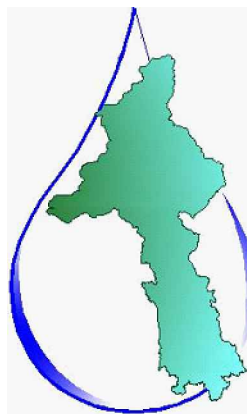


PROGETTAZIONE

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



ACQUA
NOVARA.VCO
S.p.A.

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.01.001

Rev.	AGGIORNAMENTI	DATA

Contenuto degli Elaborati

RELAZIONE GEOLOGICA

Il Responsabile
Dott. Ing. Riccardo ISOLA

Visto

Vs. Rif. arch.:

Riproduzione o consegna a terzi
solo dietro specifica autorizzazione

Ente destinatario:

* Riservato all'Amministrazione

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI NOVARA
COMUNE DI NOVARA

PROGETTO DEFINITIVO
(revisione 2017)

TOMBINATURA SCARICATORE FOGNARIO CITTADINO
da via Rizzottaglia al depuratore centralizzato

Elaborato RE04	RELAZIONE GEOLOGICA	
Committente:	 ACQUA NOVARA.VCO S.p.A.	ACQUA NOVARA VCO S.p.A. <u>Sede legale e Operativa</u> 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

Allegati	2
1. PREMESSA	3
2. ANALISI GEOLOGICA	4
2.1. EVOLUZIONE GEOLOGICA GENERALE	4
2.2 . CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA DI INTERVENTO	6
2.3 . CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LUNGO IL TRACCIATO DELLA TOMBINATURA	7
3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	8
3.1 CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE	8
4. AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	10
5. AMBIENTE IDRICO SOTTERANEO	10
5.1 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	10
5.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA	12
5.3 FALDA FREATICA.....	12
6. CENSIMENTO POZZI	14
7. VULNERABILITÀ INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI SECONDO IL METODO G.O.D. DI FOSTER	15
8. INQUADRAMENTO DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E IDONEITA' URBANISTICA	18
9. INDAGINI IN SITO	21
10. MODELLO GEOLOGICO LOCALE	23
11. CONCLUSIONI.....	24

Allegati

- Carta della superficie freatica;
- Carta Ubicazione Trincee esplorative;
- Carta Ubicazione prove penetrometriche dinamiche DPSH.

1. PREMESSA

E' scopo della presente relazione analizzare le problematiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche connesse con la realizzazione della tombinatura dell'ultimo tratto del sistema di evacuazione fognaria di gran parte della città di Novara, e di evidenziare le eventuali criticità che potrebbero interferire con l'opera in progetto.

Attualmente il collettore della fognatura urbana percorre a cielo aperto l'ultimo tratto, di 1,2 km, prima di convogliare nell'Impianto di Depurazione.

Percorrendo da Nord a Sud l'abitato di Novara, il collettore raccoglie numerosi scarichi e fognature per poi terminare nell'impianto di depurazione cittadino; nei tratti in cui percorre il tessuto urbano è in gran parte tombinato, ne rimangono esclusi appunto gli ultimi 1.200 metri.

Gli interventi progettati di tombinatura dell'ultimo tratto, hanno lo scopo di risolvere un grave problema di natura prevalentemente ambientale, infatti in vari punti, le abitazioni sono arrivate sino a ridosso delle sponde, inoltre durante gli eventi meteorici di forte intensità il cavo esonda nei campi circostanti.

Come già evidenziato in ambito di progetto preliminare: “....La totale mancanza di impermeabilità del fondo e delle sponde e il collettamento delle acque, sia di adacquamento che meteoriche provenienti dai campi circostanti, incrementano notevolmente la portata in arrivo all'impianto di depurazione, con conseguente enorme aumento degli oneri di gestione di quest'ultimo, trattando reflui fortemente diluiti e mettendo in crisi, a causa dei più disparati rifiuti raccolti, l'impianto di grigliatura iniziale.”.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni” , cap.6.2.1 “Caratterizzazione e modellizzazione geologica del sito” della Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 02 febbraio 2009 n°617 “Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica, nella fase di progettazione preliminare e definitiva.

2. ANALISI GEOLOGICA

2.1. EVOLUZIONE GEOLOGICA GENERALE

Il territorio esaminato è compreso nel Foglio N. 44 “Novara”, della Carta Geologica d’Italia redatta dal Servizio Geologico alla scala 1:100.000.

L’assetto del territorio in esame è strettamente legato all’evoluzione paleoambientale quaternaria e in particolare alla successione dei fenomeni di erosione e deposito operati dalle acque di fusione interglaciale.

Il Quaternario alpino e prealpino è stato caratterizzato dalle grandi glaciazioni, distinte secondo la terminologia classica, in: Gunz, Mindell, Riss e Wurm, procedendo cronologicamente verso la più recente.

Nella zona di pianura i depositi fluvio-glaciali e le rispettive unità morfologiche hanno sostituito i classici depositi morenici, presenti invece sino agli ultimi rilievi prealpini (anfiteatro morenico del Verbano e zona compresa tra Divignano e Bogogno).

I suddetti apparati morenici, negli intervalli interglaciali, sono stati solcati da ingenti quantitativi di acque di fusione glaciale e parzialmente o interamente erosi e smantellati.

I fiumi, che ad ogni periodo interglaciale hanno solcato l’intera pianura sono andati così depositando sedimenti di tipico ambiente alluvionale, ghiaie, sabbie ed orizzonti a vario spessore di materiale fine limoso argilloso, colmando tutta la pianura novarese e della lomellina.

Dalla suddetta pianura, costituita quindi da un “materasso alluvionale” che risale al più recente evento di fusione glaciale, cioè quello wurmiano (Pleistocene superiore), emergono locali “isole” morfologicamente poste a quote superiori.

Tali unità si presentano generalmente con una forma allungata in direzione Nord Sud e sono costituite da materiale alluvionale notevolmente alterato e spesso ferrettizzato.

Esse, ben evidenti nella porzione meridionale del territorio comunale novarese e più a Nord, nei rilievi collinari di Bellinzago e Oleggio ed in quelli di Fara, Briona e Barengo, costituiscono lembi isolati di depositi fluvio-glaciali più antichi, mindeliani (Pleistocene inferiore-medio) e rissiani (Pleistocene medio-superiore), non totalmente erosi dall’evento alluvionale wurmiano (Pleistocene superiore).

Depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi tardo olocenici e recenti /attuali si riscontrano infine lungo gli assi fluviali dei principali corsi d’acqua e cioè del F.Sesia e del F. Ticino e localmente lungo gli affluenti minori.



- Ig^w**
Alluvioni ghiaiose, sabbiose, limose limitate al fondo dei solchi vallivi secondari e non ricollegibili agli apparati morenici **PLUVIALE WÜRM**. Alluvioni (fluvioglaciali) ghiaioso-ciottolose (Terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro. **WÜRM**.
- Ig^m**
Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, localmente molto grossolane (a monte del limite settentrionale dei fontanili), con paleosuolo argilloso giallo-rossiccio di ridotto spessore, talora ricoperte da limi più recenti. **WÜRM e RISS p.p.**
- Ig^s**
Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, alterate in terreni argillosi giallo-ocerei per uno spessore massimo di 3 metri. **RISS p.p.**

Stralcio Foglio n. 44 - Carta geologica d' Italia (scala 1:100.000)

Il sottosuolo nell'area comunale può essere schematizzato come segue, procedendo dalla base della successione verso la superficie:

- Depositi pliocenici, trasgressivi sul basamento cristallino. Rappresentati da argille sabbiose, grigie, con presenza di una ricca fauna (per la maggior parte lamellibranchi) ed assenza di torba. Essi sono legati ad ambienti di sedimentazione marina profonda e non affiorano nell'area in oggetto.
- Depositi villafranchiani, costituiti da alluvioni grossolane intensamente ferrettizzate per spessori di circa 4 metri, alternanze di ghiaie, sabbie e argille di colore giallo bruno o rossastro. Sono legati ad ambienti di deposizione deltizia e di mare basso.
- Depositi fluvioglaciali mindeliani (Pleistocene inferiore-medio), costituiti da alluvioni fluvioglaciali grossolane molto alterate in materiale argilloso.

