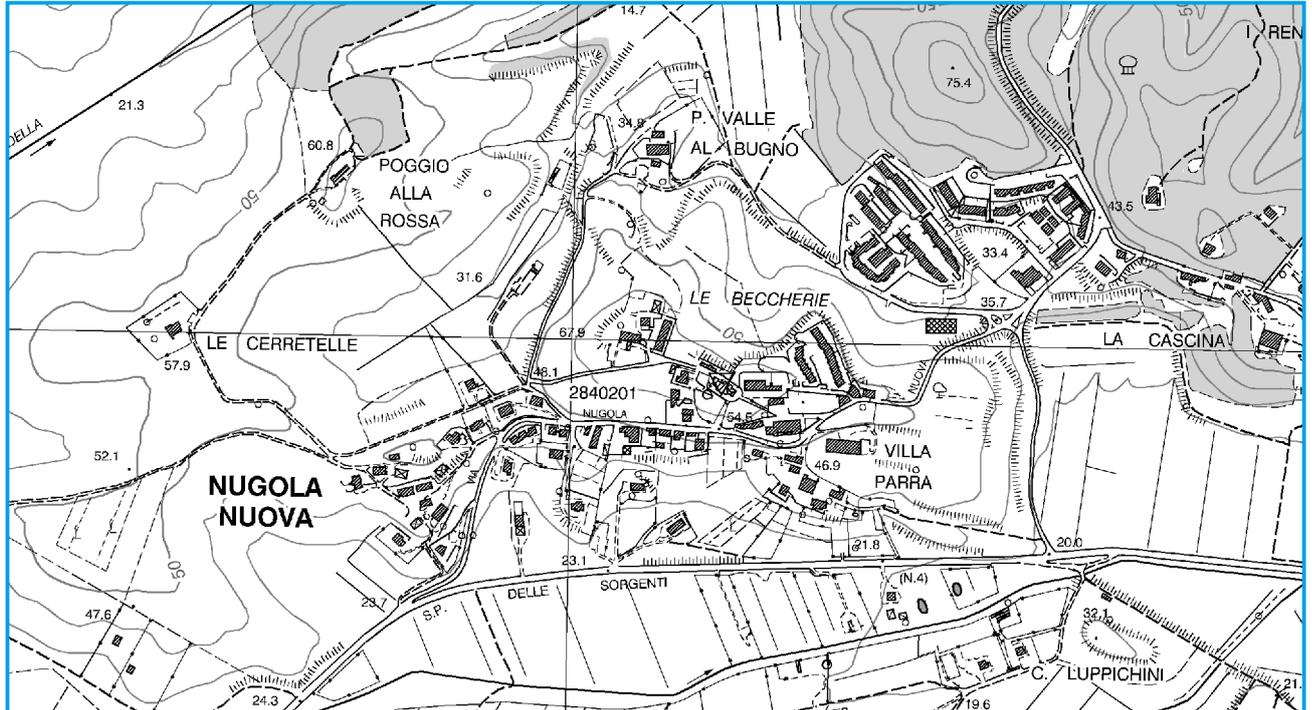


COMUNE DI COLLESALVETTI - PROVINCIA DI LIVORNO



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

RELAZIONE GEOLOGICA - A05

Geol. Mosè Montagnani



Comune di Collesalvetti (LI)

MAGGIO 2023

LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018 - Relazione Geologica - A05

1.0 - Premessa

La presente relazione è stata redatta per definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche e geotecniche dei terreni ove sono previsti i "Lavori di ripristino del muro di contenimento del giardino storico di Nugola", nel Comune di Collesalveti, su incarico dell'Amministrazione Comunale.

Di seguito vengono illustrati i risultati dello studio svolto in ottemperanza alle D.M. 17.01.18 "Norme tecniche per le Costruzioni", del DPGR 1/R e relativo Allegato 1 - art. 5 Regolamento 1R/2022; trattasi del ripristino di un tratto del muro di contenimento del giardino storico di Nugola, per una lunghezza di circa 17,5 m lineari.

Si fa presente che l'area in esame non è soggetta al Vincolo Idrogeologico (R.D. 3267/1923, L.R. 39/00 - D.P.G.R. 48/R del 08/08/2003 e s.m.i.).

Lo studio si è svolto secondo un approccio metodologico che può essere così riassunto:

- ⇒ sono stati acquisiti e consultati gli studi geologici di supporto alla pianificazione territoriale vigente sul territorio comunale di Collesalveti (Piano Strutturale, Regolamento Urbanistico e loro varianti);
- ⇒ sono state analizzate le cartografie della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - PAI" e del "Piano di Gestione del Rischio Alluvioni - PGRA";
- ⇒ è stata eseguita una campagna geognostica nell'area di intervento (prove penetrometriche dinamiche medie e sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati oltre a prove SPT in avanzamento);
- ⇒ è stata eseguita una campagna di indagine geofisica nell'area di intervento (indagine MASW e indagine HVSR);
- ⇒ è stata effettuata una verifica dell'assetto geomorfologico di superficie per individuare eventuali segni di dissesto in atto e/o potenziali, ovvero un rilievo fotografico del muro;
- ⇒ è stato ricostruito il modello geologico e litotecnico del sito, come previsto dalla normativa vigente.

