REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI NOVARA
COMUNE DI BORGOMANERO

STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL NUOVO PIANO REGOLATORE CIMITERIALE

RELAZIONE IDROGEOLOGICA E GEOLOGICO - TECNICA (D.C.R. 61 – 10542 del 17 Marzo 2015)

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Redatto	Controllato
	27/03/23	Documento di rito		Dott. Geol. M. Mazzetti	Dott. Geol. F. Grioni

TELLUS s.r.l.
Topografia • Geologia
Servizi per l'ingegneria

Ufficio amministrativo: Novara, Via Lagrange 28
Tel. 0321-49.97.42 · e-mail: info@tellussrl.it
PEC: tellus.srl@pec.it

Committente

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI BORGOMANERO

Identificativo del documento

PRG 23 – BORGOMANERO, PIANO REGOLATORE CIMITERIALE

PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Borgomanero, si è redatta la seguente relazione idrogeologica e geologico-tecnica a supporto del nuovo Piano Regolatore Cimiteriale, secondo i criteri stabiliti dal D.C.R. 61 – 10542 del 17 Marzo 2015 e in ottemperanza al D.P.R. 10 settembre 1990, n. 285 e s.m.i.

La revisione di tale Piano interessa esclusivamente gli impianti del Cimitero Monumentale (Capoluogo) e quelli delle frazioni di San Marco e di Santa Cristina, per i quali si è verificata la compatibilità degli interventi e le eventuali interferenze con le matrici ambientali: suolo, sottosuolo, acque sotterranee e superficiali, in riferimento all'art.3 bis della L.R. 56/77, in particolare nel rispetto di quanto indicato al comma 4 lettera c), esaminando i seguenti aspetti:

- caratteristiche geologico-geomorfologiche;
- caratteristiche delle unità geotecniche interessate dall'intervento.
- caratteristiche idrogeologiche e di vulnerabilità del primo acquifero;

INDICE

1 CIMITERO MONUMENTALE (CAPOLUOGO) 4

1.1 Ubicazione del sito 4

1.2 Analisi geologico-geomorfologica 5

1.2.1 Inquadramento geologico-geomorfologico 5
1.2.2 Lineamenti litostratigrafici 6
1.2.3 Sorgenti di rischio geologico 7

1.3 Analisi idrogeologica 8

1.3.1 Identificazione strutturale dei sistemi acquiferi 8
1.3.2 Descrizione del campo di moto dell'acquifero superficiale 8
1.3.3 Parametri idrodinamici degli acquiferi 9
1.3.4 Vulnerabilità degli acquiferi 9

1.4 Potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati 11

1.5 Considerazioni conclusive 11

2 CIMITERO DI SAN MARCO 11

2.1 Analisi geologico-geomorfologica 14

2.1.1 Inquadramento geologico-geomorfologico 14
2.1.2 Lineamenti litostratigrafici 15
2.1.3 Sorgenti di rischio geologico 15

2.2 Analisi idrogeologica 16

2.2.1 Identificazione strutturale dei sistemi acquiferi 16
2.2.2 Descrizione del campo di moto dell'acquifero superficiale 16
2.2.3 Parametri idrodinamici dell'acquifero libero 17
2.2.4 Vulnerabilità degli acquiferi 17

2.3 Potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati 18

2.4 Considerazioni conclusive 19

3 CIMITERO DI SANTA CRISTINA 19

3.1 Ubicazione del sito 19

3.2 Analisi geologico-geomorfologica 20

3.2.1 Inquadramento geologico-geomorfologico 20
3.2.2 Lineamenti litostratigrafici 22
3.2.3 Sorgenti di rischio geologico 22

3.3 Analisi idrogeologica 23

3.3.1 Identificazione strutturale dei sistemi acquiferi 23
3.3.2 Descrizione del campo di moto dell'acquifero superficiale 23
3.3.3 Parametri idrodinamici degli acquiferi 24
3.3.4 Vulnerabilità degli acquiferi 24

3.4 Potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati 25

3.5 Considerazioni conclusive 26

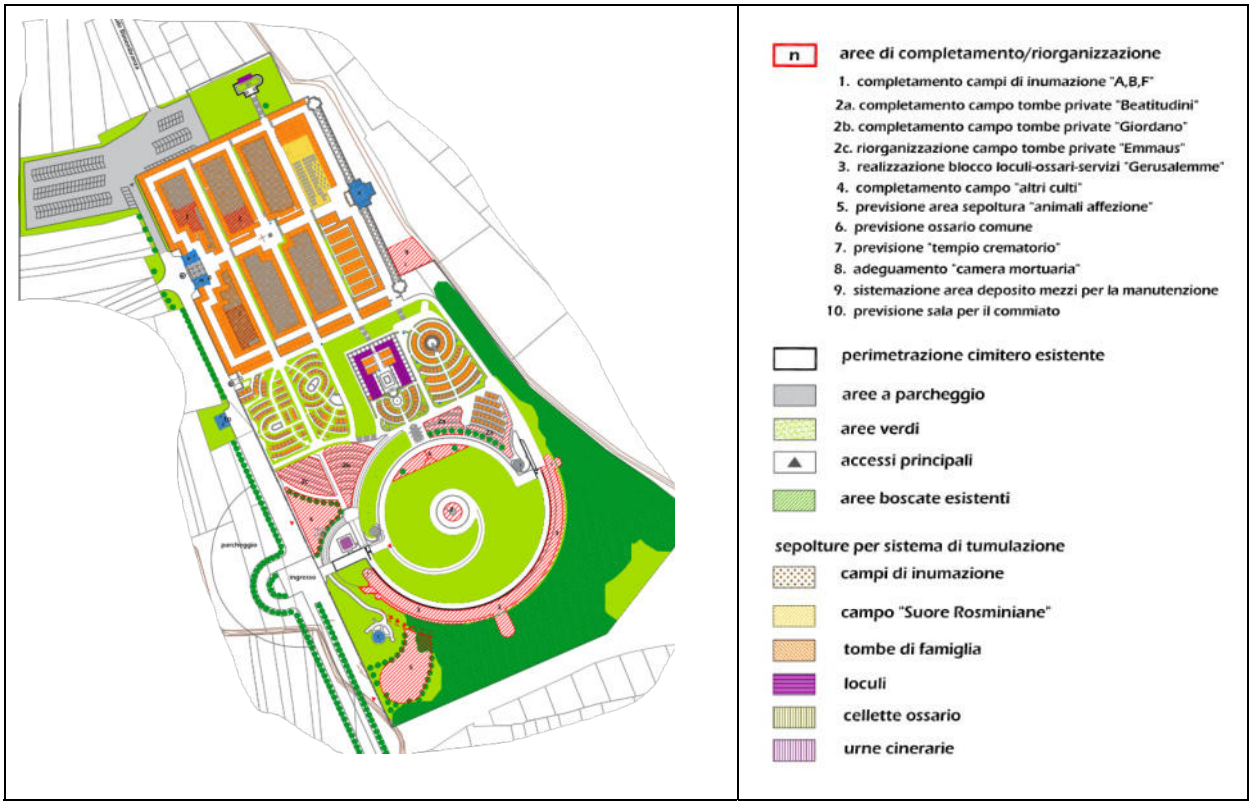
ELENCO DEGLI ALLEGATI

ALLEGATO N.		SCALA
1	COROGRAFIA - BDTRE 2022 REGIONE PIEMONTE SEZ. 094060, 094070, 094100, 094110	1: 20.000
2	STRALCIO DELLA TAV. 12 "CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA" DEL PRG VIGENTE DEL COMUNE DI BORGOMANERO	1: 10.000
	2A CIMITERO MONUMENTALE (CAPOLUOGO)	
	2B CIMITERO DI SAN MARCO	
	2C CIMITERO DI SANTA CRISTINA	
3	STRALCIO DELLA TAV. 9 "CARTA GEOIDROLOGICA" DEL PRG VIGENTE DEL COMUNE DI BORGOMANERO	1: 5.000
	3A CIMITERO MONUMENTALE (CAPOLUOGO)	
	3B CIMITERO DI SAN MARCO	
	3C CIMITERO DI SANTA CRISTINA	
4	STRALCIO DELLA TAV. 11 "CARTA DELLA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEI TERRENI" DEL PRG VIGENTE DEL COMUNE DI BORGOMANERO	1: 10.000
	4A CIMITERO MONUMENTALE (CAPOLUOGO)	
	4B CIMITERO DI SAN MARCO	
	4C CIMITERO DI SANTA CRISTINA	
5	STRALCIO DELLA TAV. 6 "CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI" DEL PRG VIGENTE DEL COMUNE DI BORGOMANERO	1: 10.000
	5A CIMITERO MONUMENTALE (CAPOLUOGO)	
	5B CIMITERO DI SAN MARCO	
	5C CIMITERO DI SANTA CRISTINA	
6	SEZIONE IDROGEOLOGICA	1:10.000/1:500

1 CIMITERO MONUMENTALE (CAPOLUOGO)

1.1 Ubicazione del sito

Il Cimitero Monumentale, ubicato a Sud-Est dell'abitato di Borgomanero, in località Sorga (all. n.1), è costituito da un ampio recinto di forma rettangolare a balze degradanti verso l'ingresso.



Il progetto prevede la riqualificazione della struttura mediante la seguente riorganizzazione, interna al perimetro:

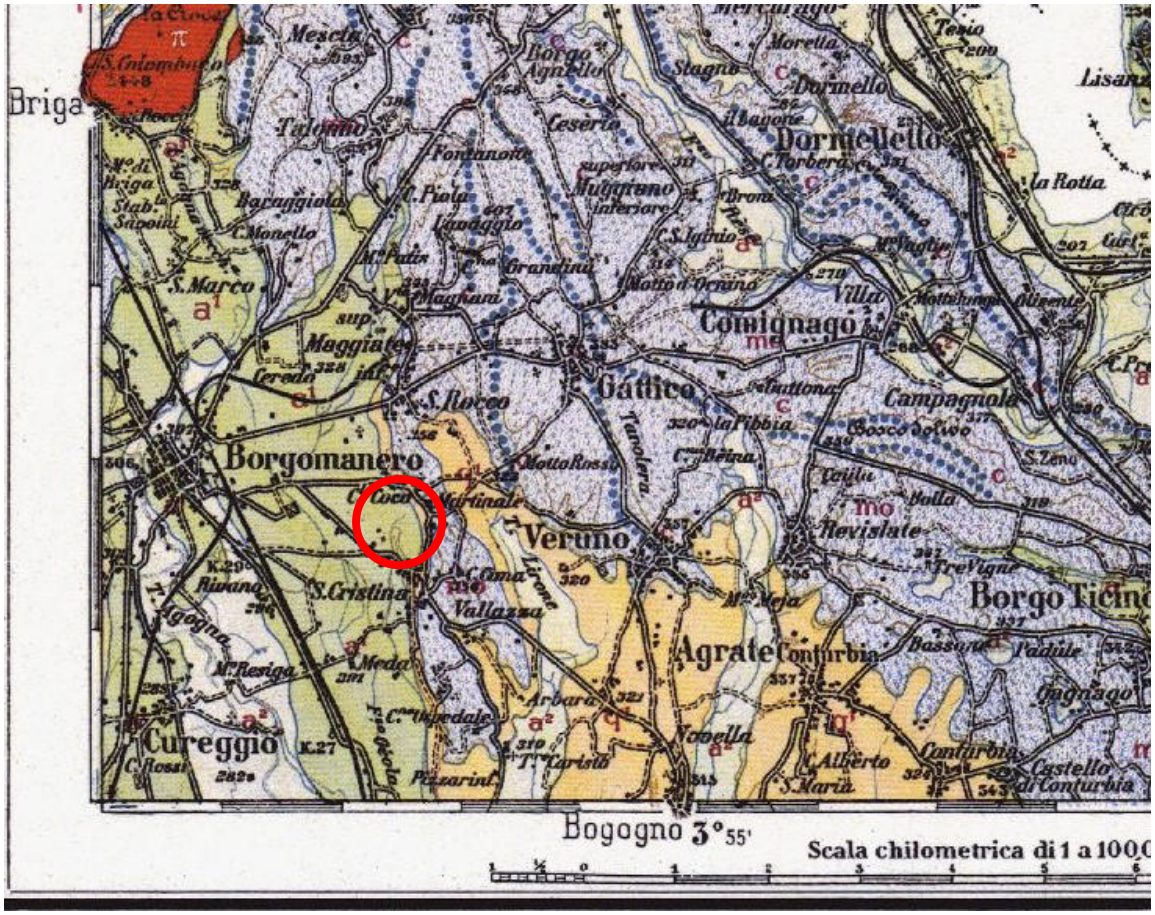
- progressiva saturazione degli spazi disponibili nei campi esistenti per inumazioni;
- completamento con tombe private del "Campo Beatitudini", realizzazione del "Campo Giordano" e riorganizzazione del "Campo Emmaus";
- realizzazione del "Campo Gerusalemme" per loculi-cellette ossario e servizi;
- completamento del campo di sepoltura per "altri culti" nella porzione rimanente del "campo Emmaus";
- previsione di un'area sepoltura "animali affezione";
- previsione di un'area a emiciclo delimitata dal muro di contenimento, alla base Nord della "collinetta", da destinarsi all'ossario comune;
- previsione di un "forno crematorio" sulla sommità della collinetta

- adeguamento normativo del locale adibito a camera mortuaria, sito all'ingresso del cimitero;
- previsione di una sala per commiato nel fabbricato esterno posto all'ingresso laterale del cimitero;
- sistemazione dell'area esterna al cancello Est per deposito mezzi di manutenzione mediante la realizzazione di nuova copertura.

1.2 Analisi geologico-geomorfologica

1.2.1 Inquadramento geologico-geomorfologico

Il territorio in studio è compreso nel Foglio n. 31 "Varese" della Carta Geologica d'Italia, in corrispondenza delle "alluvioni terrazzate recenti (a^1)".



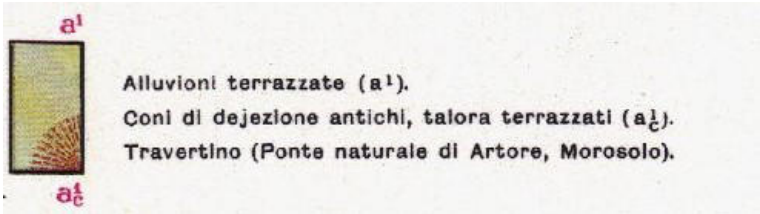


Figura 1 Stralcio del Foglio Geologico n.31 "Varese" (Scala 1. 100.000)

L'impianto originario del cimitero, risalente ai primi anni del secolo scorso, si trova ad una quota media di circa 307 m s.l.m., in corrispondenza delle alluvioni fluvioglaciali e fluviali recenti ed attuali (Olocene), formate prevalentemente da ghiaie-ciottolose con intervalli sabbioso-limosi.

Il successivo ampliamento verso Sud, caratterizzato da campi per tombe di famiglia, esteso fino alla sommità del rilievo con il 20% di acclività e quota media di circa 312 m s.l.m., interessa le alluvioni fluvioglaciali Würm-Riss (Pleistocene), prevalentemente ghiaiose, coperte da un paleosuolo argilloso di colore giallo-ocra, di ridotto spessore (all. n. 5A).

Tali depositi sono correlati alla massima espansione glaciale würmiana, che determinò il colmamento delle incisioni prodottesi durante l'interglaciale Würm-Riss (Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, 1969).

L'intensa azione erosiva asportò in parte gli apparati fluvioglaciali più antichi, permettendo alle alluvioni di depositarsi direttamente sui livelli pliocenici, come si può osservare nelle colonne stratigrafiche dei pozzi idropotabili terebrati nel Comune di Borgomanero.

Il limite delle alluvioni recenti con il fluvioglaciale Würm-Riss è evidenziato dalla scarpata del terrazzo morfologico, di altezza variabile da 5 a 10 m, ancora attiva lungo il versante orientale dell'area cimiteriale, per azione delle acque del T. Geola, che scorre al piede del pendio.

1.2.2 Lineamenti litostratigrafici

Nell'ambito delle unità litologiche principali, individuate dalla Banca Dati Geologica della Regione Piemonte, è riconosciuta, a tetto della successione litostratigrafica, una sola unità litologico-tecnica, così definita "Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)", con potenza di circa 25 m. (All. n. 4A).