- Depositi fluvioglaciali rissiani (Pleistocene medio-superiore), caratterizzati un'alterazione di colorazioni giallo ocracee e potenze di circa 3 m, interessati da paleosuoli molto evoluti.
- Depositi fluvioglaciali wurmiani (Pleistocene superiore). Sono costituiti da depositi normalmente privi di alterazione con granulometria estremamente variabile da ciottolosa grossolana a sabbioso-limosa, con suolo bruno di limitato spessore. Costituiscono il livello fondamentale della pianura novarese.

2.2 . CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'assetto geomorfologico locale è caratterizzato dalla presenza di due elementi ben evidenti, che riflettono la propria genesi e la propria natura geologica:

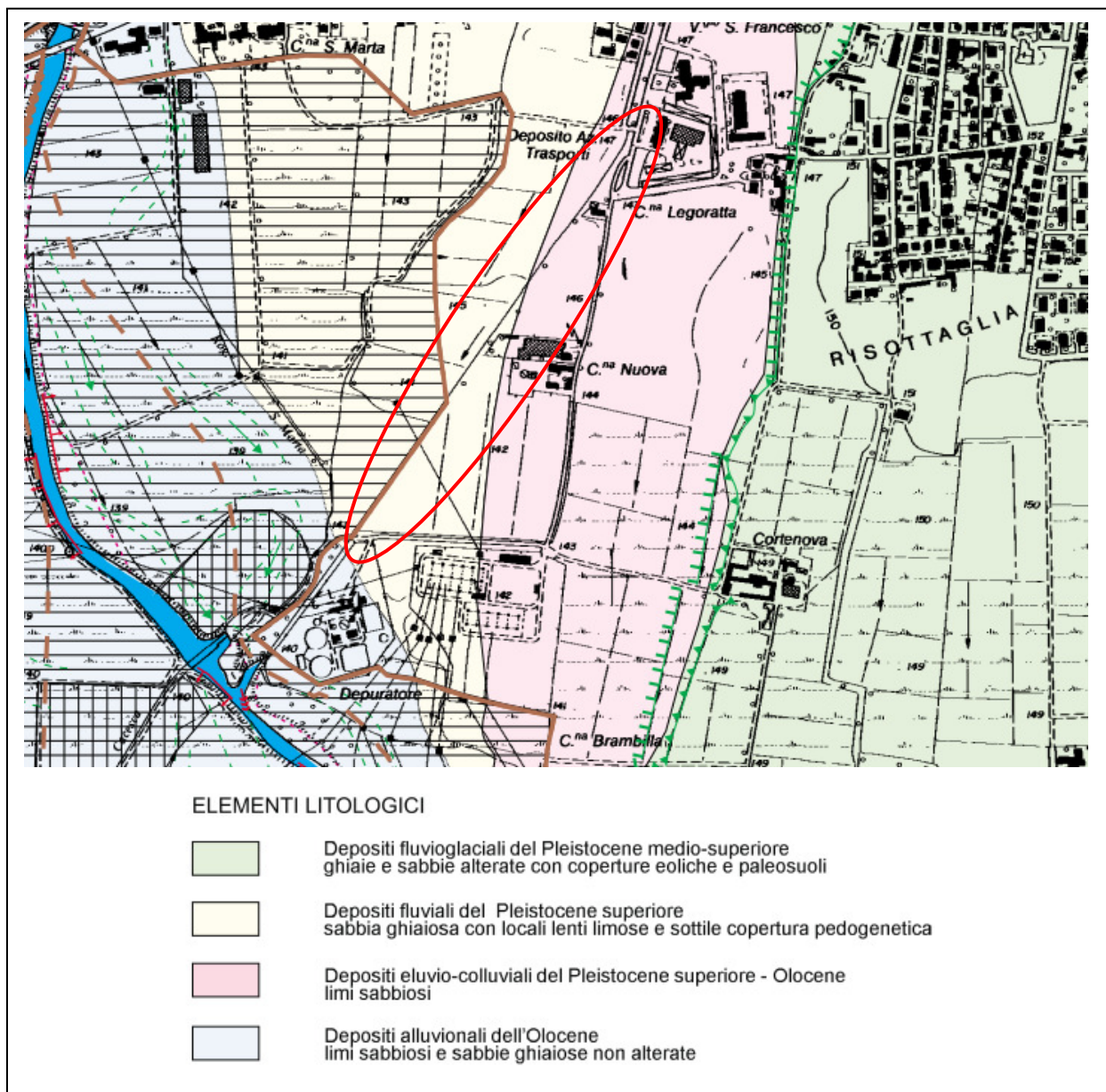
- terrazzo fluvioglaciale pleistocenico costituito dalle “Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, alterate in terreni argillosi giallo-ocracei per uno spessore massimo di 3 metri. RISS p.p.”.

Il terrazzo di altezza pari a circa 5 m forma il pianalto, la cui sommità presenta una superficie blandamente ondulata con quote medie comprese tra circa 148 e 152 m s.l.m., su cui si sviluppa il quartiere cittadino denominato Rizottaglia e la frazione del Torrion Quartara. Il terrazzo è costituito da sedimenti fluvioglaciali antichi (Riss) e risulta inciso ed eroso durante l'ultimo periodo interglaciale;

- livello fondamentale della pianura, costituito dalle “Alluvioni fluvioglaciali ghiaioso ciottolose e fluviali prevalentemente sabbioso limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro WÜRM”.

Il terrazzo del Pleistocene medio-superiore si raccorda al Livello fondamentale della pianura mediante delle sottili fasce colluviali, di limitata estensione areale, costituiti prevalentemente da limi sabbiosi/ sabbie limose.

Solo verso l'asse del torrente Agogna si distinguono depositi alluvionali, olocenici.



Stralcio PRG comunale - Componente Geologica Tav.2 A "Carta geomorfologica e dei dissesti"

2.3 . CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LUNGO IL TRACCIATO DELLA TOMBINATURA

La parte iniziale del tracciato, sino alla Cascina Nuova (sino all'incirca tra la sezione n.5 e la sezione n. 6 di progetto), si sviluppa nei depositi eluvio colluviali, limoso sabbiosi.

Il restante tracciato, sino alla confluenza nell'impianto di depurazione, si sviluppa prevalentemente entro i depositi fluvioglaciali wurmiani, costituiti da alluvioni ghiaioso ciottolose e sabbioso limose, con debole strato di alterazione brunastro e solo il tratto terminale (a valle della circonvallazione) ricade nei depositi alluvionali olocenici del torrente Agogna, costituiti da limi sabbiosi e sabbie ghiaiose non alterate.

3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Sulla base della classificazione sismica del territorio nazionale ai sensi del O.P.C.M. n.3274/2003 il territorio su cui è ubicato il sito rientra nella ex Zona 4, ove cioè il rischio sismico è minimo (accelerazione del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni < 0,05 g).

La classificazione sismica attualmente in vigore in Piemonte è quella richiamata nella DGR n. 65-7656 del 21 Maggio 2014, che riprende quanto già individuato con le precedenti DDGR n. 4-3084 del 12/12/2011 e n. 11-13058 del 19/01/2010.