Per la campagna geognostica si è fatto riferimento alle indicazioni del DPGR 1/R del 19 gennaio 2022 (Allegato 1 art.5 Regolamento 1R/2022), considerando il muro di contenimento "un'opera di sostegno a sviluppo lineare" e per questo sono state seguite le indicazioni riportate al paragrafo 3, punto 10 dall'Allegato 1 - art.5 del Regolamento 1R/2022.

Nella presente relazione vengono esposti e commentati i risultati acquisiti attraverso la campagna geognostica eseguita; il piano di calpestio di riferimento è quello presente durante l'esecuzione delle indagini; i profili trasversali e longitudinali sono stati ricostruiti sulla base di una livellazione eseguita dal sottoscritto.

Lo studio delle caratteristiche geologiche, litotecniche e sismiche dei terreni è stato effettuato adottando la metodologia appropriata alla complessità dell'intervento. Di seguito riportiamo le indagini eseguite:

- è stata effettuata la verifica dell'assetto geomorfologico dell'area di studio attraverso la quale individuare le forme e gli indici del dissesto (rilievo fotografico del muro di contenimento);
- sono state eseguite quattro prove penetrometriche dinamiche medie (DPM) che hanno raggiunto rispettivamente la seguente profondità: P1 ⇒ 3,3 m dal p.c.; P2 ⇒ 4,9 m dal p.c.; P3 ⇒ 5,7 m dal p.c.; P4 ⇒ 6,9 m dal p.c. (20/02/2023). IMP. Non è stato possibile utilizzare mezzi d'opera più performanti vista le difficoltà logistiche ed operative per accedere al giardino storico con un penetrometro statico/dinamico tipo "Pagani - 200 KN";
- sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo che hanno raggiunto la profondità di 12,0 m dal piano stradale; in ogni sondaggio sono stati prelevati un campione di terreno indisturbato con fustella a pareti sottili tipo "Shelby" ed campione rimaneggiato in sacchetto, sono state eseguite tre prove penetrometriche SPT con punta aperta (15 e 16 marzo 2023);
- i campioni di terreno prelevati sono stati inviati al laboratorio geotecnico "Laboter snc" di Pistoia; sui campioni indisturbati sono state eseguite le seguenti prove: apertura campione, determinazione contenuto acqua, determinazione del peso di volume, limiti di Atterberg, prova di taglio CD, prova espansione laterale libera; sui campioni rimaneggiati la granulometria completa;
- è stata eseguita un'indagine sismica attiva MASW ed un'indagini sismica passiva HVSR (20/02/2023);

- attraverso l'indagine sismica MASW1 ed HVSR1 è stato possibile risalire alla categoria di sottosuolo così come richiesto della NTC'18 (D.M. 17 gennaio 2018).

Attraverso le indagini eseguite ed acquisite è stato possibile valutare le caratteristiche litologiche e litotecniche dei terreni interessati dalle strutture di fondazione del manufatto esistente da ripristinare, nonché acquisire il valore della " V_{Seq} ", parametro necessario per determinare la categoria del suolo di fondazione per il calcolo delle azioni sismiche e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico.

L'ubicazione delle indagini eseguite viene ubicata nella planimetria allegata; le prove eseguite unitamente al rilievo geologico effettuato nell'area di intervento ci hanno consentito di poter verificare sia la consistenza che l'omogeneità litologica laterale e verticale dei depositi presenti nell'area di intervento.

Per verificare l'assetto litostratigrafico e litotecnico dei terreni presenti nell'area di intervento sono state realizzate alcune sezioni geologiche (modello geologico e modello geotecnico), utilizzando sia la cartografia tematica che le indagini eseguite.

2.0 - Ubicazione del sito e caratteristiche dell'intervento

L'intervento in oggetto si trova nel centro abitato di Nugola, frazione del Comune di Collesalveti, in un'area pianeggiante alla sommità del promontorio collinare che caratterizza il paesaggio locale.

L'intervento è individuabile come "*Lavori di ripristino del muro di contenimento del giardino storico di Nugola*", visto che lo stesso presenta evidenti dissesti murari (rotazione verso valle dell'opera, rottura in più punti dell'opera muraria, avvallamento/cedimento dei terreni posti a monte dell'opera muraria, presenza di buche in cui si infiltrano le acque superficiali, etc.). È molto probabile che si opti per realizzare un nuovo tratto di opera muraria, almeno quello che si presenta più dissestato.

L'opera muraria delimita la porzione sud del giardino storico che viene individuato dalla "*Particella Castale n° 363 del Foglio 63 del Comune di Collesalveti*"; i lavori di ripristino del muro interesseranno anche parte della viabilità a valle dello stesso. L'area di intervento rientra nella Sezione 284.020 della CTR scala 1:10.000.