Unità litologiche	**Assetto prevalente e caratteri strutturali**	**Indicazioni sulle caratteristiche litologiche e sul comportamento fisico**
A - Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)		
1A	Si tratta di depositi alluvionali olocenici terrazzati e del Würm-Riss, la cui complessità geotecnica dipende dall'eventuale sequenza disordinata di litotipi, con locale presenza di alternanze di livelli permeabili e impermeabili. Le giaciture risultano generalmente suborizzontali, talora inclinate in relazione ad episodi deposizionali particolari o lungo superfici acclivi, con rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi prevalentemente erosionali.	Ammasso eterogeneo da alterato a leggermente alterato, costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie con lenti limose con ciottoli, poligeniche, di densità sciolta. Comportamento fisico da non omogeneo a moderatamente omogeneo, elastoplastico ed anisotropo, in particolare per l'esistenza di strutture orientate e lenticolari. La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte. La permeabilità risulta variare da media ad alta.

Si tratta generalmente di terreni sciolti, di permeabilità buona (Casagrande e Fadum, 1940).

Nel dettaglio, occorre tuttavia evidenziare, che il settore meridionale dell'impianto cimiteriale, con i campi estesi fino alla sommità della "collinetta", dove si prevede il completamento delle tombe private, la realizzazione di un campo "per altri culti", l'ossario e il forno crematorio, è ricavato nelle alluvioni fluvioglaciali Würm-Riss.

Si tratta di terreni sciolti con copertura limoso sabbiosa di spessore ridotto, fino a circa 4 m, e con permeabilità scarsa (Casagrande e Fadum, 1940).

1.2.3 Sorgenti di rischio geologico

Rischio idrogeologico

Il sito è complessivamente stabile, soggetto a fenomeni geomorfologici trascurabili e non esondabile.

Relativamente alla pianificazione vigente (nuovo P.R.G.C. approvato con DGR 21 dicembre 2015, n. 70-2680), il settore settentrionale dell'area cimiteriale in esame ricade nella classe I della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, che comprende "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."

Il settore meridionale, caratterizzato da un modesto pendio e dalla parte sommitale della "collinetta" ricade rispettivamente nelle classi IIa "Zone con acclività da medio-bassa a media, caratterizzate da terreni con caratteristiche geotecniche che risultano essere in equilibrio con l'acclività" e IIe "Zone subpianeggianti, caratterizzate da difficoltà di drenaggio in locali aree depresse e/o da eventuale flusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza" (all.n.2A).

Rischio sismico

L'area d'indagine non è soggetta a fenomeni sismici di entità rilevante, presentando una massima intensità macrosismica riferita al Comune di Borgomanero inferiore al sesto grado della scala MCS ("Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani"; GNDT-ING-SSN).

Conseguentemente, secondo la classificazione sismica dei comuni piemontesi (D.G.R 30 dicembre 2019, n. 6-887), il Comune di Borgomanero ricade nella "zona 4" comprendente aree con basse probabilità di danni sismici e non sottoposte all'obbligo della progettazione antisismica.

1.3 Analisi idrogeologica

1.3.1 Identificazione strutturale dei sistemi acquiferi

Nel territorio in esame si possono individuare due complessi idrogeologici sovrapposti, distinti in funzione del grado di permeabilità (all. n.6):

- superiormente un *complesso altamente permeabile*, costituito dalle alluvioni oloceniche terrazzate e del Würm-Riss con permeabilità alta, in funzione della pezzatura prevalentemente grossolana, che li caratterizza; si tratta di ghiaie e sabbie con rare lenti limose di spessore limitato, con una potenza nell'area in esame di circa 25 m; si tratta di un acquifero a falda libera, monostrato, caratterizzato da locali falde sospese, dovute alla presenza di lenti a granulometria fine, di ridotto spessore. Occorre tuttavia evidenziare che, in corrispondenza del settore meridionale dell'impianto cimiteriale, comprendente il pendio e la sommità della "collinetta", il paleosuolo argilloso di copertura è caratterizzato una permeabilità scarsa;

- inferiormente un *complesso impermeabile*, formato dai depositi marini pliocenici; presenta una permeabilità che, in base alla successione litostratigrafica, prevalentemente limoso-sabbiosa, può essere stimata generalmente scarsa (Casagrande e Fadum, 1940); si tratta di un acquifero confinato negli intervalli sabbiosi.

1.3.2 Descrizione del campo di moto dell'acquifero superficiale

In base all'indagine documentale svolta, condotta utilizzando i dati ricavati dagli elaborati geologici a corredo del P.R.G.C. del Comune di Borgomanero, si ottengono le seguenti indicazioni idrodinamiche (all. n. 3A)

- il flusso sotterraneo locale è diretto principalmente verso SSE, con un gradiente idraulico medio, nel territorio in esame, pari a i = 1 %.

- la soggiacenza media della falda freatica è variabile da circa 8 m nei settori a quote più basse, sino a circa 15 m, in corrispondenza del settore meridionale dell'impianto cimiteriale, comprendente il pendio e la sommità della "collinetta;

- in base alla rete di monitoraggio dell'area di C,na Beatrice, posta ad una distanza di circa 3.000 m verso Nord, si evidenzia un'escursione stagionale annua in corrispondenza delle alluvioni fluvioglaciali e fluviali recenti ed attuali di circa 2 m, da cui si ricava una minima soggiacenza di circa 7 m dall'attuale pc.

1.3.3 Parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale

I parametri idrodinamici medi del primo acquifero, ricavati dal complesso dei dati disponibili, sono riassunti nella tabella seguente:

Parametri idrodinamici	Unità di misura	Acquifero libero
Permeabilità	m/s	$1 – 1x10^{-3}$
Trasmissività	m^2/s	$17 – 1,7x10^{-2}$
Porosità efficace	%	15

1.3.4 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero rappresenta la facilità con cui può essere raggiunto da un eventuale inquinante a partire dalla superficie topografica o ancora la suscettività specifica di questo ad ingerire e diffondere un inquinante liquido idrotrasportato (Albinet e Margat, 1970).

Dalle indagini idrogeologiche si evidenzia che, nell'area in esame, è presente un unico acquifero a falda libera, che, più a valle, alimenta le falde presenti nello spessore alluvionale, comprese quelle profonde, sfruttate dai pozzi idropotabili comunali.

Per la valutazione della vulnerabilità si è adottato il metodo G.O.D. (Foster, 1987), che permette una significativa stima della possibilità di diffusione degli inquinanti attraverso la zona aerata e il terreno saturo.

Il metodo si basa sull'identificazione dei seguenti fattori:

- tipo di falda
- composizione dell'acquifero
- soggiacenza della falda

A ciascuno di tali parametri si assegna un valore, variabile da 0 a 1, ed il prodotto fornisce il grado di vulnerabilità, in termini relativi e qualitativi.

All'interno del complesso altamente permeabile, si sono distinti i depositi olocenici, che caratterizzano la porzione pianeggiante e settentrionale del cimitero, dalle alluvioni fluvioglaciali del Würm-Riss, che interessano il settore meridionale, comprendente il pendio e la sommità della "collinetta".

COMPLESSO ALTAMENTE PERMEABILE: DEPOSITI OLOCENICI (SETTORE PIANEGGIANTE SETTENTRIONALE)	
TIPO DI FALDA	Falda libera
COMPOSIZIONE DELL'ACQUIFERO	ghiaie-ciottolose con intervalli sabbioso-limosi
SOGGIACENZA MINIMA DELLA FALDA	7 m
INDICE G.O.D.	0,56
CLASSE DI VULNERABILITÀ	Alta

COMPLESSO ALTAMENTE PERMEABILE; DEPOSITI DEL WURM-RISS (PENDIO E SOMMITÀ DELLA "COLLINETTA")	
TIPO DI FALDA	Falda libera
COMPOSIZIONE DELL'ACQUIFERO	ghiaie coperte da paleosuolo argilloso
SOGGIACENZA MINIMA DELLA FALDA	15 m
INDICE G.O.D.	0,34
CLASSE DI VULNERABILITÀ	Moderato

COMPLESSO IMPERMEABILE	
TIPO DI FALDA	Falda confinata
COMPOSIZIONE DELL'ACQUIFERO	limo sabbioso
SOGGIACENZA MINIMA DELLA FALDA	25 m
INDICE G.O.D.	0,07
CLASSE DI VULNERABILITÀ	Trascurabile

Nel caso in esame, si ottiene una vulnerabilità alta per l'acquifero superficiale in corrispondenza dei depositi olocenici, a causa della soggiacenza della falda e della litologia prevalentemente grossolana, media per quello compreso nei depositi del Würm-Riss, essendo protetto da uno spessore di terreni fini, e trascurabile per l'acquifero profondo, caratterizzato da falda confinata e scarsa permeabilità.

1.4 Potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati

Si sono considerate le matrici ambientali sensibili ad una potenziale dispersione di inquinanti, rappresentate da sottosuolo e acque sotterranee, con le seguenti possibilità di diffusione:

- dispersione areale nel sottosuolo con successiva veicolazione verticale per infiltrazione delle acque meteoriche;
- dispersione nelle acque sotterranee di prima falda, il cui acquifero presenta una vulnerabilità alta, determinata prevalentemente dalla soggiacenza e dalla granulometria grossolana, con una distribuzione a pennacchio, allungato nella direzione di flusso (prevalentemente verso SSE), con tendenza a diffondersi anche in profondità, interessando lo spessore dell'acquifero.

Le opere di captazione rappresentano i principali soggetti ad inquinamento e, nel contempo, possono costituire via di diffusione preferenziale della stessa contaminazione, qualora mettano in comunicazione falde diverse.

Nel caso in esame, dall'analisi della Carta Geoidrologica allegata al PRG del Comune di Borgomanero, l'unica opera di captazione ad uso potabile presente nei dintorni del sito è il "pozzo Santa Cristina", terebrato ad una distanza di circa 600 m verso Est, lateralmente al sito rispetto al flusso delle acque sotterranee.

Tale pozzo, inoltre, risulta allestito con filtri, che sfruttano unicamente l'acquifero profondo, caratterizzato da permeabilità scarsa e vulnerabilità trascurabile.

A valle dell'area cimiteriale, gli unici pozzi esistenti sono alcune opere ad uso domestico ed irriguo, con distanza minima di circa 100 m.

1.5 Considerazioni conclusive

In conclusione, si possono ricavare le seguenti indicazioni:

- il sito risulta geomorfologicamente stabile; il settore settentrionale, pianeggiante, è costituito dalle alluvioni fluvioglaciali e fluviali recenti ed attuali (Olocene), formate prevalentemente da ghiaie-ciottolose con intervalli sabbioso-limosi; il settore meridionale, comprendente il pendio e la sommità della "collinetta", ricade in corrispondenza delle alluvioni fluvioglaciali Würm-Riss (Pleistocene), prevalentemente ghiaiose, coperte da un paleosuolo argilloso di colore giallo-ocra, di ridotto spessore;

- in corrispondenza del settore settentrionale, si può cautelativamente prevedere una successione litologico-tecnica costituita in prevalenza da terreni granulari con intervalli fini e permeabilità buona; la parte meridionale dell'impianto cimiteriale, comprendente il pendio e la sommità della "collinetta", è caratterizzata da una copertura prevalentemente fine, fino a circa 4 di spessore, con permeabilità scarsa, seguita in profondità da terreni granulari;

- la pianificazione vigente del Comune di Borgomanero individua il settore settentrionale dell'area in esame nella classe I della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica: "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." e s.m.i.; la porzione meridionale, caratterizzata da un modesto pendio e dalla parte sommitale della collinetta, ricade rispettivamente nelle classi IIa "Zone con acclività da medio-bassa a media, caratterizzate da terreni con caratteristiche geotecniche, che risultano essere in equilibrio con l'acclività" e IIe "Zone subpianeggianti, caratterizzate da difficoltà di drenaggio in locali aree depresse e/o da eventuale flusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza" (all.n.2A);

- la soggiacenza media della falda freatica è variabile da circa 8 m nei settori settentrionali a quote più basse, sino a circa 15 nella parte meridionale, in corrispondenza della sommità della "collinetta", considerando un'escursione massima storica stagionale di 2 m, si ricava una soggiacenza minima di circa 7 m dall'attuale p.c.;

- il flusso freatimetrico locale è diretto principalmente verso SSE, con un gradiente idraulico mediamente pari a i = 1%;

- nel settore settentrionale, in considerazione della minima soggiacenza della falda, stimabile a circa 7 da p.c., si possono prevedere sepolture per tumulazione (D.P.R. 10/09/90 n. 285);

- in corrispondenza del settore meridionale dell'impianto cimiteriale, comprendente il pendio e la sommità della "collinetta", per la presenza della copertura prevalentemente fine, con permeabilità scarsa, potente fino a 4 m, e possibile circolazione idrica sotterranea periodicamente a minima soggiacenza, non potranno essere previste sepolture per tumulazione (D.P.R. 10/09/90 n. 285);

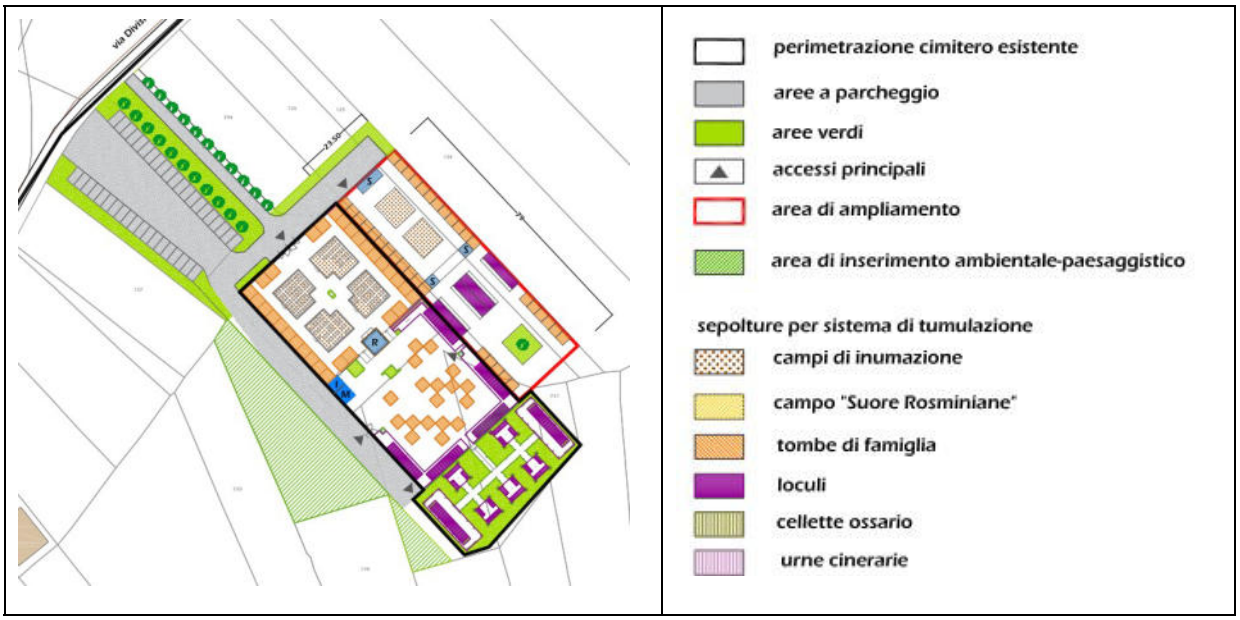
- per le opere ricadenti nel settore meridionale, coincidente con le alluvioni del Wurm-Riss, dovranno essere adottati gli accorgimenti previsti dalle Norme Tecniche allegate al PRGC di Borgomanero. In particolare, per gli interventi compresi lungo il versante (classe IIa), le relazioni geologiche e geotecniche dovranno prioritariamente esaminare le condizioni di stabilità dei pendi determinate dagli interventi, con particolare riferimento alla stabilità dei fronti di scavo, dei riporti, delle opere di sostegno, ecc., soprattutto in relazione all'eventuale presenza di circolazione idrica sotterranea periodicamente a minima soggiacenza e di terreni geotecnicamente mediocri. Per le opere previste sulla sommità della "collinetta" (classe IIe), le relazioni geologiche, geotecniche, nonché idrologiche e idrauliche, dovranno esaminare prioritariamente le cause degli eventuali ristagni e/o allagamenti e la possibilità di eliminazione di tali criticità prevedendo opportuni sistemi di drenaggio.