Considerando il baricentro della nuova edificazione con le seguenti coordinate geografiche, ed in Classe II , i parametri di pericolosità sismica sono i seguenti:

Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)
45.42597087	8.60014563
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)
45.42776	8.601193
Altitudine (mt)	0
Classe dell'edificio	
II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamen	
Vita Nominale Struttura	50
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	50

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.015	2.522	0.160
Danno	50	0.018	2.498	0.170
Salvaguardia Vita	475	0.037	2.631	0.282
Prevenzione Collasso	975	0.044	2.671	0.306

3.1 CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Le NTC 2008 in assenza di specifiche analisi sismiche, per la definizione dell'azione sismica prevedono che si possa fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, come di seguito riportato, dove

la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione
$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}.$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente NSPT,30 è definita dall'espressione

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Dall'analisi ragionata dei risultati emersi dalle prove in sito e dagli studi di PRG comunale, per l'area entro cui ricade il sito in oggetto, è ragionevole stimare una categoria sismica dei terreni di fondazione pari a **C**.

4. AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE

Sotto l'aspetto dell'idrografia superficiale, unico corso d'acqua naturale di spicco nell'intorno del sito è il Torrente Agogna che scorre, nel punto più prossimo al tracciato, a meno di 500 m.

Torrente Agogna

Nasce dal Monte Mottarone sulle Prealpi novaresi; scorre da Nord - NordOvest a Sud - SudEst attraverso la Pianura Novarese e la Lomellina, fino a sfociare nel Po a Sannazzaro de'Burgondi. Ha una lunghezza di 140 km ed un bacino imbrifero di 1560 km²; il suo regime è torrentizio con portate minime di pochi m³/s e portate massime che possono superare i 300 m³/s, appena a Sud del Canale Cavour. Attraversa il territorio del comune di Novara nella porzione occidentale in direzione Nord Sud.

Le sue acque vengono derivate mediante alcune rogge. Non interferisce con l'intervento in progetto.

Cavi irrigui minori, Colatori

Dato il contesto prevalentemente agricolo entro cui si snoda l'intervento, distribuiti su tutta l'area esaminata si rilevano cavi irrigui minori e nello specifico il Cavo Romano (che si presenta parallelo al collettore sino a poco oltre la sezione n.5 di progetto) ed il Cavo S. Marta, per cui è previsto un sifone di attraversamento (appena oltre la sezione n. 8 di progetto).

La funzione dei cavi irrigui sarà garantita anche a seguito della realizzazione dell'intervento in progetto.

5. AMBIENTE IDRICO SOTTERANEO

5.1 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

L'assetto idrogeologico dell'area in studio è strettamente connesso alla sua caratterizzazione litostratigrafica e geomorfologica, che si presenta particolarmente articolata.

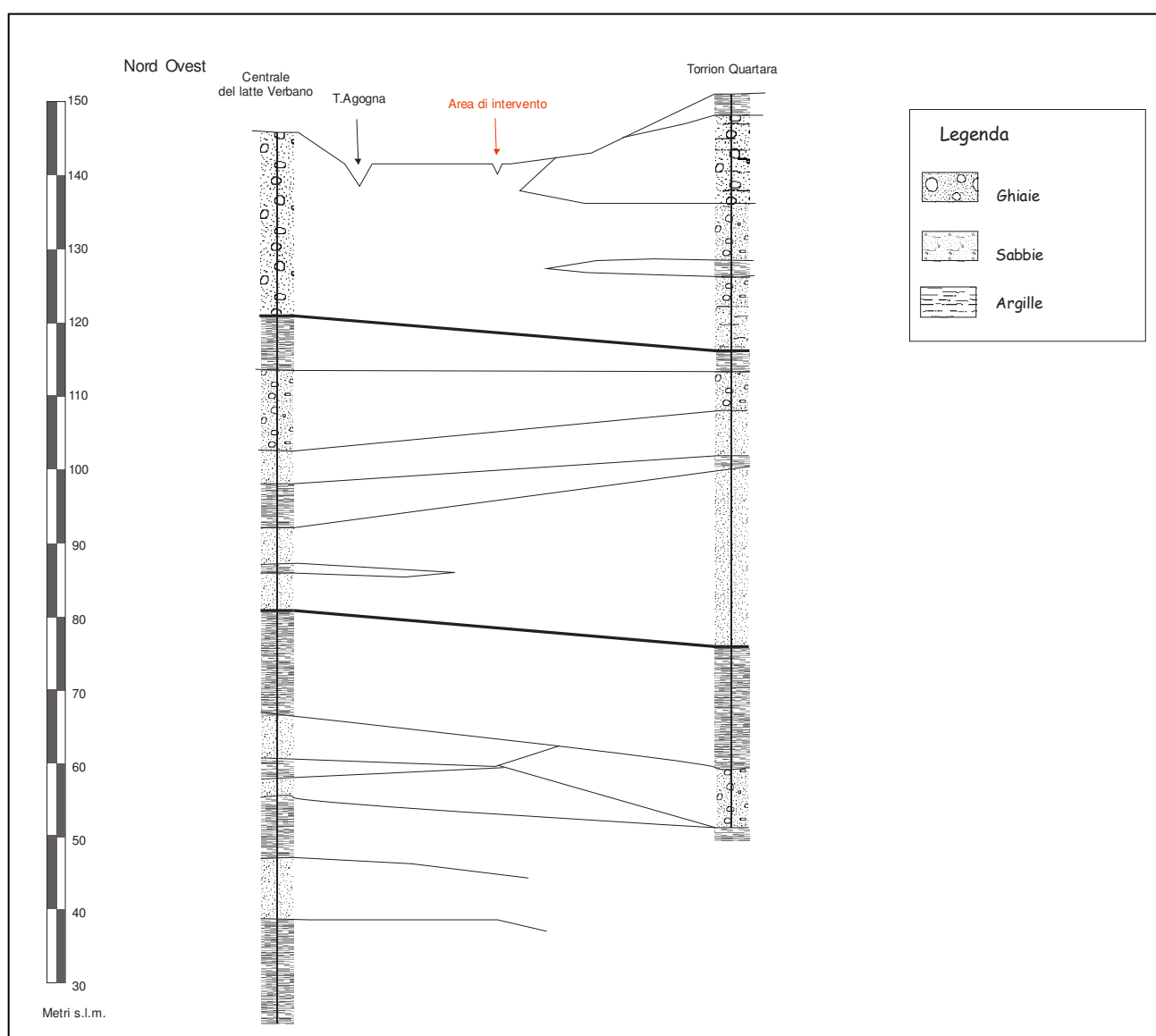
La ricostruzione litostratigrafica di un intorno significativo dell'area interessata dall'intervento oggetto di studio è stata realizzata con l'ausilio di una sezione, orientata E-O, elaborata attraverso i dati delle colonne litostatigrafiche del pozzo comunale n.11 sito al Torrion Quartara e di un pozzo industriale privato ubicato nello stabilimento della Centrale del latte Verbano.

In particolare, dalla ricostruzione ottenuta si evince che nell'area in oggetto e nell'area vasta circostante, sono riconoscibili tre unità litostratigrafiche costituite da ghiaie con sabbie, la più superficiale, prevalentemente da sabbie con locali banchi argillosi, quella intermedia e prevalentemente argillosa quella più profonda.

L'unità superficiale di origine alluvionale presenta uno spessore locale di circa 20-25 m.

Il banco argilloso con spessori dell'ordine di 5 m, presente a letto del complesso ghiaioso superficiale, determina localmente una compartimentazione idrogeologica rispetto al complesso sabbioso sottostante più antico.