Precisi dati progettuali dell'opera da realizzare saranno sviluppati dall'Ing. Claudio Costanza incaricato dall'Amministrazione Comunale di Collesalveti.

3.0 - Quadro normativo di riferimento

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla normativa vigente di seguito specificata:

- ⇒ L.R. 69/2019 - Disposizioni in materia di governo del territorio. Adeguamenti alla normativa statale in materia di edilizia e di sismica. Modifiche alle leggi regionali 65/2014 , 64/2009 , 5/2010 e 35/2015 ;
- ⇒ Decreto del Presidente della Giunta Regionale, 19 gennaio 2022, n. 1/R – Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 (norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico;
- ⇒ Allegato 1 – Art.5 Regolamento 1R/2022 – Linee Guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti da presentare ai sensi dell'art. 3 del Reg. 1R/2022;
- ⇒ Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni 2018;
- ⇒ Consiglio Superiore Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018 – Circolare 11 febbraio 2019;
- ⇒ Consiglio Superiore Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. – Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007;
- ⇒ Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: fondazioni, strutture, di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- ⇒ Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica – Parte I: Regole generali - UNI
- ⇒ Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio – UNI;
- ⇒ Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito – UNI;

- ⇒ D.P.C.M. 06/05/2005 - Piano di Bacino del Fiume Arno (P.A.I.) "Stralcio Assetto Idrogeologico";
- ⇒ Norme di Attuazione del Piano Stralcio "Assetto Idrogeologico" (PAI);
- ⇒ Del. C.I. n° 235 del 3 marzo 2016 - Autorità di Bacino del Fiume Arno - Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.).
- ⇒ L.R. 41/R del 01/08/2018 - Disposizioni urgenti in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010 n. 49;
- ⇒ D.Lgs 10/02/2006 n. 152 - "Norme in materia di Ambiente";
- ⇒ Del. GRT n. 421 del 26/05/2014 - classificazione sismica del territorio regionale;
- ⇒ Strumenti Urbanistici del Comune di Collesalveti (LI).

4.1 - Inquadramento territoriale

Il territorio interessato dalla presente indagine è costituito dall'intero Comune di Collesalveti che si estende per una superficie complessiva di circa 110 kmq con una forma "a triangolo rovesciato.

È delimitato a Nord dalla rete idrografica della Pianura di Pisa (Scolmatore dell'Arno, Fossa Chiara e Fossa Nuova), ad Est dalla rete idrografica che scende dalle colline (Fiume Isola e Torrente Morra) e dalla viabilità principale (S.S. 206 e tracciato ferroviario Cecina-Pisa), a Sud dai crinali dei Monti Livornesi (M. Auto e M. Maggiore) che si collegano al Botro Torricchi ed infine ad Ovest dal versante orientale dei Monti Livornesi (Poggio Lecceta) e dalla Valle dell'Ugione fino all'abitato di Stagno. Dal punto di vista morfologico, geografico ed ambientale il territorio può quindi essere suddiviso in tre sistemi principali.

I Monti Livornesi: il versante orientale dei Monti Livornesi occupa la porzione Sud-occidentale del territorio comunale. Il limite sinistro è rappresentato dalla linea di spartiacque che taglia la catena con direzione N-S (da Poggio Corbolone - Poggio Lecceta - Monte Maggiore), mentre il limite destro corrisponde alla fascia di contatto fra le formazioni rocciose che costituiscono l'ossatura dei monti ed i sedimenti più recenti; in particolare tale allineamento coincide con le lineazioni tettoniche e si sviluppa dalla Fattoria di Cordecimo (a Nord) alla frazione di Colognole (a Sud) attraverso le Parrane.

Le Colline: comprende la porzione centro-orientale del Comune ed è costituita dai deboli rilievi collinari Livornesi e Pisani, su cui si sviluppano alcuni dei principali centri abitati. Sono solcate dai torrenti che scendono dal versante orientale dei Monti Livornesi e si dirigono in direzione Nord verso la Pianura di Pisa. Sono costituite da sedimenti neogenici (miocenici, pliocenici e pleistocenici) e quaternari di origine marina e terrestre.

La Pianura: comprende la porzione meridionale della Pianura di Pisa ed occupa il settore settentrionale del Comune. Tale zona, completamente pianeggiante, è solcata dal reticolo idraulico di scolo dell'intera pianura alluvionale del basso Valdarno ed è ricoperta per la quasi totalità da sedimenti alluvionali, palustri o di colmata.

4.2 - Quadro geologico generale

I tre sistemi in cui è diviso il territorio comunale (i Monti Livornesi, le Colline neogeniche e quaternarie Livornesi e Pisane e la parte meridionale della Pianura di Pisa) rappresentano i differenti stadi della sua lunga storia evolutiva a partire dal Paleozoico e indicano quanto sia complessa e varia la sua geologia.

