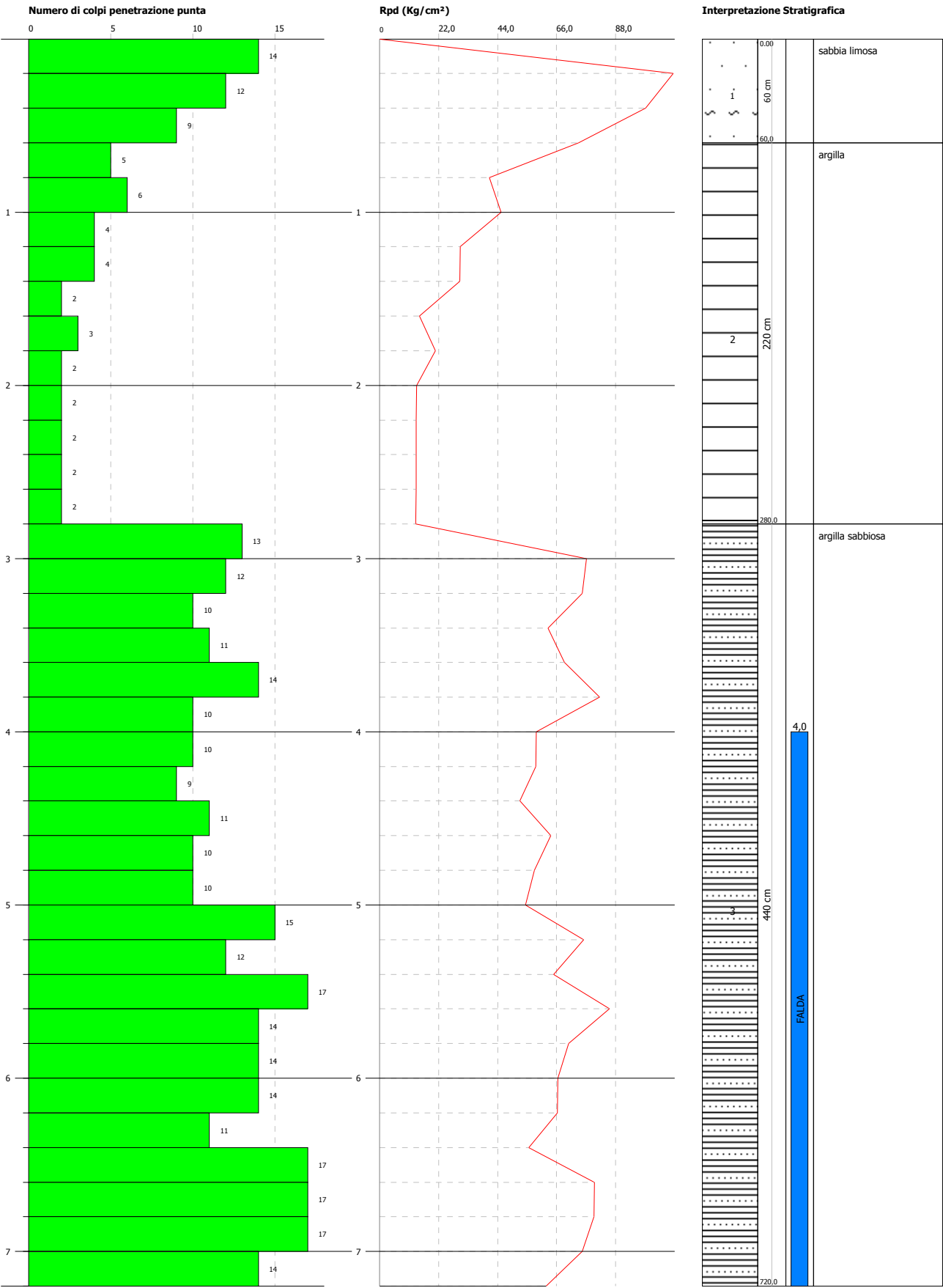


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Acqua Novara VCO
Cantiere : Collettore via Generali
Località : Novara

Data :19/06/2017

Scala 1:32



ACQUA NOVARA VCO S.p.A.

**TOMBINATURA SCARICATORE FOGNARIO CITTADINO
da via Rizzottaglia al depuratore centralizzato**

Trincea Tr1

data: 13/06/2017



Materiale Trincea Tr2

data: 13/06/2017



Prova penetrometrica dinamica
superpesante DPSH 1

data: 19/06/2017



Prova penetrometrica dinamica
superpesante DPSH 2

data: 19/06/2017