- in ogni caso, secondo quanto previsto dalle Nome Tecniche allegate al PRGC di Borgomanero, e in coerenza con il DM 11/03/88 e s.m.i., ogni nuova opera dovrà essere preceduta da verifiche locali di carattere geologico e geotecnico.

2 CIMITERO DI SAN MARCO

Il Cimitero di San Marco è ubicato a Nord rispetto al centro abitato di Borgomanero e ad Est rispetto all'urbanizzato della frazione di San Marco.

La struttura risulta isolata, in un territorio di destinazione prevalentemente agricola.



Il progetto prevede l'ampliamento dell'impianto all'esterno dell'attuale perimetro, in corrispondenza del lato NE:

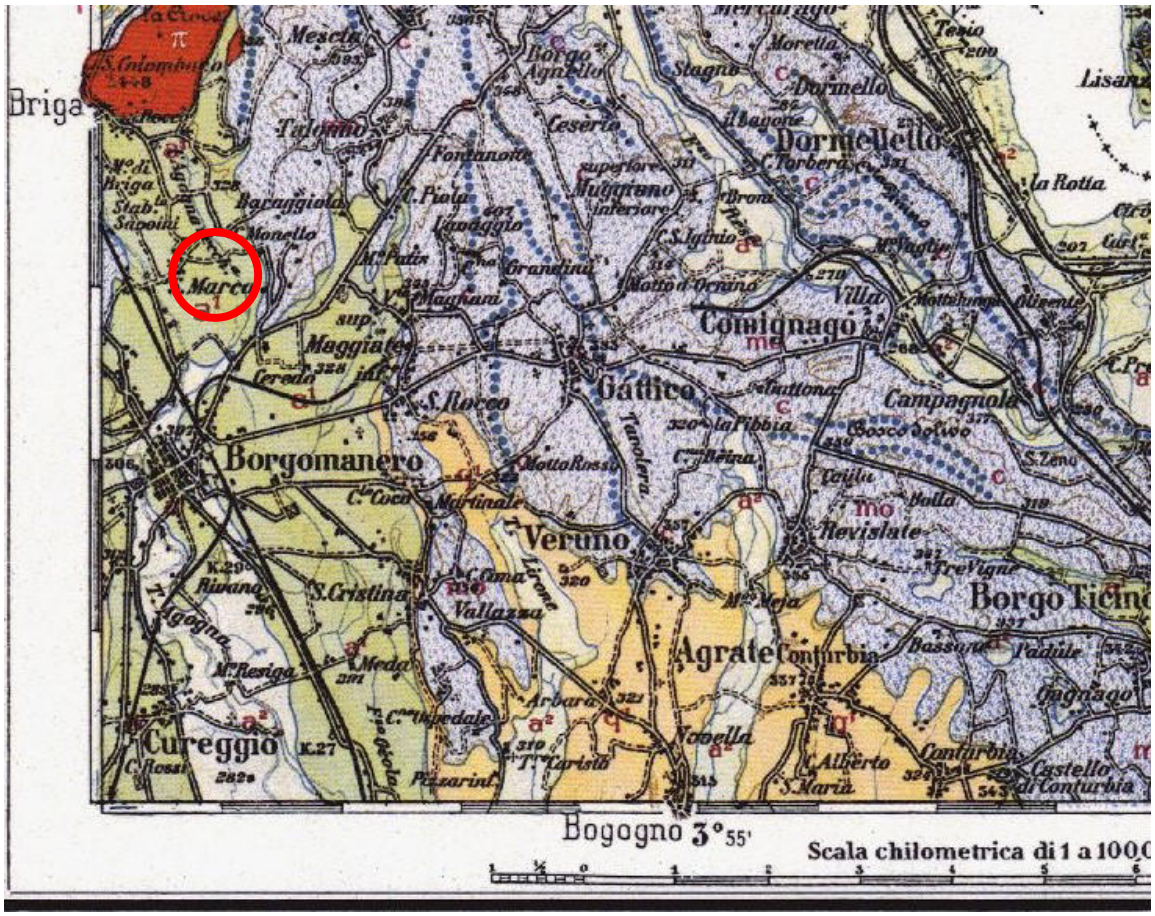
- ampliamento ad Est (1.800 m^2), con realizzazione di tombe-cappelle private, strutture miste (tipo colombario) e strutture per servizi; nuove aree per inumazione (campi); adeguamento della fascia di rispetto cimiteriale;

- sistemazione della viabilità di accesso pedonale e carrabile con adeguamento impianti;
- compensazione con rimboschimenti nelle aree comunali a verde limitrofe.

2.1 Analisi geologico-geomorfologica

2.1.1 Inquadramento geologico-geomorfologico

Il territorio in studio, ad una quota di circa 325 m s.l.m., è compreso nel Foglio n. 31 "Varese" della Carta Geologica d'Italia, in corrispondenza delle "alluvioni terrazzate recenti (a^1)".



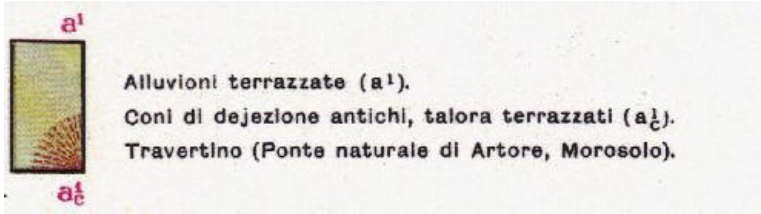


Figura 2 Stralcio del Foglio Geologico n.31 "Varese" (Scala 1. 100.000)

Si tratta di alluvioni fluvioglaciali e fluviali recenti ed attuali (Olocene) costituite prevalentemente da ghiaie-ciottolose con intervalli sabbioso-limosi, che costituiscono sia l'alveo attuale del T. Agogna, che l'antico alveo abbandonato (all. n. 5B).

Il limite con il fluvioglaciale Würm-Riss è caratterizzato dal piede del terrazzo morfologico, presente circa 300 m ad Est dell'area in esame, la cui scarpata ha un'altezza superiore a 10 m.

2.1.2 Lineamenti litostratigrafici

Nell'ambito delle unità litologiche principali, individuate dalla Banca Dati Geologica della Regione Piemonte, è riconosciuta, a tetto della successione litostratigrafica, una sola unità litologico-tecnica (Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)), con potenza di circa 35 m. (All. n. 4B).

Unità litologiche	**Assetto prevalente e caratteri strutturali**	**Indicazioni sulle caratteristiche litologiche e sul comportamento fisico**
A - Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)		
1A	Si tratta di depositi alluvionali olocenici terrazzati e del Würm-Riss, la cui complessità geotecnica dipende dall'eventuale sequenza disordinata di litotipi, con locale presenza di alternanze di livelli permeabili e impermeabili. Le giaciture risultano generalmente suborizzontali, talora inclinate in relazione ad episodi deposizionali particolari o lungo superfici acclivi, con rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi prevalentemente erosionali.	Ammasso eterogeneo da alterato a leggermente alterato, costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie con lenti limose con ciottoli, poligeniche, di densità sciolta. Comportamento fisico da non omogeneo a moderatamente omogeneo, elastoplastico ed anisotropo, in particolare per l'esistenza di strutture orientate e lenticolari. La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte. La permeabilità risulta variare da media ad alta.

Si tratta generalmente di terreni sciolti, di permeabilità buona (Casagrande e Fadum, 1940).

2.1.3 Sorgenti di rischio geologico

Rischio idrogeologico

Il sito è complessivamente stabile, soggetto a fenomeni geomorfologici trascurabili e non esondabile.

Relativamente alla pianificazione vigente (nuovo P.R.G.C. approvato con DGR 21 dicembre 2015, n. 70-2680), l'area cimiteriale in esame ricade nella classe I della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, che comprende "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."

L'area cimiteriale meridionale, in cui si trovano strutture private a colombari, è compresa nella fascia di rispetto allargata dell'area di salvaguardia dei pozzi Prazzole 1 e Prazzole 2 (DPR 236/88), in cui è consentito procedere a nuove sepolture solo fuori terra (RR 15/r 2006). (all.n.2B).

Rischio sismico

L'area d'indagine non è soggetta a fenomeni sismici di entità rilevante, presentando una massima intensità macrosismica riferita al Comune di Borgomanero inferiore al sesto grado della scala MCS ("Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani"; GNDT-ING-SSN).

Conseguentemente, secondo la classificazione sismica dei comuni piemontesi (D.G.R 30 dicembre 2019, n. 6-887), il Comune di Borgomanero ricade nella "zona 4" comprendente aree con basse probabilità di danni sismici e non sottoposte all'obbligo della progettazione antisismica.

2.2 Analisi idrogeologica

2.2.1 Identificazione strutturale dei sistemi acquiferi

Nel territorio in esame si possono individuare due complessi idrogeologici sovrapposti, distinti in funzione del grado di permeabilità (all. n.6):

- superiormente un *complesso altamente permeabile*, costituito dalle alluvioni oloceniche terrazzate e del Würm-Riss con permeabilità alta, in funzione della pezzatura prevalentemente grossolana; si tratta di ghiaie e sabbie con rare lenti limose di spessore limitato, con una potenza nell'area in esame di circa 35 m; si tratta di un acquifero a falda libera, monostrato.
- inferiormente un *complesso impermeabile*, formato dai depositi marini pliocenici, con caratteristiche correlabili a un aquicludes; presenta una permeabilità che, in base alla successione litostratigrafica, prevalentemente limoso-sabbiosa, può essere stimata generalmente scarsa (Casagrande e Fadum, 1940).

2.2.2 Descrizione del campo di moto dell'acquifero superficiale

In base all'indagine documentale svolta, condotta utilizzando i dati ricavati dagli elaborati geologici a corredo del P.R.G.C. del Comune di Borgomanero, si ottengono le seguenti indicazioni idrodinamiche (all. n. 3B)

- il flusso sotterraneo locale è diretto principalmente verso SSE, con un gradiente idraulico medio, nel territorio in esame, pari a i = 0,7 %;

- la soggiacenza media della falda freatica è pari circa 8 m, con un'escursione stagionale annua di circa 2 m (rete di monitoraggio dell'area di C,na Beatrice, posta ad una distanza di circa 1.500 m verso Ovest), da cui si ricava una minima soggiacenza di circa 7 m dall'attuale p.c.

2.2.3 Parametri idrodinamici dell'acquifero libero

I parametri idrodinamici del primo acquifero, ricavati dal complesso dei dati disponibili, sono riassunti nella tabella seguente:

Parametri idrodinamici	Unità di misura	Acquifero libero
Permeabilità	m/s	$1 – 1x10^{-3}$
Trasmissività	m^2/s	$27 – 2,7x10^{-2}$
Porosità efficace	%	15

2.2.4 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero rappresenta la facilità con cui può essere raggiunto da un eventuale inquinante a partire dalla superficie topografica o ancora la suscettività specifica di questo ad ingerire e diffondere un inquinante liquido idrotrasportato (Albinet e Margat, 1970).

Dalle indagini idrogeologiche si evidenzia che, nell'area in esame, è presente un unico acquifero a falda libera, che, più a valle, alimenta le falde presenti nello spessore alluvionale, comprese quelle profonde, sfruttate dai pozzi idropotabili comunali.

Per la valutazione della vulnerabilità si è adottato il metodo G.O.D. (Foster, 1987), che permette una significativa stima della possibilità di diffusione degli inquinanti attraverso la zona aerata e il terreno saturo.

Il metodo si basa sull'identificazione dei seguenti fattori:

- tipo di falda
- composizione dell'acquifero
- soggiacenza della falda

A ciascuno di tali parametri si assegna un valore, variabile da 0 a 1, ed il prodotto fornisce il grado di vulnerabilità, in termini relativi e qualitativi.

DEPOSITI OLOCENICI	
TIPO DI FALDA	Falda libera
COMPOSIZIONE DELL'ACQUIFERO	ghiaie-ciottolose con intervalli sabbioso-limosi
SOGGIACENZA MINIMA DELLA FALDA	7 m
INDICE G.O.D.	0,56
CLASSE DI VULNERABILITÀ	Alta

COMPLESSO IMPERMEABILE	
TIPO DI FALDA	Falda confinata
COMPOSIZIONE DELL'ACQUIFERO	limo sabbioso
SOGGIACENZA MINIMA DELLA FALDA	35 m
INDICE G.O.D.	0,07
CLASSE DI VULNERABILITÀ	Trascurabile

Nel caso in esame, si ottiene una vulnerabilità alta per l'acquifero superficiale, a causa della soggiacenza della falda e della litologia prevalentemente grossolana, e trascurabile per l'acquifero profondo, caratterizzato da falda confinata e scarsa permeabilità.

2.3 Potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati

Si sono considerate le matrici ambientali sensibili ad una potenziale dispersione di inquinanti, rappresentate da sottosuolo e acque sotterranee, con le seguenti possibilità di diffusione:

- dispersione areale nel sottosuolo con successiva veicolazione verticale per infiltrazione delle acque meteoriche;
- dispersione nelle acque sotterranee di prima falda, il cui acquifero presenta una vulnerabilità alta, condizionata prevalentemente dalla limitata soggiacenza e dalla granulometria grossolana, con una distribuzione a pennacchio, allungato nella direzione di flusso (prevalentemente verso SSE), con tendenza a diffondersi anche in profondità, interessando lo spessore dell'acquifero.

Le opere di captazione rappresentano i principali soggetti ad inquinamento e, nel contempo, possono costituire via di diffusione preferenziale della stessa contaminazione qualora mettano in comunicazione falde diverse.

Nel caso in esame, dall'analisi della Carta Geoidrologica allegata al PRG del Comune di Borgomanero, si rilevano come potenziali bersagli i due pozzi idropotabili terebrati a valle del sito rispetto al flusso delle acque sotterranee, con filtri nell'acquifero superficiale.

2.4 Considerazioni conclusive

In conclusione, si possono ricavare le seguenti indicazioni:

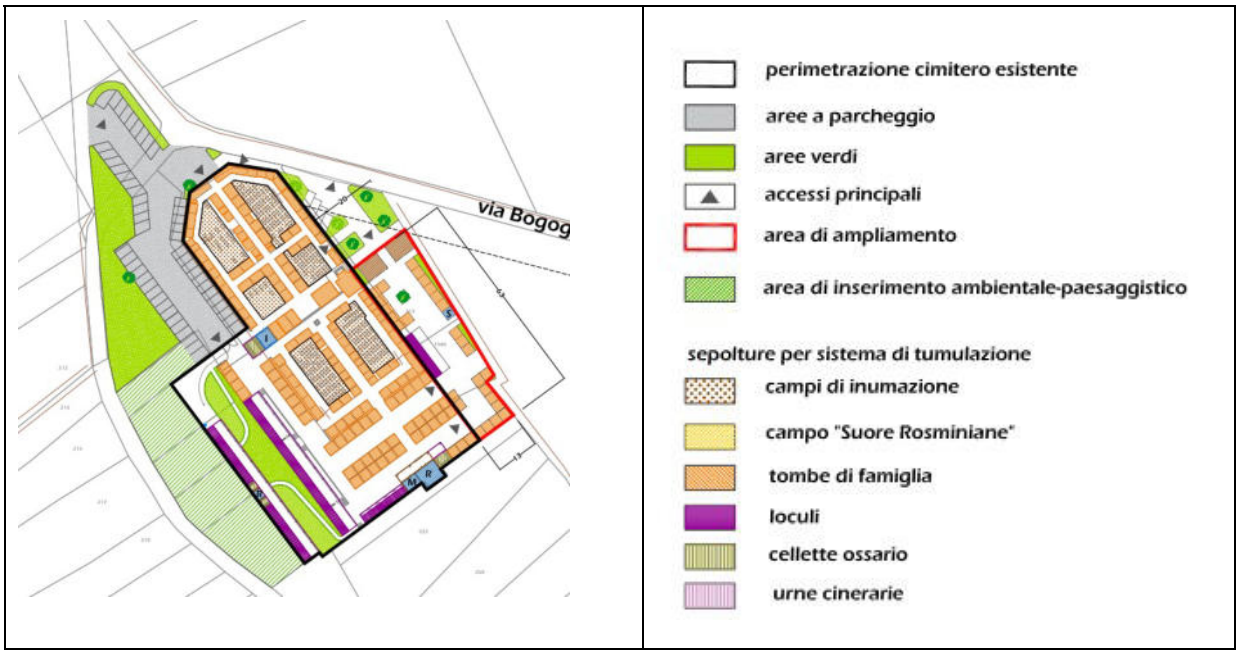
- il sito risulta geomorfologicamente stabile e costituito dalle alluvioni fluvioglaciali e fluviali recenti ed attuali (Olocene), caratterizzate prevalentemente da ghiaie-ciottolose con intervalli sabbioso-limosi;
- in corrispondenza dell'area cimiteriale si può cautelativamente prevedere una successione litologico-tecnica, costituita prevalentemente da terreni granulari con permeabilità buona;
- la pianificazione vigente del Comune di Borgomanero individua l'area in esame nella classe I della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica: "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";
- i valori di soggiacenza media in corrispondenza del sito d'intervento risultano pari a circa 8 m, con un'escursione massima storica stagionale di 2 m, da cui si ricava una soggiacenza minima di circa 7 m dall'attuale p.c.;
- il flusso freatimetrico locale è diretto principalmente verso SSE, con un gradiente idraulico mediamente pari a i = 0,7%;
- in considerazione della minima soggiacenza della falda, stimabile a circa 7 da p.c., si possono prevedere sepolture per tumulazione in ottemperanza all'art. 57 del D.P.R. 10/09/90 n. 285.