I Monti Livornesi rappresentano un tratto del Paleo-Appennino che si è corrugato dall'Oligocene superiore - Miocene inferiore (da 30 a 20 milioni di anni fa) per la collisione dei due margini continentali, europeo ed africano, e che ha subito un collasso ed uno smembramento nel Neogene ad opera di una intensa tettonica distensiva.

Per questo fenomeno unità tettoniche si spostarono dall'area tirrenica in senso Ovest-Est; così in parte per scivolamenti gravitativi, in parte per traslazione, unità sedimentarie alloctone (di età Cretacica) trascinando anche grosse porzioni di rocce magmatiche strappate dal basamento oceanico (di età Giurassica) sono andate a formare l'orografia di superficie; l'ossatura dei monti è quindi costituita dalle formazioni rocciose del Dominio Toscano (non affiorante nel Comune di Collesalveti) e di tre Complessi del Dominio Ligure: Alloctono inferiore, intermedio e superiore.

La natura, la successione e la giacitura delle rocce che compongono questi rilievi sono così legate all'evoluzione paleogeografia della Toscana Marittima. L'insieme collinare mostra in superficie depositi in prevalenza sabbiosi, conglomeratici ed argillosi che sono riferibili geologicamente al "Complesso Neoautoctono".

Questi sedimenti neogenici e quaternari si formarono dopo l'arrivo in loco dei Complessi Alloctoni durante una fase di tettonica distensiva iniziata nel Miocene superiore (10 milioni di anni fa). Si originarono così i grandi bacini sedimentari, marini e lagunari, fortemente subsidenti tra i rilievi dell'antica catena del paleo-Appennino, i cui lembi oggi sono rappresentati dai Monti Livornesi, dai Monti Pisani e Monti di Cascina Terme.

La Pianura, ben definita al suo margine meridionale dalle colline Livornesi e Pisane, deve la sua notevole estensione a sud di Pisa ai grandi apporti alluvionali di età Olocenica (Quaternario) del Serchio e dell'Arno ed il suo sviluppo alla dipendenza dai cambiamenti glacio-eustatici del livello marino.

Questa dipendenza risulta evidente dal fatto che sedimenti di natura fluviale assai recenti si trovano sepolti sotto altri di facies marina retrolitorale ed ancora, più verso mare, sotto i sedimenti dei lidi del sistema deltizio tardo-olocenico dell'Arno.

4.3 - Quadro geologico locale

Di seguito si riportano la descrizione delle formazioni geologiche che affiorano sia nell'area di intervento che in un intorno geologicamente significativo.

4.3.1 - Depositi pliocenici

All'inizio del Pliocene (circa 5 milioni di anni fa) si ripristinano le condizioni marine del Mediterraneo, dovute all'apertura dello Stretto di Gibilterra. Questo cambiamento determina nel bacino lacustre la sostituzione delle acque con quelle marine oceaniche.

Contemporaneamente aumenta la profondità del bacino e le aree rimaste sollevate, come i Monti Livornesi, vanno a costituire il Paleo-arcipelago Toscano.

Nel Pliocene Medio si assiste ad una inversione di tendenza con inizio di un sollevamento epirogenetico che porta, nel Pliocene medio-superiore, la Toscana ad emergere e ad acquistare una fisionomia simile all'attuale; così i Monti Livornesi perdono la loro insularità. Tutto ciò è testimoniato dalle seguenti formazioni:

Formazione delle Argille azzurre (p-FAA), Pliocene Inferiore e Medio. È una formazione litologicamente omogenea; le argille bluastre, che possono essere da grigie a gialle se alterate, prevalgono nettamente su quelle con frazioni marnose, sabbiose e siltose. Possono essere ricche di fossili marini di facies profonda. Affiorano con continuità da Guasticce fino al confine sud-orientale del territorio comunale estendendosi in direzione NNO – SSE per circa 13 Km.

Formazione delle Argille azzurre nella facies sabbiosa (FAAe) anche "Sabbie gialle (p3)", Pliocene Inferiore e Medio. Si presentano in banchi, hanno una granulometria medio-fine, grado di addensamento variabile da sciolto a talora cementato, sono intercalate da strati arenacei o calcareo-arenacei o argillosi. Affiorano in tre corpi sedimentari principali intercalati alle Argille azzurre ed al tetto a queste si sostituiscono in concordanza stratigrafica ma in modo abbastanza netto ed evidente nonostante le argille mostrino componente sabbiosa e limosa abbondante.

4.3.2 - Depositi quaternari

Dopo la fase continentale, corrispondente all'emersione tardo pliocenica, la Toscana ed anche il territorio livornese subiscono nel Pleistocene Inferiore (1,65-0,70 milioni di anni fa) ripetute trasgressioni e regressioni marine ma di estensione geografica limitata rispetto a quelle mioplioceniche.