Alla profondità di oltre 60 m, a letto del complesso sabbioso, si individua un complesso più profondo, prettamente argilloso, con torba ascrivibile ad una facies di transizione Villafranchiana.



Sezione litostatigrafica

5.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Al fine di evidenziare le caratteristiche idrogeologiche della circolazione idrica nel sono state utilizzate le sezioni litostratigrafiche descritte in precedenza.

L'assetto idrogeologico del territorio in esame, fino alla profondità media di circa 130 m, può essere schematizzato come segue:

- Acquifero superficiale “tradizionalmente sfruttato” sede di:
 - ⇒ falda libera, sita nel complesso superficiale ghiaioso-sabbioso, con locali comunicazioni idrauliche con il sistema sottostante;
 - ⇒ falda semiconfinata, cioè con locali compartimentazioni, sita nel complesso a predominanza sabbioso - ghiaiosa e solo localmente connessa con la falda libera sovrastante.
- Acquifero profondo caratterizzato da un sistema multifalde sito nel complesso a predominanza argillosa.

L'acquifero superficiale, la cui base coincide con la comparsa dei primi corpi argillosi aventi una certa estensione o comunque un orizzonte che segnala un deciso passaggio a sedimenti dalla tessitura fine, è costituito da un “materasso” alluvionale ad elevata permeabilità; questo si ispessisce da Nord in direzione Sud con spessori che variano tra i 40 ed i 70 m, mentre da Ovest verso Est mantiene uno spessore pressoché costante.

5.3 FALDA FREATICA

La prima falda, impiegata per scopi irrigui ed industriali, risulta essere notevolmente produttiva e con portate specifiche elevate (qualche decina di litro per metro di abbassamento); la conducibilità idraulica generale è stimata dell'ordine di $K = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

L'andamento generale del flusso di falda è NNW-SSE e presenta un gradiente idraulico pari a circa 0.15%, concordante con il gradiente topografico locale.



Stralcio elaborati geologici PRG. - Tav.3 A “Carta Geoidrologica”

Dall’analisi degli elaborati del P.R.G. comunale Tav.3 A “Carta Geoidrologica”, si evidenzia localmente il livello freatico compreso tra circa quota 137,5 a valle, e 139,0 m s.l.m. a monte dello sviluppo del tracciato del collettore in oggetto.

Dall’analisi della cartografia del Geoportale Regionale (Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti - BDTRE 2017 e Carta della piezometria della falda superficiale (periodo giugno-luglio 2002), di cui si allega uno stralcio, il livello della falda freatica è compreso tra circa quota 135,5 a valle, e 137,0 m s.l.m. a monte dello sviluppo del tracciato del collettore in oggetto.

Da quanto emerso dalle indagini condotte in sito nel giugno 2017, la soggiacenza media può essere stimata dell’ordine di circa 7,0-8,0 m da piano campagna nella porzione settentrionale del tracciato di intervento (sino all’altezza della C.na Nuova) e dell’ordine di circa 3,0 m da p.c. nella porzione terminale.

Entro l’area del Depuratore, nel 2004 è stata condotta una campagna geognostica dalla ditta *Geoprove s.n.c.* di Treviolo (BG), mediante l’esecuzione di quattro sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di m 10,50 dal piano di campagna.

Come risulta dai dati di campagna consultati, il livello freatico nei quattro sondaggi era stato riscontrato tra circa 2,3 e 2,9 m di profondità da piano campagna.

In data 13 giugno 2017, sono state realizzate due trincee esplorative per il campionamento qualitativo dei terreni, ubicate in prossimità delle estremità del tracciato in oggetto.

La trincea di monte ha raggiunto i 7,0 m di profondità e la falda non è stata intercettata; solo a fondo scavo il terreno presentava un aumento di umidità, indicativo dell'approssimarsi alla frangia capillare.

La trincea di valle ha raggiunto invece i 3,0 m di profondità; come per la trincea di monte, a fondo scavo si cominciava a intravedere un aumento di umidità, indicativo dell'approssimarsi alla frangia capillare.

In data 19 giugno 2017, si sono eseguite due prove penetrometriche dinamiche, in posizioni circa prossime alle suddette trincee.

La prova di monte, denominata DPSH1, ha raggiunto la profondità di 8,2 m e la falda non è stata intercettata.

La prova di valle, denominata DPSH2, ha raggiunto la profondità di 7,2 m e la falda è stata intercettata a circa 4,0 m di profondità 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.

6. CENSIMENTO POZZI

L'analisi degli elaborati tecnici del "Censimento Pozzi" redatto dallo Studio Idrogeo per il Comune di Novara negli anni '90, non ha evidenziato la presenza di pozzi entro un intorno significativo del sito.

I pozzi pubblici ubicati in un intorno del sito in oggetto risultano essere:

- il pozzo n.40, di via Bollati, posto a monte del sito ad una distanza minima di circa 1 km;
- il pozzo n.43, di via Monte San Gabriele, posto ad una distanza minima di circa 1,3 km;
- il pozzo n.11, del Torrion Quartara, posto ad una distanza minima di circa 1,3 km.

7. VULNERABILITÀ INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI SECONDO IL METODO G.O.D. DI FOSTER

Il termine vulnerabilità di un acquifero è usato per rappresentare la caratteristica intrinseca che determina la sensibilità di varie parti di un acquifero ad essere colpito da un agente inquinante proveniente dall'esterno (Foster S.S.D., 1987).

La vulnerabilità di un acquifero rappresenta la facilità con cui esso può essere raggiunto da un eventuale inquinante a partire dalla superficie del suolo o ancora la suscettività specifica di esso ad ingerire e diffondere un inquinante liquido idrotrasportato (De Luca, 1994).

Questo concetto di vulnerabilità integra i differenti fattori fisici che determinano la misura in cui i sistemi sotterranei si trovano più o meno esposti all'inquinamento proveniente dalla superficie (Albinet e Margat, 1970).

La vulnerabilità di un acquifero può essere facilmente suddivisa in alcune componenti, elementari e logiche, semi indipendenti:

- a) inaccessibilità della zona satura, in senso idraulico, alla penetrazione degli agenti inquinanti mobili.
- b) capacità di attenuazione, come risultato di ritenzione fisico chimica o reazione degli inquinanti.

Queste due componenti della vulnerabilità degli acquiferi interagiscono direttamente con le rispettive componenti inquinanti presenti nel sottosuolo:

- a) disposizione dell'inquinante, specialmente in relazione ad ogni possibile interazione tra suolo e/o zona insatura, e la magnitudo dell'evento inquinante
- b) mobilità fisico - chimica dell'inquinante e sua persistenza.

È da notare quindi come il concetto di vulnerabilità, se da una parte implica uno stato di potenziale pericolo per la qualità delle acque sotterranee, dall'altra deve essere tenuto slegato dalla tipologia delle fonti inquinanti, di conseguenza la valutazione del grado di vulnerabilità degli acquiferi deve dipendere solamente dalle condizioni ambientali esistenti, sia naturali che antropiche, ma non dalla presenza o meno di sorgenti inquinanti.

In altre parole, ad esempio, la presenza o meno di centri abitati o di aree industriali riduce l'infiltrazione, che è uno dei fattori che influenzano la vulnerabilità, mentre la presenza di un eventuale scarico costituisce esclusivamente una fonte di possibile pericolo che non influenza la vulnerabilità della falda acquifera.

Bisogna quindi tenere distinte la facilità con cui un acquifero può essere vulnerato (grado di vulnerabilità) da un inquinante, dalla capacità di penetrazione dell'inquinante stesso, che dipende invece dalle sue caratteristiche fisico chimiche e dalle modalità con cui avviene la contaminazione.