3 CIMITERO DI SANTA CRISTINA

3.1 Ubicazione del sito

Il Cimitero di Santa Cristina è ubicato a SE del centro abitato di Borgomanero ed a Sud della frazione di Santa Cristina (all. n.1).

La struttura è inserita in un contesto ambientale in cui si alternano aree boscate a zone prative.



Il progetto prevede l'ampliamento dell'impianto all'esterno dell'attuale perimetro:

- ampliamento in corrispondenza del lato Est del perimetro esistente (1.100 m^2) con tombe-cappelle private, aree verdi all'ingresso per possibili campi di inumazione per eventi eccezionali; blocco servizi all'ingresso, strutture miste (tipo colombario) per loculi-cellette;
- sistemazione dell'area antistante con accesso pedonale e collegamento con area servizi esistente;
- compensazione con rimboschimenti nelle aree comunali poste nel versante collinare (occidentale), limitrofe alla struttura cimiteriale.

3.2 Analisi geologico-geomorfologica

3.2.1 Inquadramento geologico-geomorfologico

L'area in esame, compresa nel Foglio n. 31 "Varese" della Carta Geologica d'Italia, in corrispondenza del "morenico del wurmiano e degli stadi post-wurmiani (mo)", è ubicata sulla sommità del pianalto a morfologia sub pianeggiante presente ad Est del territorio comunale, ad una quota di circa 328 m s.l.m.

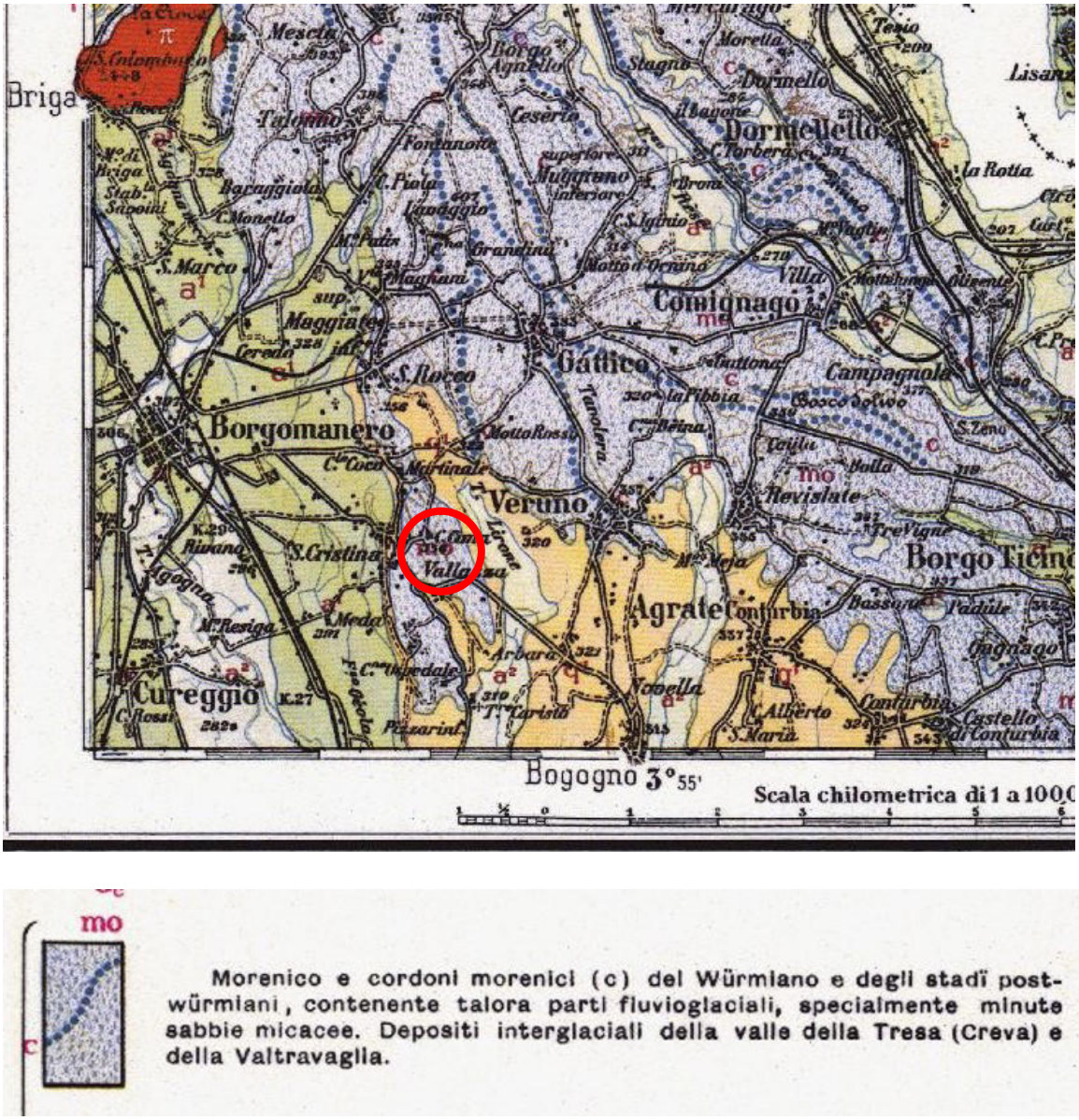


Figura 3 Stralcio del Foglio Geologico n.31 "Varese" (Scala 1. 100.000)

In base a quanto riportato nella documentazione geologica del PRGC del Comune di Borgomanero, si tratta di alluvioni fluvioglaciali rissiane (Pleistocene), formate da ghiaie con subordinate sabbie e limi giallastri, coperte da un paleosuolo argilloso di colore giallo-ocra e localmente con una coltre di loëss (prevalentemente limo di natura eolica) di potenza complessiva fino a circa 6 m (all. n. 5C).

Tale pianalto risulta delimitato da orli di scarpate con altezze di circa 30 m, localmente attivi per azione delle acque di ruscellamento incanalato.

3.2.2 Lineamenti litostratigrafici

Nell'ambito delle unità litologiche principali, individuate dalla Banca Dati Geologica della Regione Piemonte, è riconosciuta, a tetto della successione litostratigrafica, una sola unità litologico-tecnica (Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)) con spessore di circa 40 m (All. n. 4C).

Unità litologiche	Assetto prevalente e caratteri strutturali	Indicazioni sulle caratteristiche litologiche e sul comportamento fisico
A - Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)		
2A	Si tratta di depositi alluvionali pleistocenici, la cui complessità geotecnica dipende da sequenze disordinate di litotipi eterogenei e dal grado di alterazione differenziato, con l'eventuale presenza di alternanze di livelli permeabili e impermeabili. Le giaciture risultano prevalentemente suborizzontali, talora inclinate in relazione ad episodi deposizionali particolari o lungo superfici acclivi, con rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi prevalentemente erosionali	Ammasso eterogeneo, da moderatamente a fortemente alterato, costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie e limi, con ciottoli e blocchi, poligeniche. La compattezza dei terreni granulari può variare da sciolta densa, mentre per quelli coesivi risulta da molle-plastica a plastica. Il comportamento fisico non è omogeneo, tendenzialmente elastoplastico ed anisotropo, in particolare per presenza di strutture orientate, lenticolari e per il grado di alterazione differenziato. La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte. Le frazioni maggiormente coesive risultano generalmente avere un grado di consolidazione normale. La permeabilità può variare da media a bassa

Si tratta generalmente di terreni sciolti, alterati, di permeabilità scarsa (Casagrande e Fadum, 1940).

3.2.3 Sorgenti di rischio geologico

Rischio idrogeologico

Il sito è complessivamente stabile, soggetto a fenomeni geomorfologici trascurabili e non esondabile.

Relativamente alla pianificazione vigente (nuovo P.R.G.C. approvato con DGR 21 dicembre 2015, n. 70-2680), l'area cimiteriale in esame ricade nella classe IIc della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, che comprende "Zone subpianeggianti, caratterizzate da terreni rimaneggiati o di copertura, le cui caratteristiche geotecniche possono rivelarsi scadenti, con eventuale flusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza o difficoltà di drenaggio in locali aree depresse".

In particolare, il sito è caratterizzato dalla presenza di una copertura potente fino a circa 6 m, di granulometria fine, con permeabilità scarsa (all.n.2C).

Rischio sismico

L'area d'indagine non è soggetta a fenomeni sismici di entità rilevante, presentando una massima intensità macrosismica riferita al Comune di Borgomanero inferiore al sesto grado della scala MCS ("Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani"; GNDT-ING-SSN).

Conseguentemente, secondo la classificazione sismica dei comuni piemontesi (D.G.R 30 dicembre 2019, n. 6-887), il comune di Borgomanero ricade nella "zona 4" comprendente aree con basse probabilità di danni sismici e non sottoposte all'obbligo della progettazione antisismica.

3.3 Analisi idrogeologica

3.3.1 Identificazione strutturale dei sistemi acquiferi

Nel territorio in esame si possono individuare due complessi idrogeologici sovrapposti, distinti in funzione del grado di permeabilità:

- superiormente un *complesso mediamente permeabile*, costituito dai depositi alluvionali pleistocenici, alterati; si tratta di ghiaie e ghiaie ciottolose con subordinate sabbie, limi e argille, con una potenza nell'area in esame di circa 40 m; è un acquifero a falda libera, localmente confinato.

- inferiormente un *complesso impermeabile*, formato dai depositi marini pliocenici; presenta una permeabilità che, in base alla successione litostratigrafica, prevalentemente limoso-sabbiosa, può essere stimata generalmente scarsa (Casagrande e Fadum, 1940); l'unità è sede di un acquifero confinato negli intervalli sabbiosi.

3.3.2 Descrizione del campo di moto dell'acquifero superficiale

In base all'indagine documentale svolta, condotta utilizzando i dati ricavati dagli elaborati geologici a corredo del P.R.G.C. del Comune di Borgomanero, si possono ottenere le seguenti indicazioni idrodinamiche (all. n. 3C)

- il flusso sotterraneo locale è diretto principalmente verso Ovest; con un gradiente idraulico medio, nel territorio in esame, pari a i = 4%.
- la soggiacenza media della falda freatica è pari a circa 20 m.

3.3.3 Parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale

I parametri idrodinamici del primo acquifero, ricavati dal complesso dei dati disponibili, sono riassunti nella tabella seguente:

Parametri idrodinamici	**Unità di misura**	**Acquifero libero**
Permeabilità	m/s	$1x10^{-3}$ – $1x10^{-5}$
Trasmissività	m^2/s	$2x10^{-2}$ – $2x10^{-4}$
Porosità efficace	%	8

3.3.4 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero rappresenta la facilità con cui può essere raggiunto da un eventuale inquinante a partire dalla superficie topografica o ancora la suscettività specifica di questo ad ingerire e diffondere un inquinante liquido idrotrasportato (Albinet e Margat, 1970).

Per la valutazione della vulnerabilità si è adottato il metodo G.O.D. (Foster, 1987), che permette una significativa stima della possibilità di diffusione degli inquinanti attraverso la zona aerata e il terreno saturo.

Il metodo si basa sull'identificazione dei seguenti fattori:

- tipo di falda
- composizione dell'acquifero
- soggiacenza della falda

A ciascuno di tali parametri si assegna un valore, variabile da 0 a 1, ed il prodotto fornisce il grado di vulnerabilità, in termini relativi e qualitativi.

DEPOSITI RISSIANI	
TIPO DI FALDA	Falda libera
COMPOSIZIONE DELL'ACQUIFERO	ghiaie con subordinate sabbie e limi giallastri, con copertura formata da paleosuolo argilloso, localmente con una coltre di loëss
SOGGIACENZA MINIMA DELLA FALDA	20 m
INDICE G.O.D.	0,30
CLASSE DI VULNERABILITÀ	Moderata

COMPLESSO IMPERMEABILE	
TIPO DI FALDA	Falda confinata
COMPOSIZIONE DELL'ACQUIFERO	limo sabbioso
SOGGIACENZA MINIMA DELLA FALDA	40 m
INDICE G.O.D.	0,07
CLASSE DI VULNERABILITÀ	Trascurabile

Nel caso in esame, si ottiene una vulnerabilità moderata per il primo acquifero, determinata dalla copertura di terreni fini e dalla soggiacenza della falda e trascurabile per l'acquifero profondo, caratterizzato da falda confinata e scarsa permeabilità

3.4 Potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati

Si sono considerate le matrici ambientali sensibili ad una potenziale dispersione di inquinanti, rappresentate da sottosuolo e acque sotterranee, con le seguenti possibilità di diffusione:

- dispersione areale nel sottosuolo con successiva veicolazione verticale per infiltrazione delle acque meteoriche;
- dispersione nelle acque sotterranee di prima falda, il cui acquifero presenta una vulnerabilità moderata, con una distribuzione a pennacchio, allungato nella direzione di flusso (prevalentemente verso Ovest), con tendenza a diffondersi anche in profondità, interessando lo spessore dell'acquifero.

Le opere di captazione rappresentano i principali soggetti ad inquinamento e, nel contempo, possono costituire via di diffusione preferenziale della stessa contaminazione, qualora mettano in comunicazione falde diverse.

Nel caso in esame, dall'analisi della Carta Geoidrologica allegata al PRG del Comune di Borgomanero, a valle dell'impianto cimiteriale rispetto alla circolazione idrica sotterranea non risultano opere di captazione ad uso idropotabile.