Nel Pleistocene medio (0,7 – 0,15 milioni di anni) le aree dell'entroterra continentale subiscono un lento ma notevole sollevamento epirogenetico (regressione glacio-eustatica) con la deposizione di sedimenti eolici e colluviali. Il Pleistocene superiore (0,15-0,01 milioni di anni) è caratterizzato da una successione di fasi marine e continentali, rispettivamente calde e fredde (wurmiane).

Tutto ciò è testimoniato dalle seguenti formazioni:

Depositi marini e costieri pleistocenici (PLE) anche "Sabbie ed argille ad Arctica (q2)", Pleistocene Inferiore. Si tratta di una alternanza tra strati sabbiosi, a volte arenacei, e banchi di argille e argille sabbiose; alle sabbie sono associate rare lenti conglomeratiche. La formazione è fossilifera: l'Arctica Islandica, mollusco bivalve, è considerato un "ospite freddo" e fossile guida del Pleistocene Inferiore mediterraneo. Gli affioramenti maggiori (con potenze superiori ai 50 metri) si trovano in prossimità di Nugola.

Depositi marini e costieri pleistocenici (PLE) anche "Sabbie di Nugola Vecchia (q3)", Pleistocene Inferiore. Sono sabbie fini fossilifere (Ostreidi e pectinidi) intercalate talvolta da strati arenacei o calcareo arenacei e conglomeratici. Affiorano sormontando le Sabbie ed argille ad Arctica tra Nugola Vecchia, Collesalveti e Torretta.

Terrazzi alluvionali del pleistocene medio-finale (bnb1) anche "Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (q6)", Pleistocene Medio. La formazione presenta una litologia caratterizzata da sabbie grossolane, da limi e dalla presenza talvolta abbondante di ciottoli, anche di notevoli dimensioni, fortemente eterometrici, arrotondati e costituiti da anageniti, quarziti e calcari vari della Serie Toscana, che viceversa non compaiono nelle formazioni pleistoceniche sottostanti. La formazione non appare uniforme ma viceversa, a seconda dei luoghi di affioramento, si registra la preponderanza di questo o di quel tipo litologico; ciò è da mettere in relazione con l'ambiente di sedimentazione che doveva variare dal fluviale al fluvio-lacustre fino al deltizio.

Alluvioni attuali e oloceniche delle valli laterali (bna2) anche "Alluvioni (a)", Olocene-attuale. Si tratta prevalentemente di sedimenti argillo-limosi nella Piana di Pisa e di depositi sabbiosi e ghiaiosi nelle valli dei corsi d'acqua che attraversano formazioni con componenti lapidei, sabbiosi e conglomeratici; presentano spessori modesti al massimo di qualche decina di metri.

4.4 - Quadro tettonico delle successioni recenti

Il territorio del Comune di Collesalveti presenta grandi varietà di strutture tettoniche in quanto le strutture di stile rigido e distensivo del complesso neoautoctono si sovrappongono a quelle plicative e traslative che sono caratteristiche dei Complessi Liguri.

I sedimenti fino al Pleistocene medio non sono interessati da inclinazioni e dislocazioni tettoniche di qualche rilievo; soltanto a partire dal Pleistocene inferiore i sedimenti coevi ad est della linea Nugola – Castell'Anselmo risultano avere una giacitura regolare a monoclinale con immersione verso NE ed inclinazione di 6-8°.

Lungo tutto l'ampio affioramento ad Est dei Monti Livornesi le formazioni di età Pliocenica (inferiore e medio) presentano una stratificazione, sempre a monoclinale, con direzione appenninica, immersione a NE ed inclinazioni variabili dai 30° delle più antiche ai circa 15° delle più recenti; nella zona a Nord (zona Vallelunga ed Ugione), pur mantenendo le stesse inclinazioni l'immersione è spostata più a settentrione. Pertanto, gli strati pliocenici si dispongono a fascia intorno ai versanti N-NE-E dei Monti Livornesi.

4.5 - Assetto geomorfologico locale

Sotto il profilo geomorfologico, il territorio Comunale di Collesalveti presenta tre aree ben distinte: la pianura, le colline ed i Monti Livornesi. L'abitato di Nugola si trova nella porzione centrale del territorio comunale, ove sono presenti rilievi collinari.

Procedendo in direzione Sud la pianura si raccorda con i blandi rilievi collinari, a prevalente costituzione argilloso-sabbiosa-ciottolosa, che caratterizzano l'ampia fascia settentrionale che dalla Fattoria di Suese, ad Ovest, si estende fino alle colline su cui sorgono gli abitati di Nugola, Montecandoli, Badia e Collesalveti.

Rilievi con medesimi caratteri morfologici e geologici, con prevalenza di litologie argillose, sono inoltre presenti nella porzione sud-orientale del territorio comunale tra il confine orientale (Castell'Anselmo, Torretta Vecchia e Crocino) e, ad Ovest, l'allineamento Monte Massi-Fattoria Acquaviva – Poggio ai Frati – Parrana San Martino – Parrana Nuova – Casa Staggiano.