Vediamo ora quali sono i principali elementi che influenzano o possono influenzare la vulnerabilità di un acquifero:

1. soggiacenza della superficie piezometrica (corrispondente alla potenza della zona non satura),
2. natura della zona non satura;
Questa coppia di fattori influenza il tempo di percolazione di un possibile agente inquinante fino alla superficie della falda e la capacità dei terreni di attenuare l'aggressività dell'inquinante durante il tragitto dello stesso.
3. tipo e grado di permeabilità dell'acquifero ed idrodinamica delle acque sotterranee; questi fattori condizionano la velocità di propagazione e l'estensione in verticale ed in orizzontale dell'inquinante dopo che esso ha raggiunto l'acquifero,
4. rapporto tra le falde e corsi d'acqua veicoli di inquinamento,
5. entità dell'infiltrazione efficace che aumenta la possibilità di veicolazione fino alle falde di eventuali inquinanti immessi sulla superficie del suolo.

La vulnerabilità così delineata è definita “intrinseca” o “naturale” allorché si voglia sottolineare l'assenza di possibili interventi antropici che incidano su uno dei fattori appena elencati, facendo così variare il grado di vulnerabilità delle falde acquifere in condizioni naturali.

METODO G.O.D. DI FOSTER (1987)

Per un'analisi della suscettibilità di contaminazione delle acque sotterranee possono essere adottate alcune metodologie che servono come primo approccio al problema.

Foster nel 1987 propone un sistema per la valutazione rapida della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero una procedura definita G.O.D. e uno schema di metodo, che è stato adottato nel presente studio.

Secondo Foster spesso è richiesta una valutazione più semplice della vulnerabilità, almeno inizialmente.

Tale valutazione richiede secondo l'autore la disponibilità di dati facilmente reperibili per poter produrre una carta della vulnerabilità degli acquiferi e quindi di identificare le aree a diverso grado di vulnerabilità in modo immediato.

Questo metodo prende principalmente in considerazione la vulnerabilità risultante dall'arrivo degli inquinanti attraverso la zona non satura, e non per il trasporto laterale nell'acquifero.

Il metodo G.O.D. si basa sull'identificazione dei seguenti fattori:

- tipologia della falda
- litologia dell'acquifero
- profondità del livello piezometrico (falda libera) o del tetto dell'acquifero (falda in pressione).

A ciascuno di tali parametri è assegnato un valore da 0 a 1; il prodotto dei valori fornisce il grado di vulnerabilità dell'acquifero, in termini relativi e qualitativi, che permette, per mezzo della lettura di una apposita scala, di attribuire all'acquifero uno dei 6 gradi di vulnerabilità proposti dall'autore e cioè: *nulla, trascurabile, bassa, moderata, alta, estrema*.

Vulnerabilità intrinseca della prima falda

Ponendo quali presupposti fondamentali per il calcolo della vulnerabilità, mediante il metodo appena illustrato, i seguenti parametri:

- *Tipo di falda:* libera
- *Litologia dell'acquifero:* sedimenti sciolti, costituiti prevalentemente da materiale alluvionale fluvioglaciale mediamente grossolano, ghiaioso e ghiaioso sabbioso non alterato, con modeste coperture limose ed argillose (Piana wurmiana).
- *Soggiacenza minima:* circa 2,0 - 3,0 m da p.c. nel tratto meridionale del tracciato
circa 7,0 m da p.c. nel tratto settentrionale del tracciato.

Si ottiene, con tali parametri, un grado di vulnerabilità della prima falda, con valori compresi tra 0,63 e 0,56 corrispondente ad una classe di *vulnerabilità alta*.

8. INQUADRAMENTO DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E IDONEITA' URBANISTICA

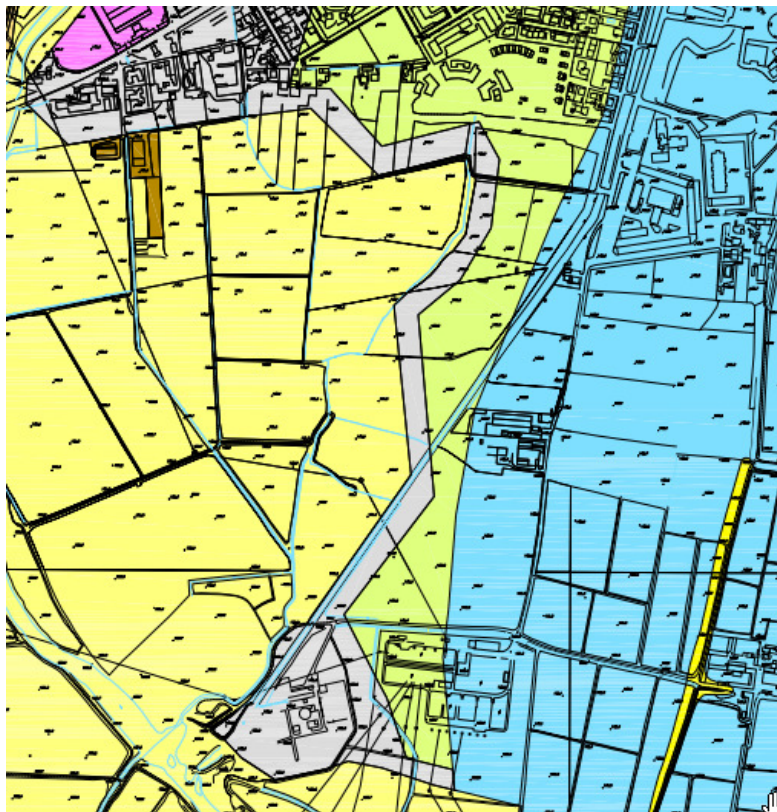
Dall'analisi del PRG vigente Tav.18 C "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica", il sito ricade parzialmente negli ambiti di:

- "Classe I: Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche (circa tra la Sezione n.6 e la Sezione n.8 di progetto);
- "Classe II: Porzioni di territorio dove le condizioni di modesta pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di Norme di attuazione ispirate al D.M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all'edificabilità.

Nello specifico

- *Classe II B: Aree caratterizzate dalla presenza di terreni argilloso-sabbiosi ed eluvio-colluviali con caratteristiche geotecniche mediocri e/o da scarpate con altezza < 3 m o da pendii di modesta entità, sovente rimodellati dall'attività agricola o da testate delle vallecole presenti nei terreni del Pleistocene medio-sup., poco incise; (Indicativamente dal tratto iniziale sino a circa la Sezione n.6 di progetto)*
- *Classe II C: Aree caratterizzate dalla presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi e soggiacenza della falda freatica inferiore a 3 m. (Restante porzione di sviluppo del tracciato di progetto).*

A sud di Cascina Nuova, il tracciato del collettore materializza il limite con la Classe di pericolosità III A1, coincidente con il limite esterno della Fascia B del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) sul torrente Agogna.