3.5 Considerazioni conclusive

In conclusione, si possono ricavare le seguenti indicazioni:

- il sito risulta geomorfologicamente stabile e costituito da alluvioni fluvioglaciali rissiane, formate da ghiaie con subordinate sabbie e limi giallastri, coperte da un paleosuolo argilloso di colore giallo-ocra, localmente con una coltre di loëss, potente complessivamente fino a circa 6 m;

- in corrispondenza del sito si può cautelativamente prevedere una successione litologico-tecnica costituita da una copertura a litologia prevalentemente fine, sino a circa 6 m di profondità, con caratteristiche geotecniche scadenti e permeabilità scarsa, seguita in profondità da terreni granulari;

- la pianificazione vigente del Comune di Borgomanero identifica l'area in esame nella classe IIc della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica: "Zone subpianeggianti, caratterizzate da terreni rimaneggiati o di copertura, le cui caratteristiche geotecniche possono rivelarsi scadenti, con eventuale flusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza o difficoltà di drenaggio in locali aree depresse";

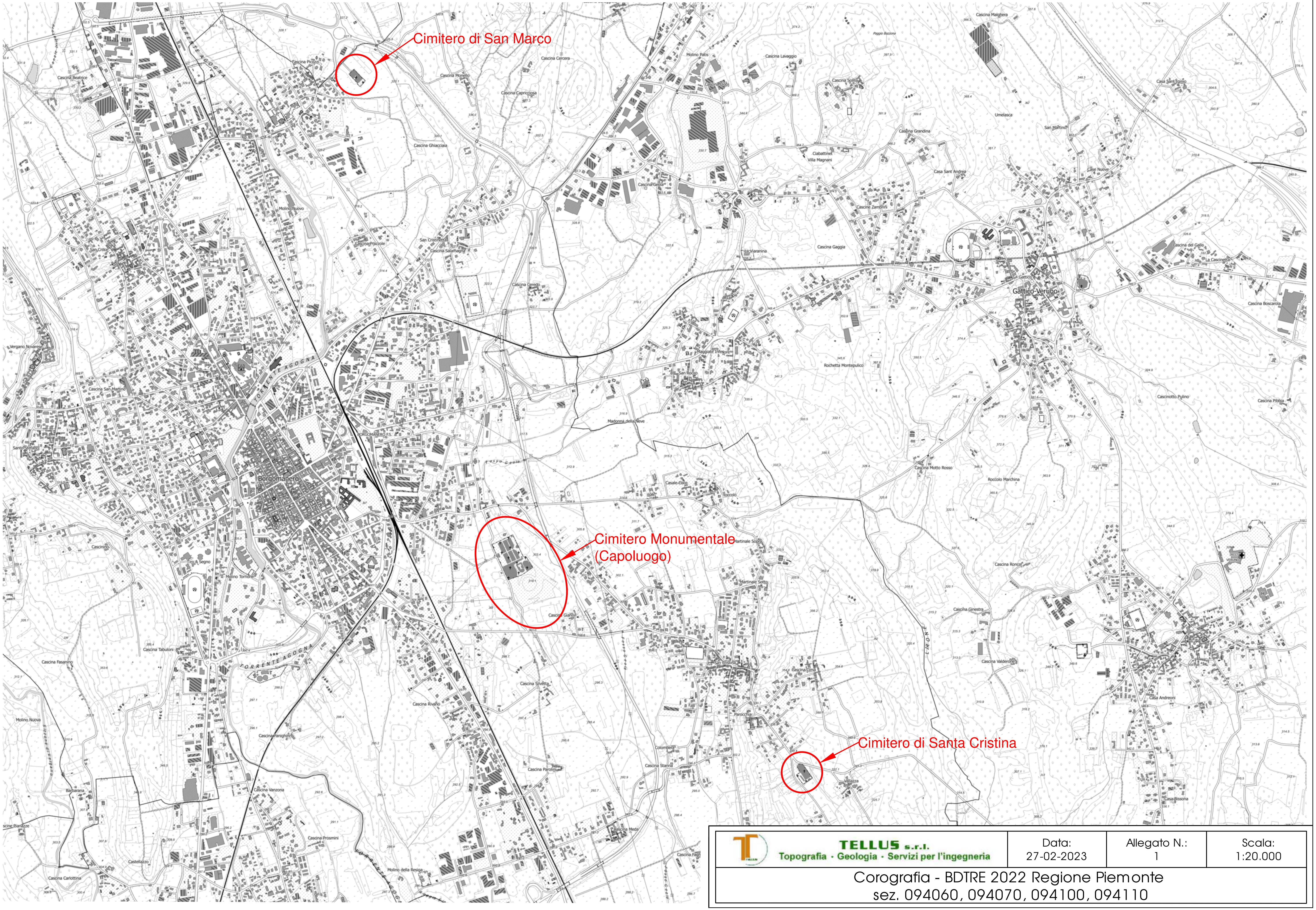
- i valori di soggiacenza media in corrispondenza del sito d'intervento risultano pari a circa 20 m, con flusso freatimetrico locale diretto principalmente verso Ovest, con un gradiente idraulico mediamente pari a i = 4%;

- per la presenza della copertura di terreni fini, gli eventuali campi per l'inumazione dovranno prevedere il riporto di terreni permeabili, con valori di $K > 1x10^{-3}$ m/sec, per uno spessore di almeno 2,5 m, al fine di favorire il processo di mineralizzazione dei cadaveri (D.P.R. 10/09/90 n. 285);

- in corrispondenza di tali campi, per l'eventuale presenza di locali falde sospese, si dovrà prevedere di intercettare e drenare la circolazione idrica sotterranea, considerando un flusso orientato principalmente da Est verso Ovest;

- si dovrà prevedere la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche, possibilmente allontanandole nel reticolo idrico superficiale o disperdendole con opere d'infiltrazione opportunamente dimensionate, considerando la presenza di uno spessore di terreni fini di copertura cautelativamente fino a 6 m.

- in caso di opere edili dovranno essere adottati gli accorgimenti previsti dalle Norme Tecniche allegate al PRGC di Borgomanero relativamente alla classe IIc della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica: le relazioni geologiche e geotecniche dovranno prioritariamente esaminare le condizioni di stabilità, con particolare riferimento alle opere di scavo e fondazione, soprattutto in relazione alla presenza di terreni con mediocri caratteristiche geotecniche e in condizione di parziale saturazione.
- in ogni caso, secondo quanto previsto dalle Nome Tecniche allegate al PRGC di Borgomanero, e in coerenza con il DM 11/03/88 e s.m.i., ogni nuova opera dovrà essere preceduta da verifiche locali di carattere geologico e geotecnico.



TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

Data:	Allegato N.:	Scala:
27-02-2023	1	1:20.000

Corografia - BDTRE 2022 Regione Piemonte
sez. 094060, 094070, 094100, 094110

TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

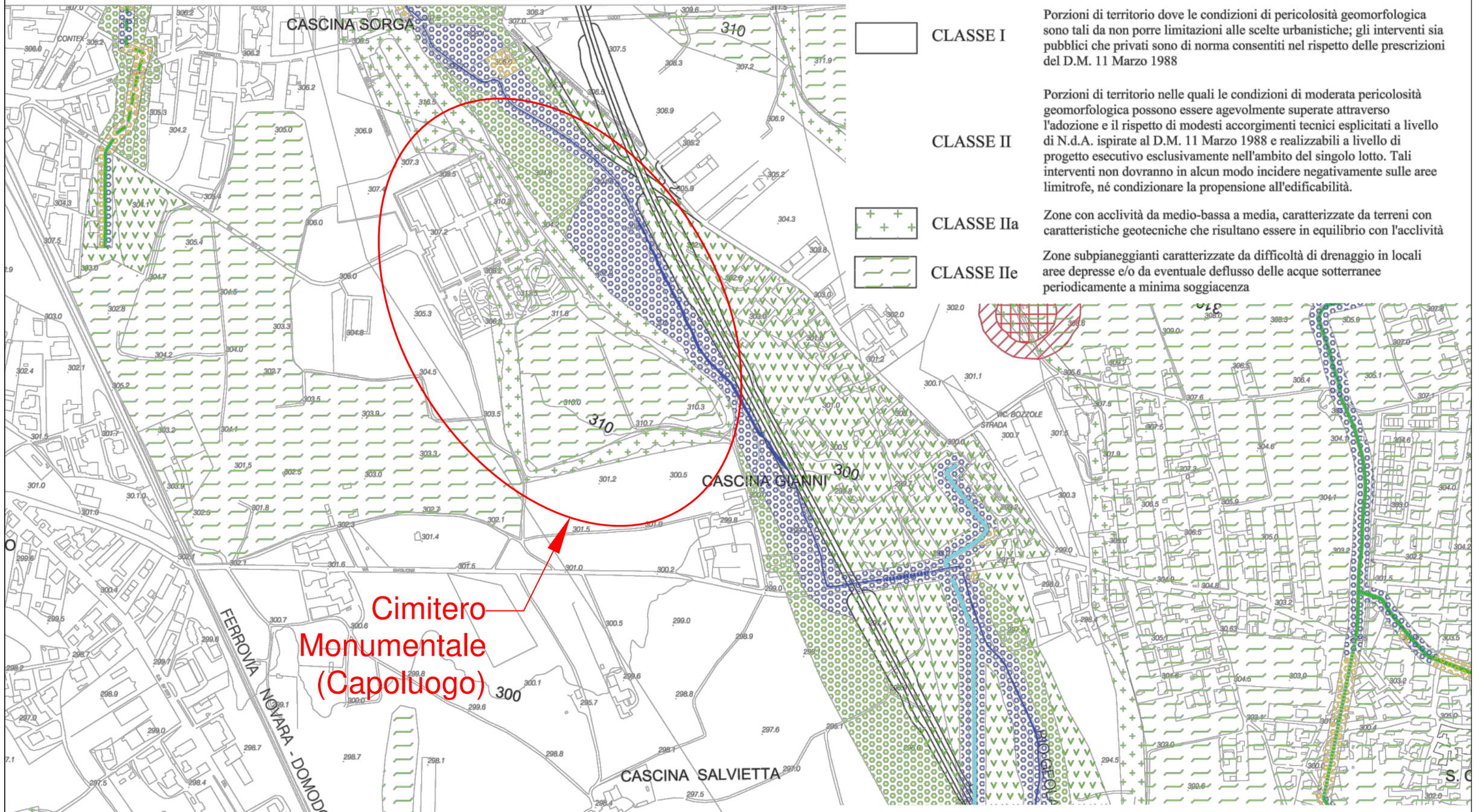
ALLEGATO N. 2

STRALCIO DELLA TAV. 12
"CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA" DEL PRG VIGENTE DEL COMUNE DI BORGOMANERO

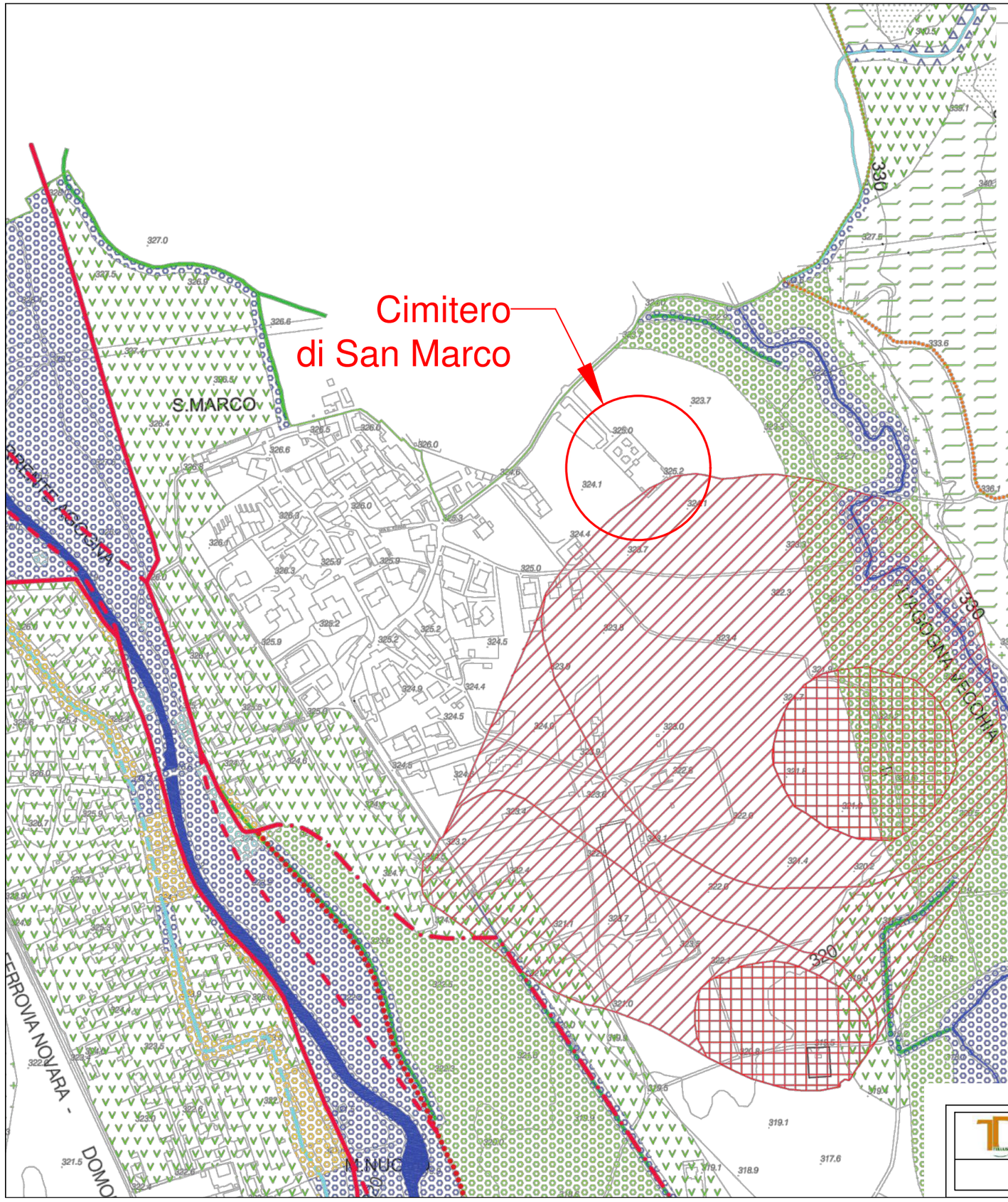
LEGENDA

CLASSI DI IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

CLASSE I	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
CLASSE II	Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di N.d.A. 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.
CLASSE IIa	Zone con acclività da medio-bassa a media, caratterizzate da terreni con caratteristiche geotecniche che risultano essere in equilibrio con l'acclività
CLASSE IIe	Zone subpianeggianti caratterizzate da difficoltà di drenaggio in locali aree depresse e/o da eventuale deflusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza



TELLUS s.r.l. Topografia - Geologia - Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 2A	Scala: 1:5.000
Cimitero Monumentale (Capoluogo)			



LEGENDA

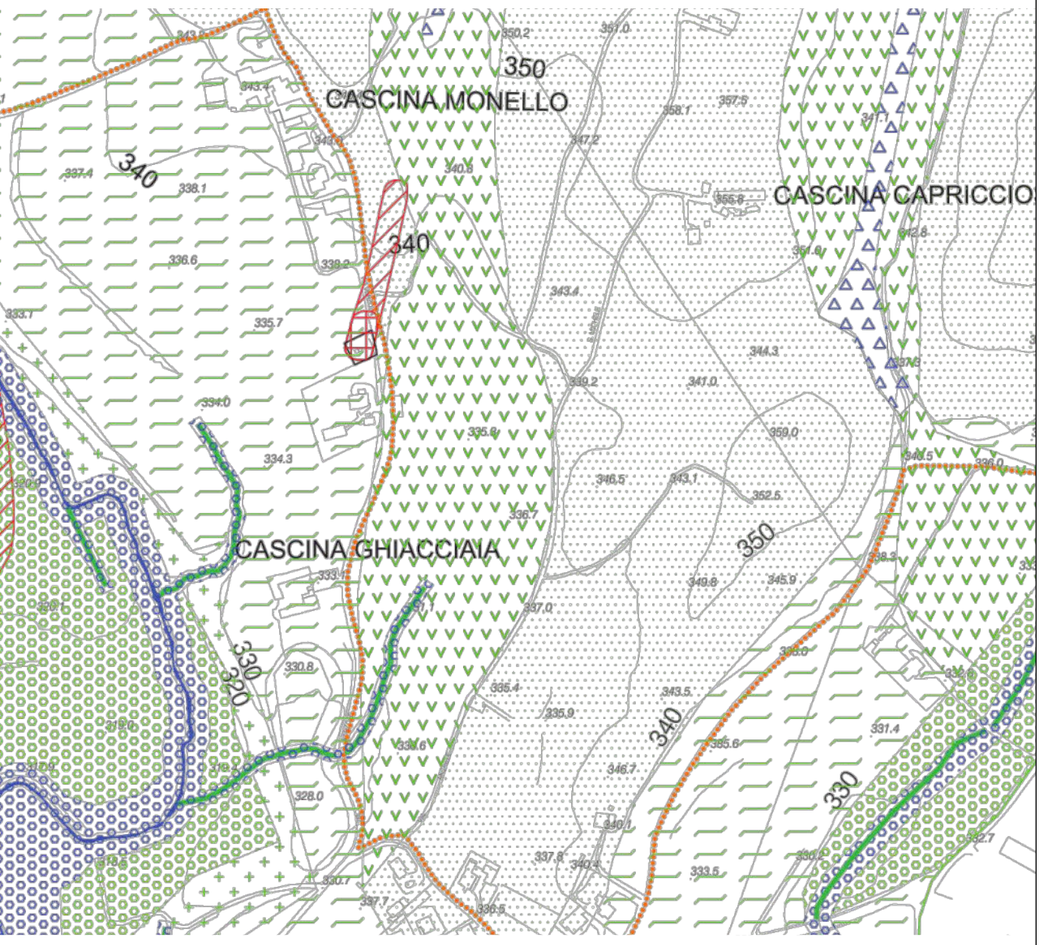
CLASSI DI IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