In generale si tratta di zone agricole, trasformate negli ultimi anni in agrituristiche, per lo più a vocazione cerealicola (dove prevalgono terreni argillosi), e di bosco a vegetazione mediterranea (lecci, corbezzoli, pini etc.) impiantatosi sulle litologie sabbiose e sabbio-ciottolose. Su queste ultime sono altresì presenti colture viticole e ad uliveto.

4.6 - Assetto idrogeologico locale

Per quanto riguarda i depositi alluvionali nelle valli dei corsi d'acqua principali provenienti dal territorio montano e collinare, si registra generalmente una permeabilità primaria variabile, ma la loro consistenza è modesta e limitata ad una ristretta fascia lungo gli attuali alvei.

In questo contesto geologico-stratigrafico è possibile avere la presenza di acquiferi semi-freatici all'interno dei sedimenti limo-sabbiosi e sabbio-limosi pleistocenici, protetto al tetto da sedimenti prevalentemente limo-argillosi. È una falda a carattere stagionale, per cui durante la stagione piovosa, in occasione di precipitazioni abbondanti, il suo livello si innalza fin quasi al piano campagna saturando il terreno più superficiale. Si tratta di un acquifero che si rinviene generalmente a profondità comprese fra i -3,5 ed i -7,0 m da p.c., a cui attingono pozzi alla romana o ad anelli in cemento.

Qui di seguito le formazioni affioranti dell'area di intervento, che possono costituire acquiferi, vengono elencate seguendo il grado di permeabilità; da quasi nullo a elevato:

Depositi marini e costieri pleistocenici (PLE) anche "Sabbie ed argille ad Arctica Islandica (q2)"; in corrispondenza dei livelli più sabbiosi il comportamento idrogeologico è più prossimo ad un "acquitardo", in corrispondenza delle argille si hanno comportamenti tipici dei corpi impermeabili. Il limite superiore della formazione può essere evidenziato da un allineamento di sorgenti. Il livello argilloso viene spesso usato come letto impermeabile di invasi artificiali.

Alluvioni attuali e oloceniche delle valli laterali (bna2) anche "Alluvioni (a)"; costituiscono generalmente un corpo acquifero dotato di permeabilità intermedia, ma costituito da una coltre di sedimenti estremamente modesta. Fanno eccezione i depositi alluvionali del Torrente Isola e Tora che presentano spessori di poco superiori ai 10 metri.

Terrazzi alluvionali del pleistocene medio-finale (bnb1) anche "Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (q6)"; rappresentano un corpo acquifero caratterizzato da elevata porosità e buona permeabilità. Il modesto spessore dei sedimenti determina tuttavia condizioni tali per cui la falda imprigionata risulta caratterizzata da una notevole escursione della piezometrica tra il periodo secco e quello umido.

Formazione delle Argille azzurre nella facies sabbiosa (FAAe) anche "Sabbie gialle (p3)"; sono caratterizzate da una buona porosità e permeabilità; parte delle acque del sottosuolo vengono alla luce come sorgenti in corrispondenza di livelli argillosi impermeabili pliocenici (p-FAA) o di banchi calcarenitici all'interno della stessa formazione.

L'insieme dei sedimenti presentano le caratteristiche di un acquifero multistrato.

Depositi marini e costieri pleistocenici (PLE) anche "Sabbie di Nugola Vecchia (q3)"; rappresentano il corpo acquifero più interessante affiorante, sia per le caratteristiche idrogeologiche (buona porosità e permeabilità) sia per l'estensione che per la potenza degli strati acquiferi. Trattandosi di un acquifero multistrato la massima potenzialità si ottiene mediante la terebrazione di pozzi al margine della pianura (zona orientale del Comune fra Vicarello e Collesalveti). Presentano spessori dell'ordine dei 100 m. e sono caratterizzate da una serie di livelli sabbiosi comunicanti tra loro (acquifero multistrato) separati localmente da livelli calcarenitici o argillosi. Alcuni di questi livelli, nei versanti a franapoggio, determinano il manifestarsi di sorgenti.

4.7 - Assetto geologico-tecnico delle formazioni affioranti

In base alle caratteristiche litologiche e fisico-meccaniche (coesione ed angolo di attrito), le formazioni affioranti sono state organizzate in unità litotecniche, raggruppate a loro volta in unità litotecniche (classi litotecniche).

Nella Classe 3 sono state inserite le seguenti formazioni: 3a – Argille Azzurre (p-FAA); 3b – Sedimenti palustri alluvionali e di colmata (t-bna1).

Le caratteristiche geo-meccaniche della formazione delle argille azzurre variano con il loro contenuto in acqua; hanno consistenza plastica medio-alta; durante intense piogge possono diventare più molli e dar luogo a fenomeni di dissesto superficiale (colamenti, soliflussi); nei periodi asciutti tendono ad essiccarsi divenendo compatte e stabili. Localmente possono essere intercalate da sottili livelli limo sabbiosi fini.