Classe di idoneità	Condizioni di Pericolosità	Pericolosità ai sensi circ. 7/LAP
I	Area senza limitazioni d'uso di tipo geologico	Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche; gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11 Marzo 1988.
II	a Area caratterizzata da allagamenti per trascinamento della rete irrigua locale o rispetto della rete fognaria	Porzioni di territorio dove le condizioni di modesta pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici e/o opere di bonifica di attuazione ispirate al D.M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree insediato, né condizionare le progettazioni all'edificabilità.
	b Area caratterizzata dalla presenza di terreni argilloso-sabbiosi ed eluvio-colluviali con caratteristiche geotecniche mediane e/o da scarpate con altezza >3 m o da pendii di modesta entità, sovente vincolati dall'attività agricola; zone delle vallate presenti nei terreni del Pleistocene medio-sup., poco incise; aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati)	
	c Area caratterizzata dalla presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi e soggiacenza della falda freatica a 3 m e aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati)	
	d Area comprese nella Fascia C del P.A.I., caratterizzate sia dagli elementi penalizzanti di cui alla Classe IIa sia da allagamenti per trascinamento torrenziale con tratti idraulici moderati, scarse o nulle eroghe e aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati)	
III	a ₁ Area comprese nella Fascia A e B del P.A.I. e soggette alle norme di cui agli artt. 29, 30, 39, Titolo II, N.d.A. del P.A.I. Fascia di rispetto dei corsi d'acqua pubblici o con abuso denunciato (ai sensi dell'art. 96 del R.D. 525/1904)	Porzioni di territorio inidonee che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inadatte a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericoli di valanghe, aree affluibili da acque di cessione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali) vale quanto già indicato all'art. 11 della L.R. 56/77.
	a ₂ Area inidonee comprese nelle fasce di rispetto dei fontali	
	a ₃ Area inidonee caratterizzate dalla presenza di terreni con caratteristiche geotecniche mediane o scadenti e da scarpate attive con altezza >3 m; valicoe incise nei terreni del Pleistocene medio-sup.	
	b ₂ Area situate a sorgo della Fascia B di progetto del P.A.I., condottibili in natura e soggette temporaneamente alla norma prevista per la Fascia B (artt. 28, 30, 39 N.d.A. del P.A.I.) secondo i disegni di cui all'art. 11 della Delib. 16/07/2001 dell'Assessorato di Bacino del fiume Po	
	b ₃ Area edificate comprese all'interno della Fascia B del P.A.I., soggette alle norme di cui agli artt. 29 e 30, Titolo II, N.d.A. del P.A.I.	
	b ₄ Area edificate comprese all'interno della Fascia A del P.A.I., soggette alle norme di cui agli artt. 29 e 30, Titolo II, N.d.A. del P.A.I. aree edificate comprese nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua del reticolo idrografico	

Stralcio elaborati geologici PRG. - Tav.18 C ““Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica”,”

Si tratta di aree esondabili lungo il torrente Agogna per piene con tempi di ritorno di 200 anni e coincide con la Fascia B definita dal piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Come si evince dagli elaborati tecnici del P.R.G., il Collettore materializza il limite esterno della fascia B, per un tratto compreso all'incirca tra la C.na Nuova (circa in corrispondenza della sezione di rilievo n.8) e la strada di accesso all'Impianto di Depurazione (circa in corrispondenza della sezione di rilievo n. 11).

Con Deliberazione n. 2/2016 del 3 marzo 2016, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del Fiume Po ha approvato il Piano di Gestione del Rischio delle Alluvioni nel Distretto del Po (PGRA), in conformità agli artt. 7 e 8 della Direttiva 2007/60/CE, dell'art. 7 del D. lgs. n. 49/2010 nonché dell'art. 4 del D. lgs. n. 219/2010.

Il PGRA definisce, in linea generale per l'intero bacino del fiume Po, la strategia per la riduzione del rischio di alluvioni, la tutela della vita umana e del patrimonio economico, culturale ed ambientale esposto a tale rischio incardinandola su obiettivi operativi, fra i quali sono compresi il miglioramento delle conoscenze riguardanti la pericolosità ed il rischio di alluvioni e la riduzione dell'esposizione al rischio che si dovrà raggiungere anche con azioni volte ad assicurare maggior spazio ai fiumi.

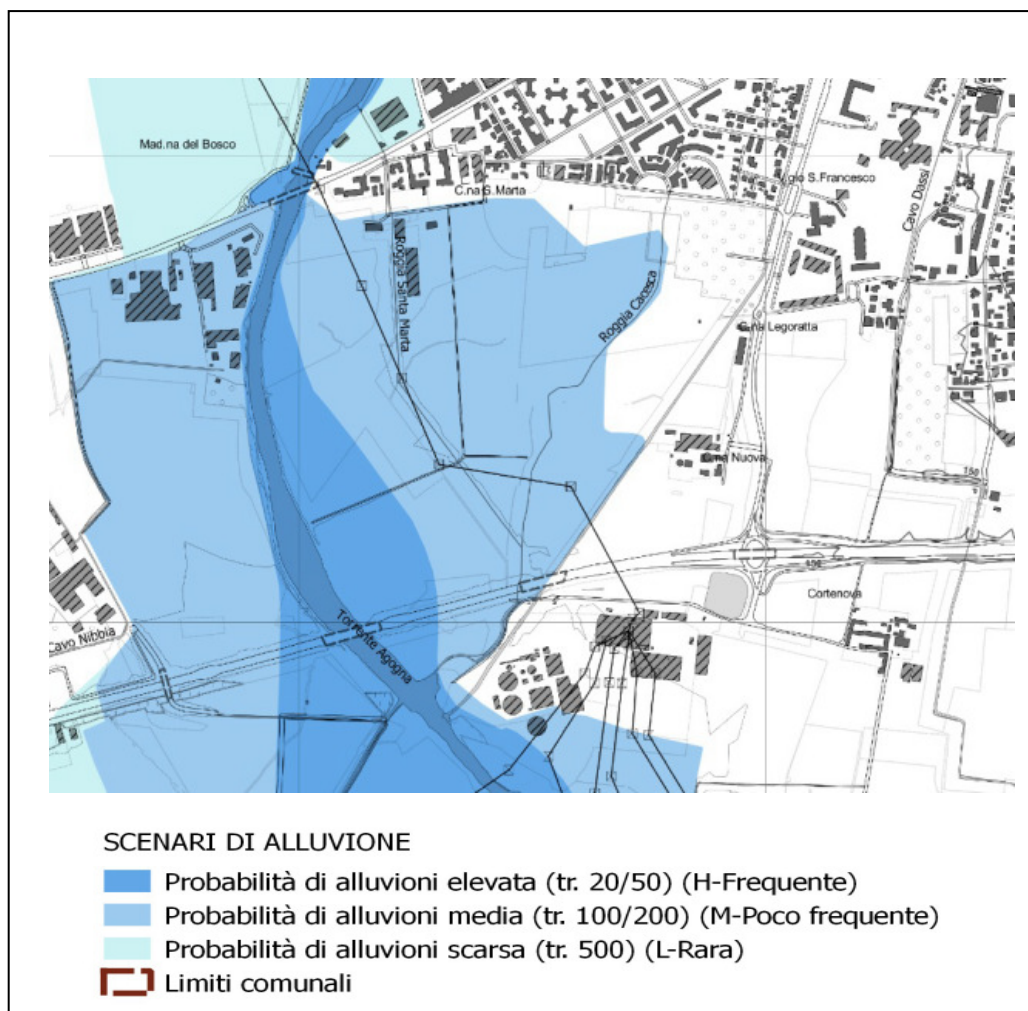
In generale, le azioni di Piano sono rivolte a far sì che nelle aree a pericolosità idraulica il rischio non venga incrementato.

Il PGRA prevede che in alcune aree a rischio elevato o molto elevato venga promosso l'avvio di azioni di delocalizzazione degli immobili presenti qualora gli stessi non possano più essere ritenuti compatibili con le condizioni di rischio connesse al deflusso ed all'espansione delle piene.

Le Mappe della Pericolosità e le Mappe di Rischio di alluvione elaborate dal PRGA, costituiscono integrazione al quadro conoscitivo del PAI, ai sensi della Delibera dell'Autorità di bacino del Fiume Po, n. 5/2015 del 17/12/2015.