CLASSE I — 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

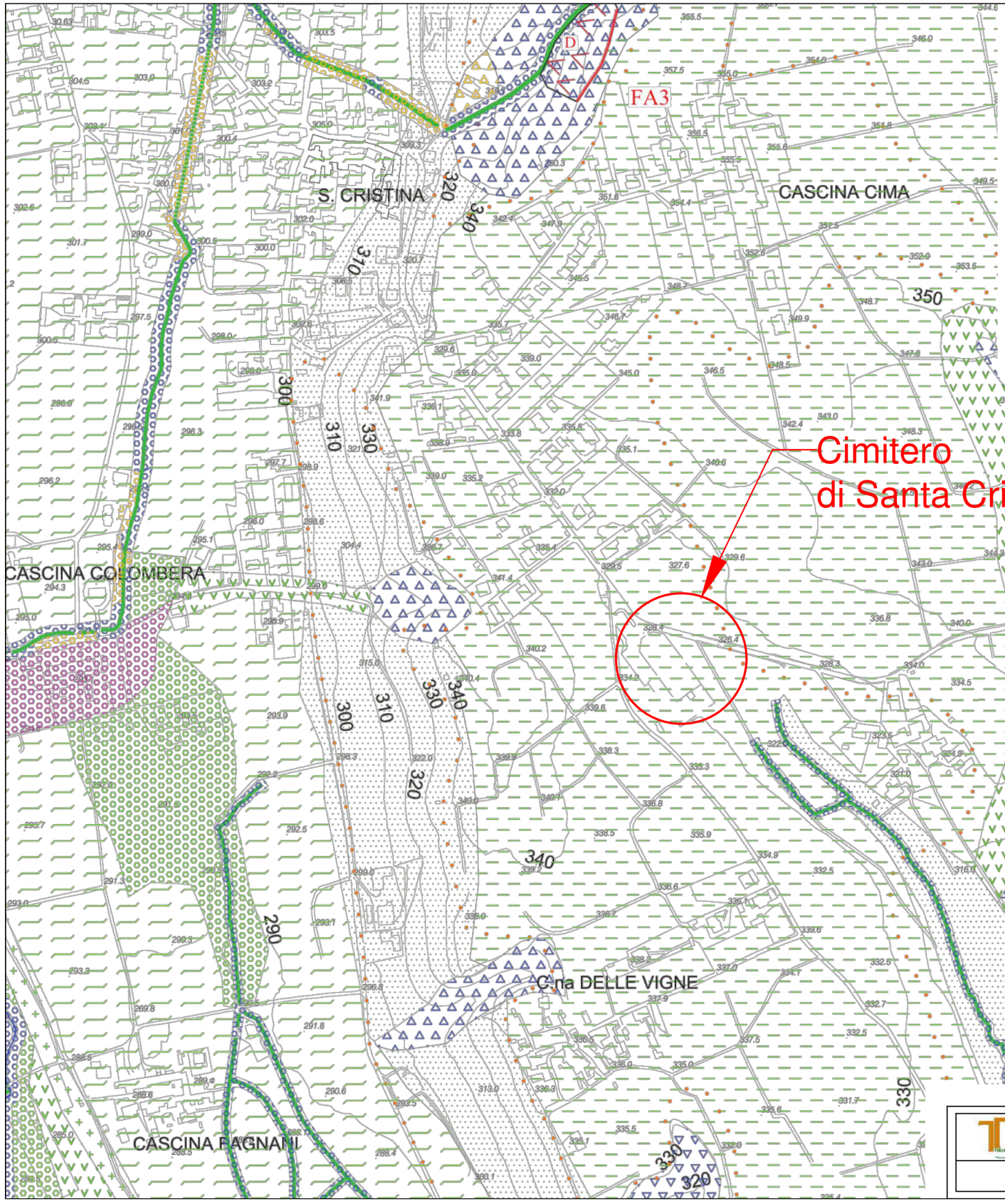
VINCOLI

AREE DI SALVAGUARDIA DEI POZZI (DPR 236/88 E L.R. 22/96)

- Zona di rispetto ristretta
- Zona di rispetto allargata



TELLUS s.r.l. Topografia - Geologia - Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 2B	Scala: 1:5.000
Cimitero di San Marco			



LEGENDA

CLASSI DI IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

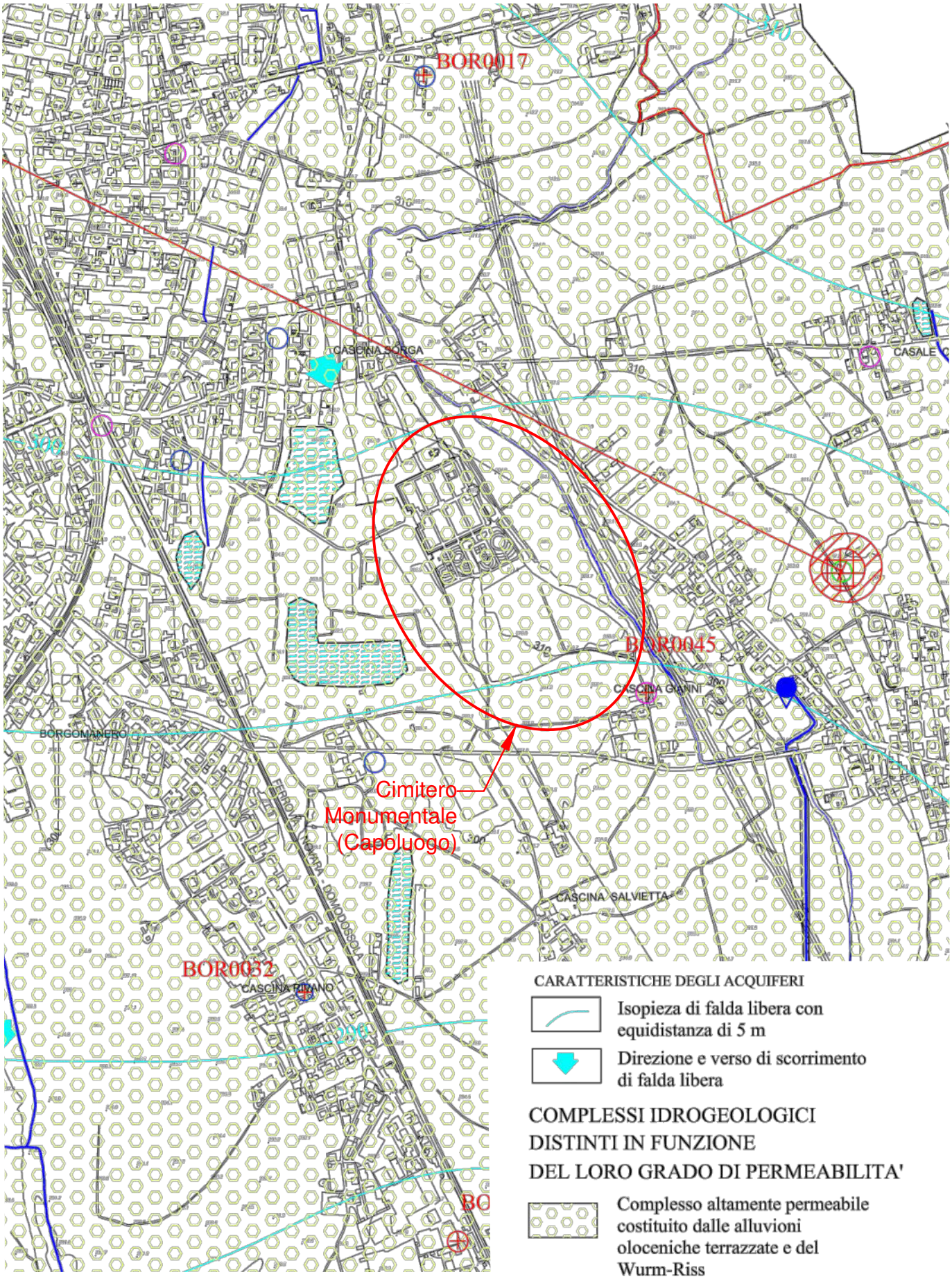
CLASSE II	Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di N.d.A. ispirate al D.M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto 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.
CLASSE IIc	Zone subpianeggianti caratterizzate da terreni rimaneggiati o di copertura le cui caratteristiche geotecniche possono rilevarsi scadenti, con eventuale deflusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza o difficoltà di drenaggio in locali aree depresse

TELLUS s.r.l. Topografia - Geologia - Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 2C	Scala: 1:5.000
Cimitero di Santa Cristina			

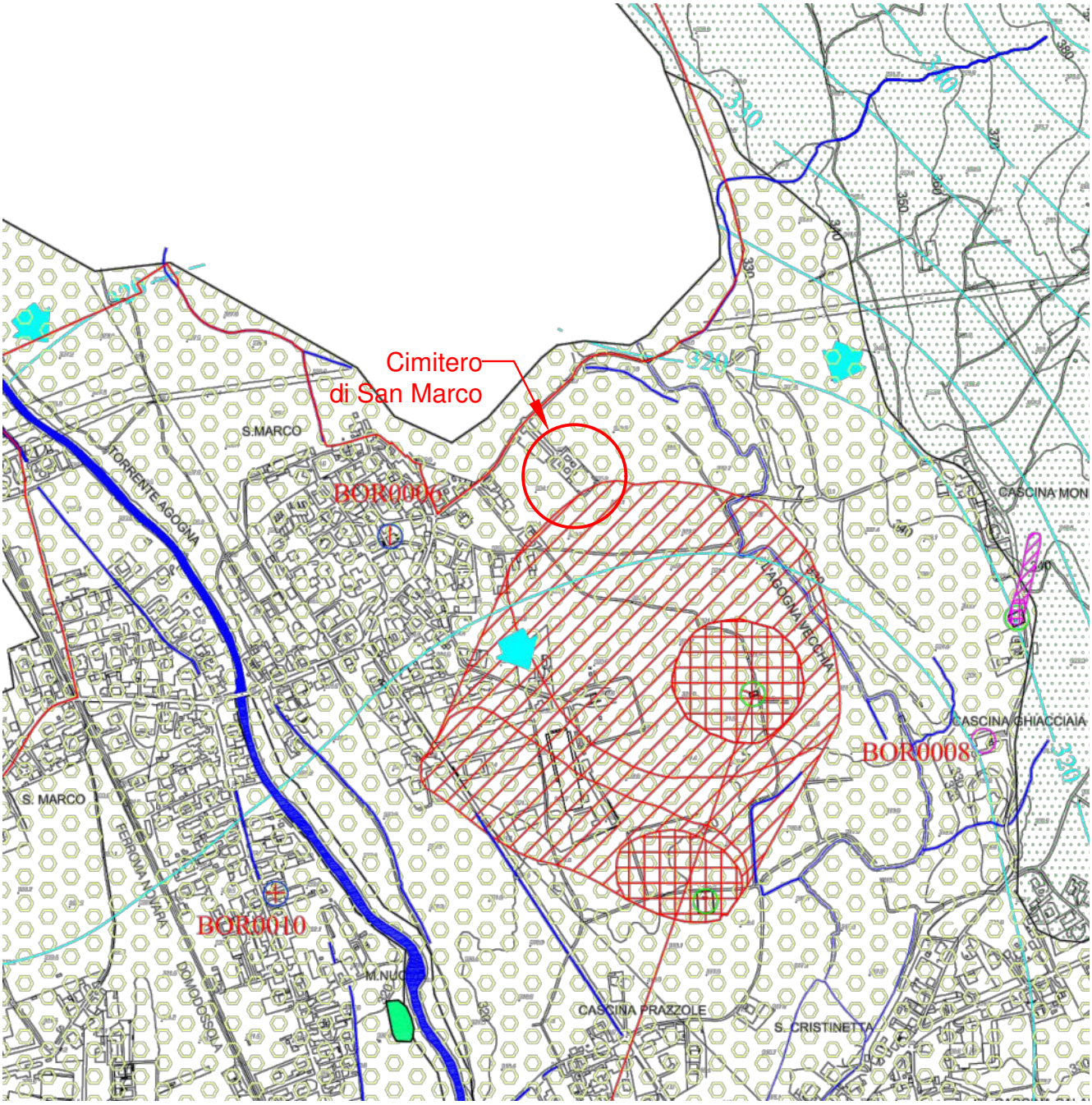
TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 3

STRALCIO DELLA TAV. 9
"CARTA GEOIDROLOGICA"
DEL PRG VIGENTE DEL COMUNE
DI BORGOMANERO



TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 3A	Scala: 1:10.000
Cimitero Monumentale (Capoluogo)			



CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI

Isopieza di falda libera con equidistanza di 5 m

Direzione e verso di scorrimento di falda libera

COMPLESSI IDROGEOLOGICI DISTINTI IN FUNZIONE DEL LORO GRADO DI PERMEABILITA'

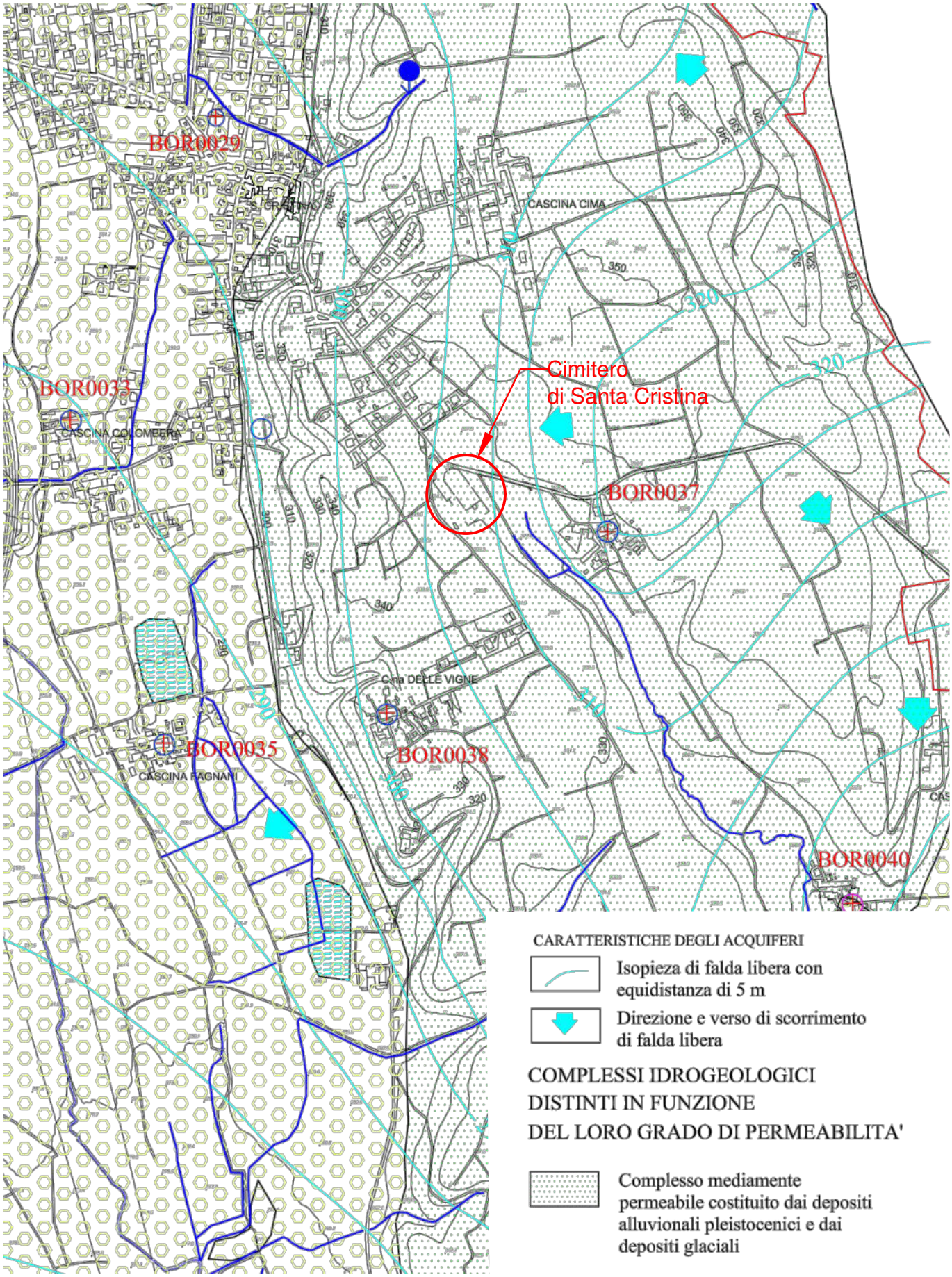
Complesso altamente permeabile costituito dalle alluvioni oloceniche terrazzate e del Wurm-Riss