Per quanto riguarda i sedimenti palustri, alluvionali e di colmata, nella Pianura di Pisa, denominati (t), caratterizzati da terreni saturi in acqua prevalgono i limi-argillosi, limi-sabbiosi e le argille melmose con livelli di torba a scadenti caratteristiche geotecniche e conseguenti bassi e bassissimi valori di capacità portante. Trattandosi di potenti argille sensitive quasi prive di consistenza a livello areale danno luogo a fenomeni di subsidenza; tali effetti sono amplificati se sottoposte a carichi o a notevoli emungimenti.

Nel corso di molte indagini svolte è stata spesso riscontrata, anche a profondità inferiori a -10 m da p.c., la presenza di gas interstiziale infiammabile (prevalentemente metano) collegato a processi di degradazione organica di resti vegetali presenti negli orizzonti argillo-torbosi.

Nella Classe 4 sono state inserite le seguenti formazioni: 4a – Sabbie e argille ad Arctica (q2-PLE); 4b – Alluvioni e Alluvioni terrazzate (a – at – bna2); 4c – Detriti di frana e di versante (d); 4d – Sedimenti palustri alluvionali e di colmata (t**).

Le formazioni q2 e q11 sono costituite da alternanze di livelli argillosi e di strati sabbiosi con prevalenza abbastanza netta di argille plastiche a consistenza intermedia nelle Sabbie ed argille ad Arctica e di limi e limi argillosi con orizzonti sabbiosi fini nella formazione di Vicarello.

Il gruppo dei depositi alluvionali è formato da litotipi che, in generale, presentano caratteristiche geomeccaniche piuttosto variabili a seconda del luogo di affioramento; in generale prevalgono le granulometrie medio-fini con matrici prevalenti limo-argillose.

Gli accumuli detritici, di frana e di paleofrana derivano da litotipi con caratteristiche alquanto eterogenee. Per la loro composizione litologica si deve fare riferimento a quella dell'unità litotecnica da cui sono stati originati; in generale hanno una matrice di tipo coesivo.

Nella Classe 5 sono state inserite le seguenti formazioni: 5a – Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (q6-bnb1); 5b – Sabbie di Ardenza (q9); **5c – Sabbie gialle (p3-FAAe)**; Calcareniti e sabbie ad "Amphistegina" (p4), Sabbie di Nugola Vecchia (q3-PLE), Conglomerati di Santo Stefano (q8).

La formazione q6 è costituita da ciottoli poligenici eterogenici in matrice prevalentemente sabbiosa alternati a livelli limo-sabbiosi. Si presenta poco da poco addensata a mediamente addensata. Le Sabbie di "Ardenza" sono costituite in prevalenza da sabbie fini limose mediamente compatte. Le restanti (p3, p4, q3, q8) sono costituite da sabbie e sabbie fossilifere più o meno fini, da poco addensate fino a compatte con consistenza litoide nei livelli (lenti o bancate) cementati calcarenitici.

Nella Classe 6 sono inseriti i terreni antropici (riporto, discarica, riempimento) di varia natura, eterogenei e con caratteristiche e grado di compattezza variabile da luogo a luogo.

5.0 - Carte della Pericolosità Geologica, Idraulica e Sismica.

I caratteri di pericolosità dell'area vengono espressi nella cartografia tematica di supporto alla pianificazione territoriale del Comune di Collesalveti.

5.1 - Piano strutturale vigente (2008)

Nella Carta della Pericolosità Geomorfologica redatta ai sensi del DPGR 26/R (*Indagini Geologiche e geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico, 2008*), l'area di intervento ricade in "Classe G.1 - pericolosità bassa": questa "comprende le aree di pianura e collinari in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture e clivometriche ($\leq 15\%$) non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti gravitativi".

Nella Carta della Pericolosità Idraulica e Geomorfologica redatta ai sensi del DPGR 26/R (*Indagini Geologiche e geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico, 2008*), l'area di intervento non ricade tra quelle identificate;

Nella Carta della delle ZMPLS e della Pericolosità Sismica redatta ai sensi del DPGR 26/R (*Indagini Geologiche e geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico, 2008*), l'area di intervento ricade nella "ZMPLS n°6 – Zona di ciglio $H > 10m$ costituita da scarpate con parete sub-verticale, bordi di cava, nicchie di distacco, orli di terrazzo e/o di scarpata di erosione (buffer di 10 m a partire dal ciglio)", quindi in "Classe S.2 - pericolosità sismica media", "Comprende zone con fenomeni franosi inattivi o coltri colluviali stabilizzate. Comprende inoltre le aree in cui è possibile un'amplificazione dovuta ad effetti topografici".

Nella Carta della Pericolosità Idraulica redatta ai sensi del DPGR 53/R (studio idrologico Idraulico a supporto del *Regolamento Urbanistico, 2015*), l'area di intervento non ricade tra le classi di pericolosità idraulica considerate: P.I.4 Pericolosità molto elevata (DPGR 53/R) \cong PI3 alluvioni frequenti (PGRA); P.I.3 Pericolosità elevata (DPGR53/R) \cong PI2 alluvioni poco frequenti (PGRA).