L'analisi delle Mappe della Pericolosità da Alluvione, aggiornate al 2015, mostra per l'area in oggetto:

- per il tratto di monte, sino all'altezza di cascina Nuova, assenza di pericolosità;
- per il tratto di valle, il Collettore oggetto di intervento materializza il limite dello scenario di alluvione con "Probabilità scarsa (Tr 500 anni) L- Rara".



Stralcio PGRA - Carta della pericolosità da Alluvione

9. INDAGINI IN SITO

In data 13 e 19 giugno 2017 sono state condotte prove in sito con lo scopo di definire le caratteristiche ambientali, litostatigrafiche 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 e 7,2 m da p.c..

L'ubicazione delle prove è cartografata in allegato.

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).

DPSH1

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

Coordinate: 45.429735; 8.603555

DPSH2

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

Coordinate: 45.423838; 8.597730

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

10. 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 prevalentemente 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.

Per la descrizione delle prove, l'elaborazione dei dati e la formulazione del modello geotecnico dei terreni, si rimanda alla "Relazione geotecnica sui terreni".

11. CONCLUSIONI

In conclusione, il quadro che emerge dalle caratterizzazioni effettuate evidenzia una situazione geologica disomogenea lungo il tracciato, distinguendo due porzioni distinte litostratigraficamente, a cui corrispondono le due unità geologiche entro cui si snoda il tracciato del collettore.

Il primo terzo del tracciato, a Nord della C.na Nuova, si sviluppa entro i depositi eluvio colluviali costituiti prevalentemente da limi sabbiosi, con caratteristiche geotecniche generalmente mediocri, sino alla profondità di circa 8,0 m da p.c..

La restante porzione del tracciato si sviluppa nell'unità geologica dei depositi fluviali del Pleistocene superiore generalmente costituiti da materiali granulari sabbioso ghiaiosi che, però, dalle indagini condotte nella trincea Tr2 e sulla verticale della prova DPSH 2 mostrano localmente una litostratigrafia prevalentemente argillosa ed argilloso sabbiosa, sino a circa 7,0 m da p.c.

Per quanto riguarda la situazione idrogeologica analizzata, il sottosuolo presenta una falda freatica, alimentata oltre che dal regime pluviometrico anche attraverso l'abbondante ricarica fornita a scala locale dal T.Agogna; inoltre, un importante apporto di alimentazione è connesso alla irrigazione per sommersione di pressochè tutta l'area circostante il sito di intervento; ciò comporta una considerevole oscillazione dei livelli freatici nel periodo irriguo. Dalle indagini condotte nel mese di giugno 2017:

- nella porzione settentrionale del tracciato (trincea TR1 e prova DPSH1) sino alla profondità di circa 8,0 m da p.c., la falda non è stata intercettata, benché i terreni a fondo prove si presentassero umidi per la probabile vicinanza alla frangia capillare;
- nella porzione meridionale (trincea TR2 e prova DPSH2) la falda è stata rinvenuta a circa 4,0 m di profondità da p.c..

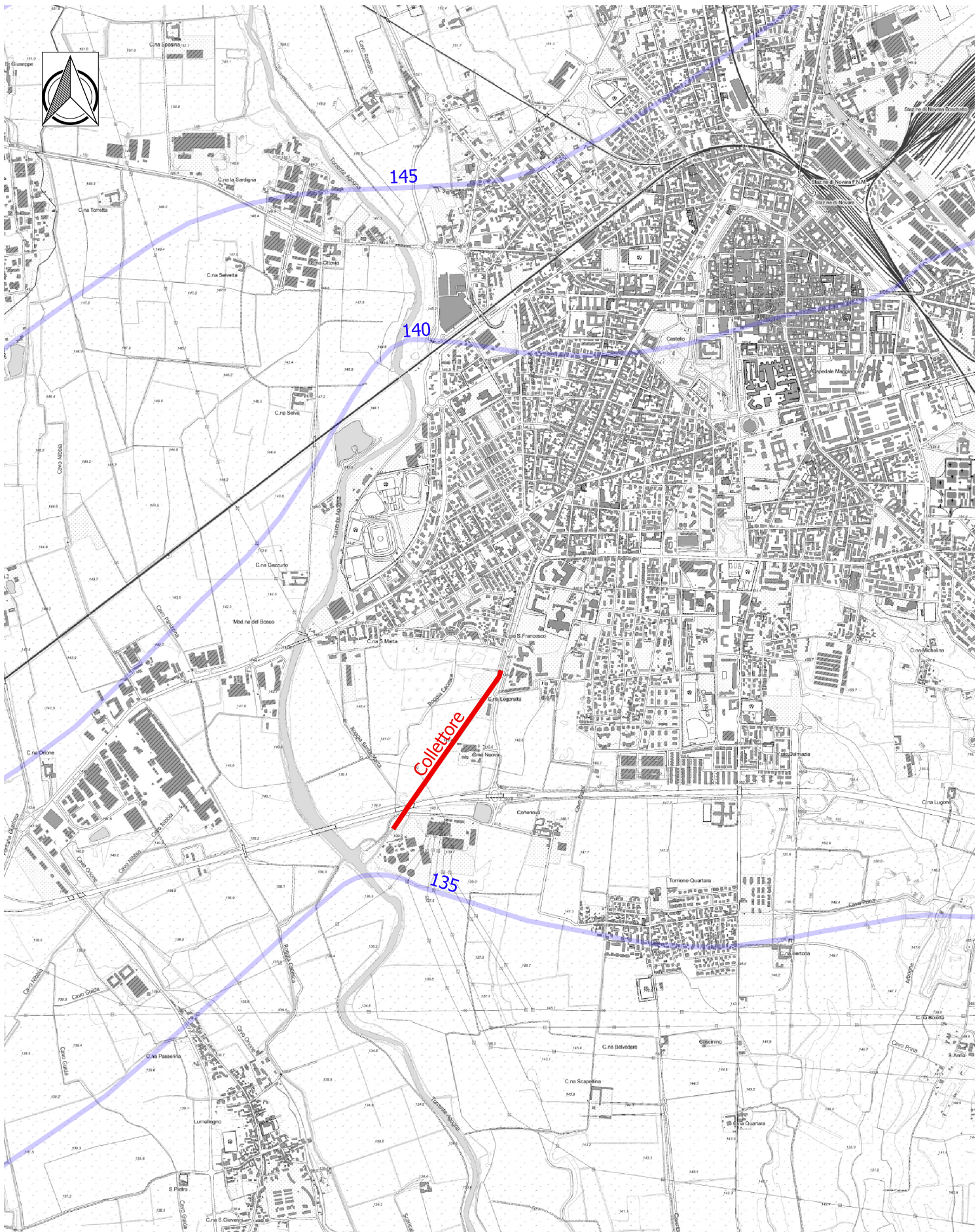
Il Collettore materializza il limite esterno della fascia B, per un tratto compreso all'incirca tra la C.na Nuova (circa in corrispondenza della sezione di rilievo n.8) e la strada di accesso all'Impianto di Depurazione (circa in corrispondenza della sezione di rilievo n. 11).

in fase esecutiva dovrà essere verificata la rispondenza con il presente modello geologico nella porzione centrale del tracciato che attualmente, per impossibilità logistica, non è stato possibile investigare.