Aree di salvaguardia dei pozzi idropotabili (DPR 236/88 e L.R. 22/96)

Zona di rispetto ristretta

Zona di rispetto allargata

TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 3B	Scala: 1:10.000
Cimitero di San Marco			

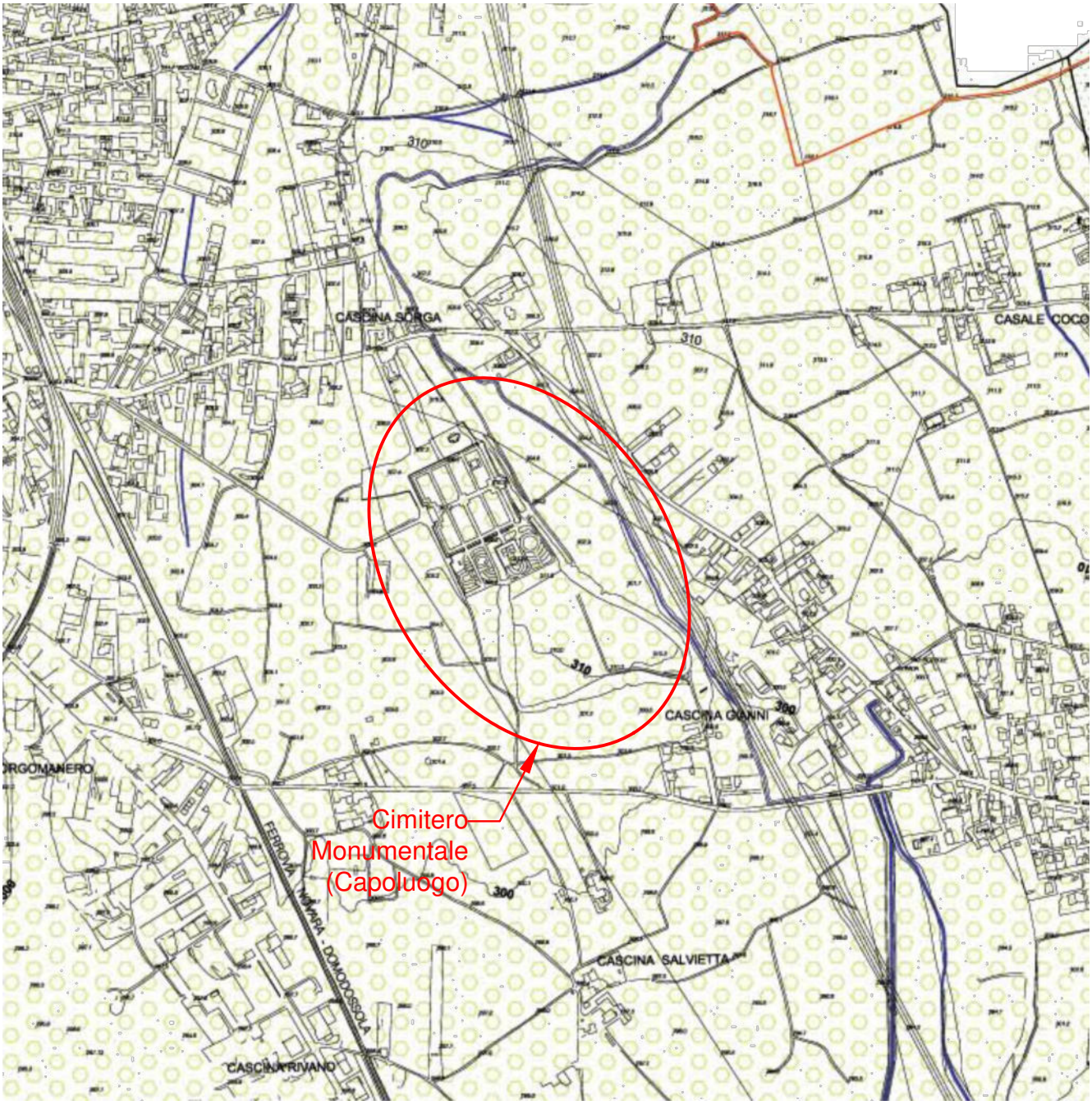


TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 3C	Scala: 1:10.000
Cimitero di Santa Cristina			

TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

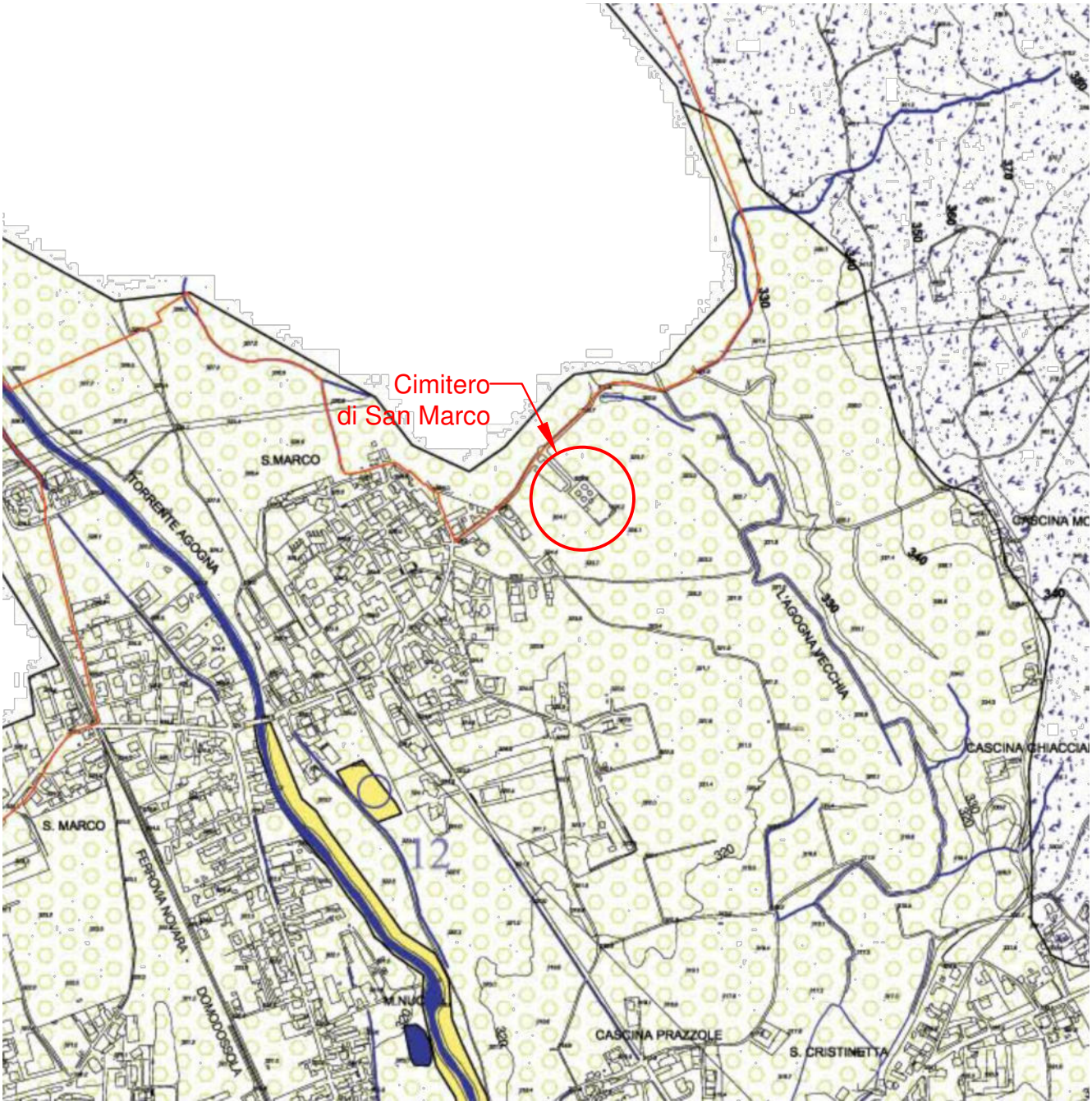
ALLEGATO N. 4

STRALCIO DELLA TAV. 11 "CARTA DELLA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEI TERRENI" DEL PRG VIGENTE DEL COMUNE DI BORGOMANERO



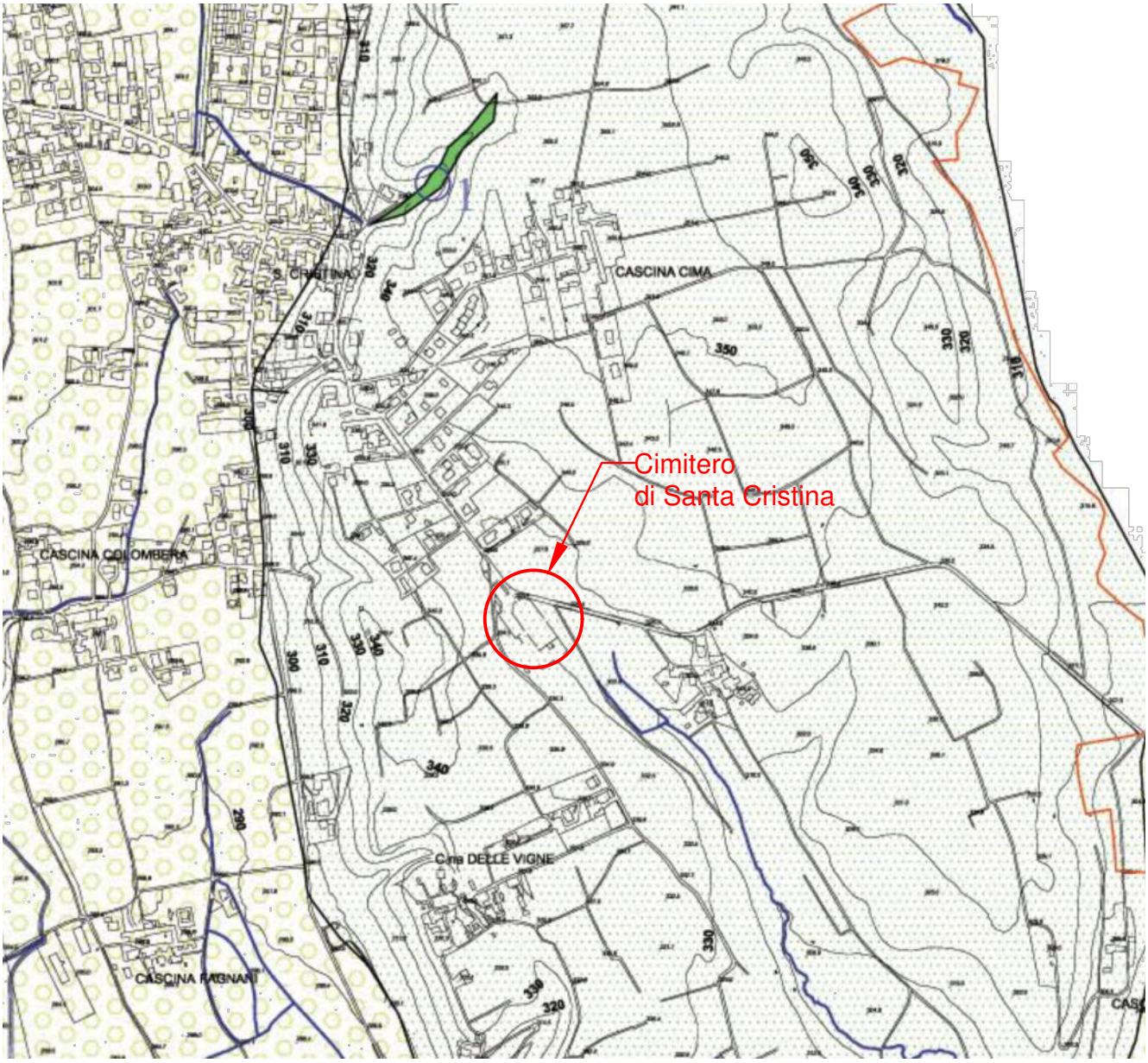
UNITA' LITOLOGICHE	ASSETTO PREVALENTE E CARATTERI STRUTTURALI	INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E SUL COMPORTAMENTO FISICO
A - Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)		
1 A affioramento	Si tratta di depositi alluvionali olocenici terrazzati e del Wurm-Riss, la cui complessità geotecnica dipende dall'eventuale sequenza disordinata di litotipi, con locale presenza di alternanze di livelli permeabili e impemeabili. Le giaciture risultano generalmente suborizzontali, talora inclinate in relazione ad episodi deposizionali particolari o lungo superfici acclivi, con rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi prevalentemente erosionali.	Ammasso eterogeneo da alterato a leggermente alterato, costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie con lenti limose con ciottoli, poligeniche, di densità sciolta. Comportamento fisico da non omogeneo a moderatamente omogeneo, elastoplastico ed anisotropo, in particolare per l'esistenza di strutture orientate e lenticolari. La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte. La permeabilità risulta variare da media ad alta.

TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 4A	Scala: 1:10.000
Cimitero Monumentale (Capoluogo)			



UNITA' LITOLOGICHE	ASSETTO PREVALENTE E CARATTERI STRUTTURALI	INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E SUL COMPORTAMENTO FISICO
A - Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)		
1 A affioramento	Si tratta di depositi alluvionali olocenici terrazzati e del Wurm-Riss, la cui complessità geotecnica dipende dall'eventuale sequenza disordinata di litotipi, con locale presenza di alternanze di livelli permeabili e impermeabili. Le giaciture risultano generalmente suborizzontali, talora inclinate in relazione ad episodi deposizionali particolari o lungo superfici acclivi, con rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi prevalentemente erosionali.	Ammasso eterogeneo da alterato a leggermente alterato, costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie con lenti limose con ciottoli, poligeniche, di densità sciolta. Comportamento fisico da non omogeneo a moderatamente omogeneo, elastoplastico ed anisotropo, in particolare per l'esistenza di strutture orientate e lenticolari. La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte. La permeabilità risulta variare da media ad alta.

TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 4B	Scala: 1:10.000
Cimitero di San Marco			



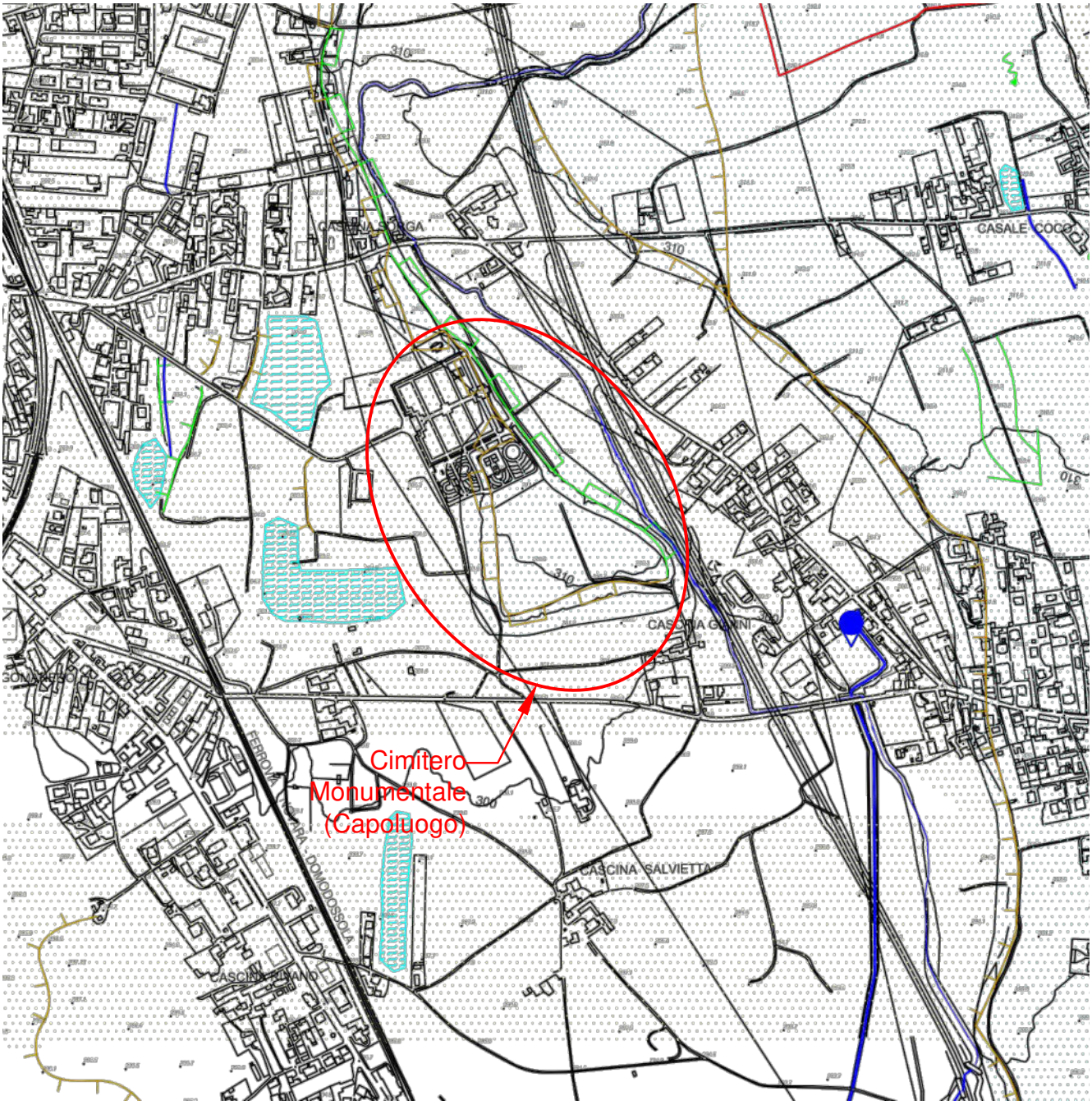
UNITA' LITOLOGICHE	ASSETTO PREVALENTE E CARATTERI STRUTTURALI	INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E SUL COMPORTAMENTO FISICO
A - Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)		
2 A affioramento	Si tratta di depositi alluvionali pleistocenici, la cui complessità geotecnica dipende da sequenze disordinate di litotipi eterogenei e dal grado di alterazione differenziato, con l'eventuale presenza di alternanze di livelli permeabili e impermeabili. Le giaciture risultano prevalentemente suborizzontali, talora inclinate in relazione ad episodi deposizionali particolari o lungo superfici acclivi, con rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi prevalentemente erosionali.	Ammasso eterogeneo, da moderatamente a fortemente alterato, costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie e limi, con ciottoli e blocchi, poligenici. La compattezza dei terreni granulari può variare da sciolta a densa, mentre per quelli coesivi risulta da molle-plastica a plastica. Il comportamento fisico non è omogeneo, tendenzialmente elastoplastico ed anisotropo, in particolare per presenza di strutture orientate, lenticolari e per il grado di alterazione differenziato. La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte. Le frazioni maggiormente coesive risultano generalmente avere un grado di consolidazione normale. La permeabilità può variare da media a bassa.

TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 4C	Scala: 1:10.000
Cimitero di Santa Cristina			

TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 5

STRALCIO DELLA TAV. 6
"CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI"
DEL PRG VIGENTE DEL COMUNE
DI BORGOMANERO



Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo

H < 5 m

5 m < H < 10 m

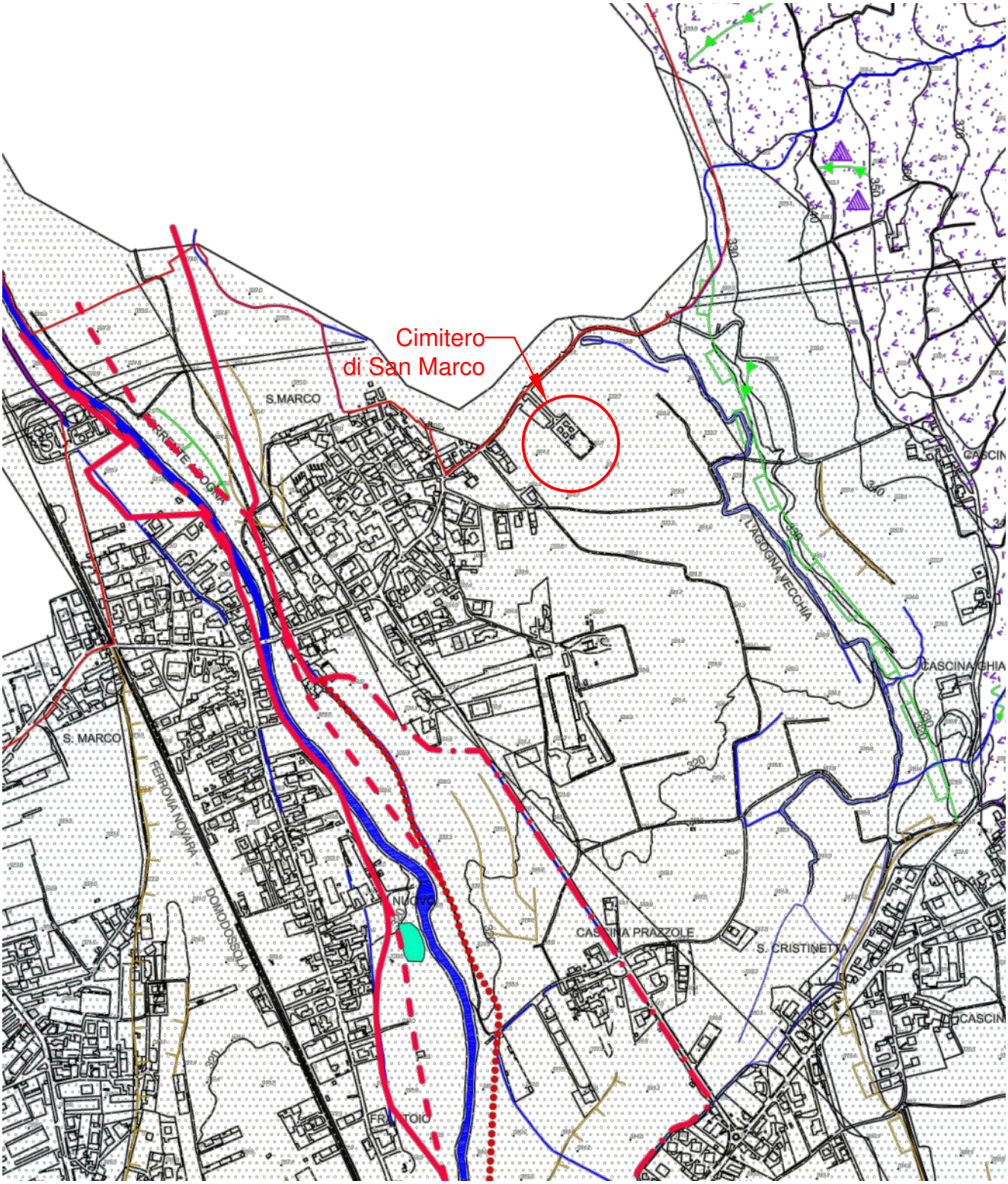
H > 10 m

FORME DI ACCUMULO

Alluvioni fluvioglaciali e fluviali costituite da livelli ghiaioso-ciottolosi intercalati a livelli sabbioso-limosi, terrazzate (Olocene)

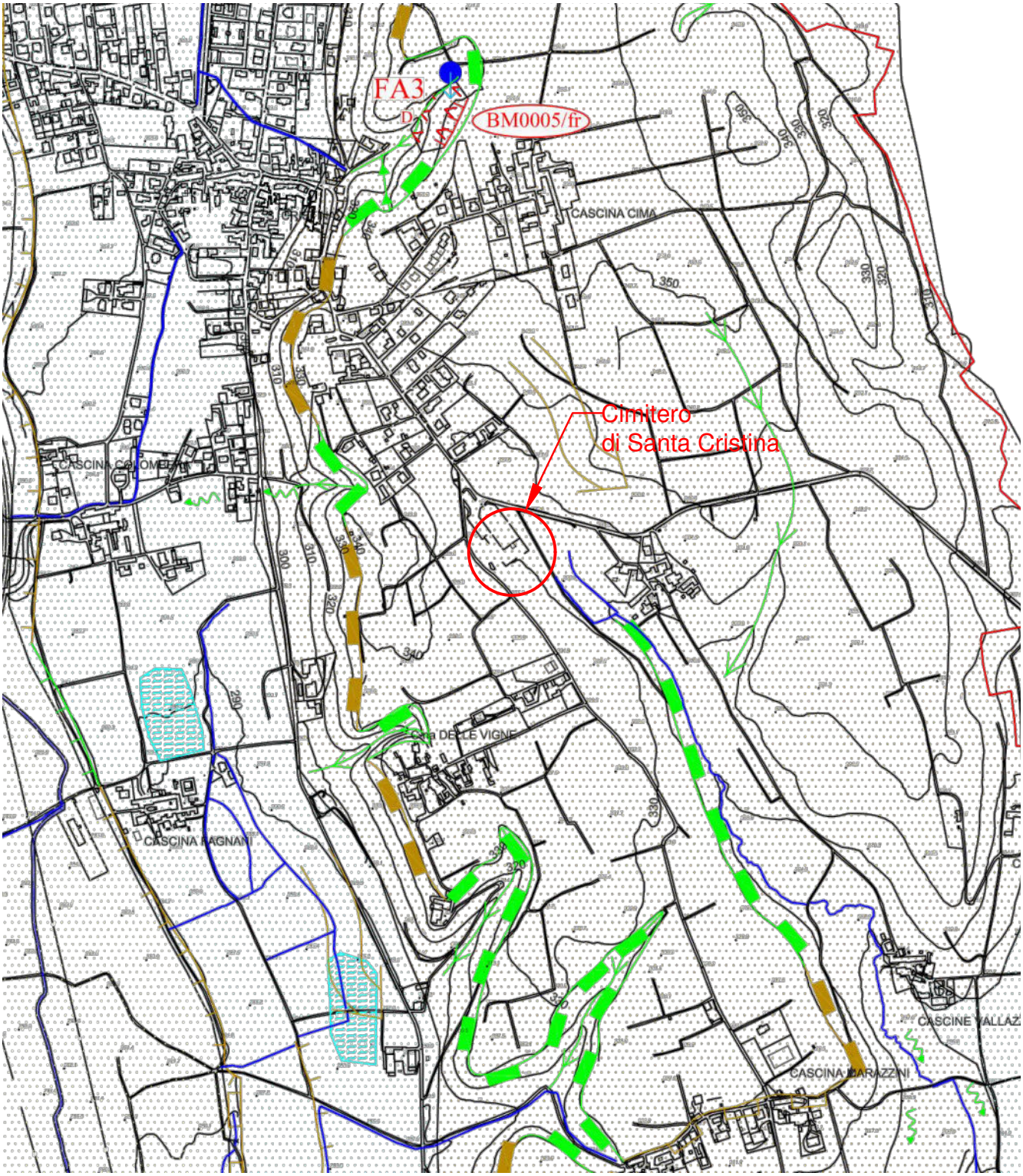
Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose con paleosuolo argilloso giallo rossiccio di ridotto spessore, talora ricoperte da limi più recenti (Wurm-Riss)

TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 5A	Scala: 1:10.000
Cimitero Monumentale (Capoluogo)			



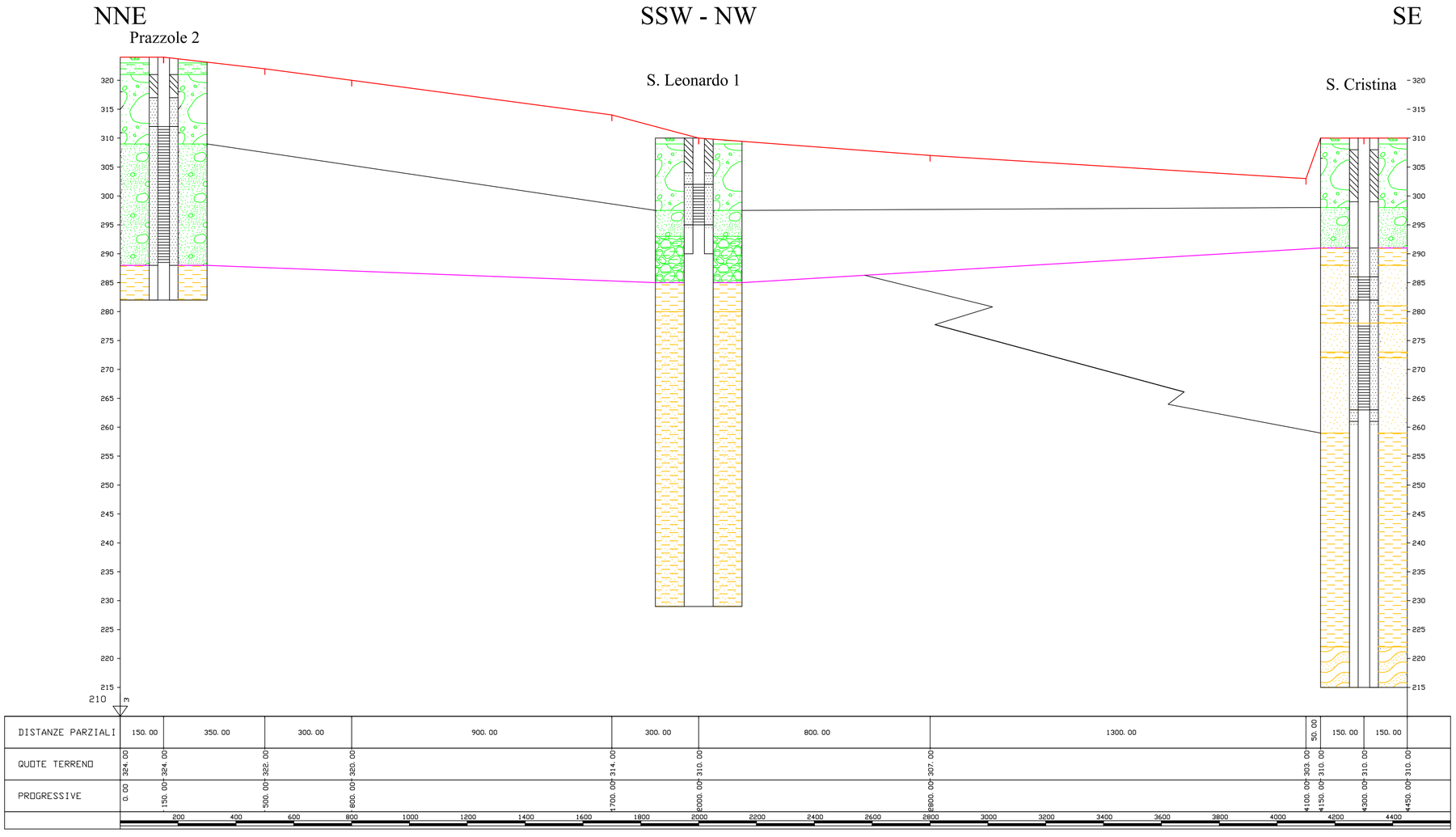
Alluvioni fluvioglaciali e fluviali costituite da livelli ghiaioso-ciottolosi intercalati a livelli sabbioso-limosi, terrazzate (Olocene)

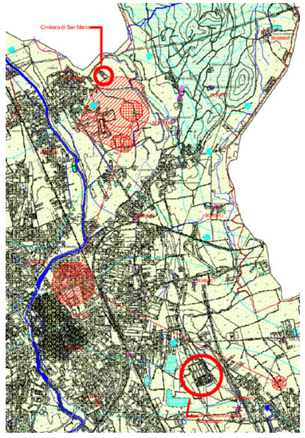
TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 5B	Scala: 1:10.000
Cimitero di San Marco			



Alluvioni fluvioglaciali alterate, formate prevalentemente da ghiaie con subordinate sabbie e limi, con paleosuolo argilloso di colore giallo ocra, localmente ricoperte da loess (Riss)

TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 5C	Scala: 1:10.000
Cimitero di Santa Cristina			





Ubicazione della sezione

LEGENDA

Litologia

- terreno di coltivo
- ghiaia
- sabbia
- argilla
- limo
- limite litologico

Idrogeologia

- complesso altamente permeabile costituito dalle alluvioni oloceniche terrazzate e del wurm-riss
- complesso impermeabile costituito dai depositi pliocenici di limo con sabbia argillosa
- limite idrogeologico

Opere di captazione

- filtro
- cementazione
- dreno

TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 27-02-2023	Allegato N.: 6	Scala H: 1:10.000 Scala V: 1:500
Sezione idrogeologica			