Novara, giugno 2017

Allegati

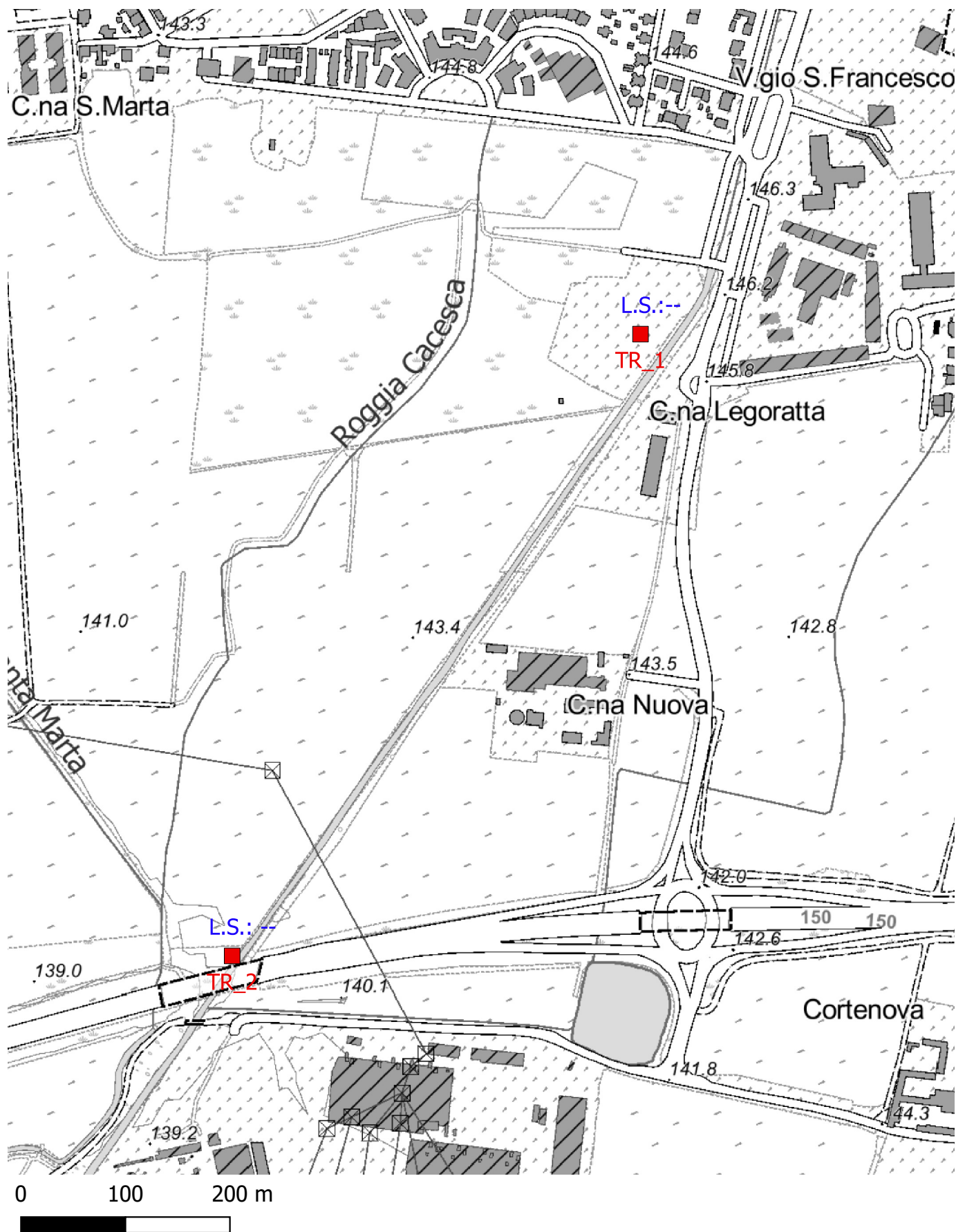
- Carta della superficie freatica;
- Carta Ubicazione Trincee esplorative;
- Carta Ubicazione prove penetrometriche dinamiche DPSH.



0 250 500 m

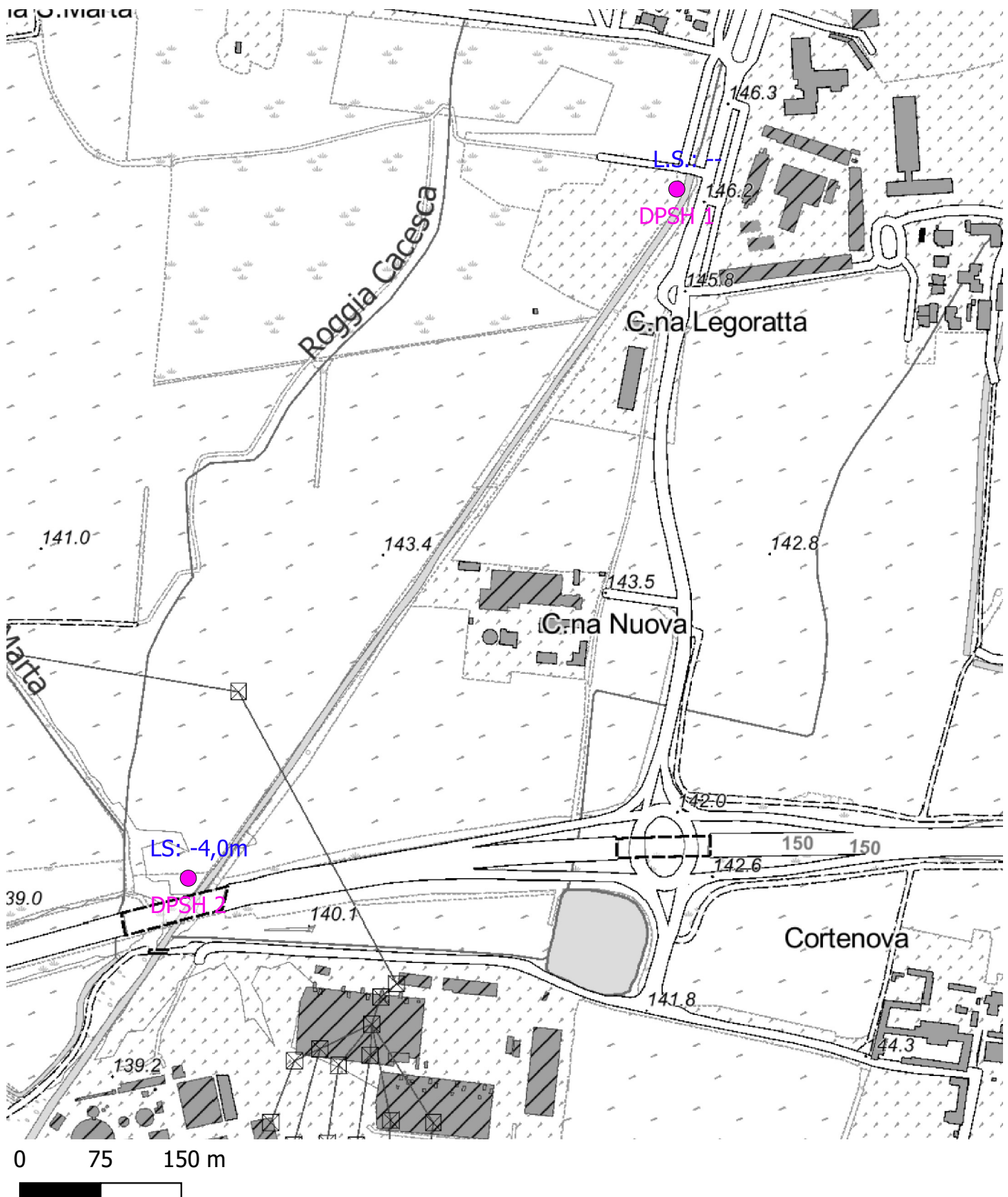


Carta della piezometria della falda freatica



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.