Nella Carta delle Aree sensibili alla Vulnerabilità (2004), l'area di intervento ricade in "Classe 6 – Bassa", si tratta di "Complessi argillosi, marnosi e flyschoidi (argillo-marnosi con bancate calcaree); la vulnerabilità è strettamente connessa alla acclività della superficie topografica ed alla complessità del reticolo drenante superficiale (possibilità di ristagno)".

5.2 - Piano strutturale adottato (2021)

Nella Carta della Pericolosità Geomorfologica redatta ai sensi del DPGR 5/R/2020 (*Piano Strutturale, 2021*), l'area di intervento ricade in "Classe G.2 - pericolosità media", in questa ricadono "aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi".

Pertanto, nella Carta della Pericolosità Idraulica redatta ai sensi del DPGR 5/R (*Piano Strutturale, 2021*), l'area di intervento non ricade in nessuna delle classi di pericolosità considerate da questo elaborato, ovvero: P3 (alluvioni frequenti), a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 30$ anni; P2 (poco frequenti), a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 200$ anni; P1 (rare), a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 500$ anni (DPGR 5/R, PGRA e L.R. 41/R).

Nella Carta delle MOPS redatta ai sensi del DPGR 5/R (*Piano Strutturale, 2021*), l'area di intervento ricade tra le "Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali" più precisamente nella "Zona 13: caratterizzata da sabbie da fini a grossolane, sabbie limose, con livelli ghiaiosi, stratificate, con stratificazioni incrociate planari (GRS), generalmente da addensate a molto addensate. Si osservano in

tre principali corpi sedimentari spessi fino a 100 m, trattasi della litofacies sabbiosa della formazione delle Argille Azzurre (FAAe)".

Nella Carta della Pericolosità Sismica redatta ai sensi del DPGR 5/R (Piano Strutturale 2021), l'area di intervento ricade in "Classe S.2 – pericolosità sismica locale media"; in questa rientrano: "le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz; le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1,4. Sono state attribuite a questa classe anche le aree con valori del fattore di amplificazione con intervallo F_{Ha} (0,1-0,5) uguali a 1,4; le zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15gradi); le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3".

Nella "Carta della Pericolosità Idraulica" del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), l'area di intervento non rientra tra i terreni classificati dal PGRA: "area collinare".

Lo Studio Idrologico Idraulico realizzato a supporto del nuovo Piano Strutturale in adozione (2021), è stato redatto ai sensi del DPGR 5/R e della LR 41/2018. I risultati di tale studio sono stati riassunti nelle seguenti cartografie tematiche: Carta delle Aree esondabili \Rightarrow l'area di intervento risulta esterna alle aree allagabili per Tr 500 anni, 200 anni e 30 anni; Carta dei Battenti idraulici \Rightarrow nell'area di intervento non è previsto alcun battente idraulico per fenomeni con TR di 200 anni; Carta della Velocità di Esondazione \Rightarrow nell'area di intervento non è previsto alcun flusso idrico di esondazione per fenomeni con TR di 200 anni; Carta della Magnitudo Idraulica \Rightarrow l'area di intervento risulta esterna alle aree in cui è presente una magnitudo per Tr 200 anni (battente idraulico pari a "zero"; velocità di esondazione paria a "zero").

5.3 - Fattibilità dell'intervento previsto

L'analisi dei risultati acquisiti attraverso la campagna geognostica di riferimento ha evidenziato la presenza di terreni di fondazione caratteristiche geotecniche medie.

Alla luce dei dati acquisiti ed alle classi di pericolosità sopra indicate, unitamente a quanto indicato nella normativa di riferimento in materia, all'intervento previsto si associa la seguente classe di Fattibilità:

Fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici: gli interventi previsti rientrano in "F.2 – Fattibilità con normali vincoli"; si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagine e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativi all'attività edilizia". Nel caso in oggetto "le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area". Questo implica che "sarà sufficiente predisporre le normali indagini geognostiche previste dal DPGR 36/R, NTC'18 e relativa circolare applicativa", oggi DPGR 1/R/22.

Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici: gli interventi previsti dal rientrano in "F.1 - Fattibilità con normali vincoli"; si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica media per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico".

Fattibilità in relazione agli aspetti sismici: gli interventi previsti dal rientrano in "F.2 Fattibilità con normali vincoli"; si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica locale media (S2) e da pericolosità sismica locale bassa (S1) non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia a meno della definizione della Categoria di suolo di fondazione".

Sulla base delle conoscenze acquisite e della normativa vigente, si ritiene che l'opera prevista sia Fattibile purché vengano rispettate le prescrizioni derivanti dalle classi di fattibilità individuali.

6.0 - Considerazioni idrauliche sull'intervento in progetto.

L'area di intervento si trova presso abitato di Nugola; dall'analisi morfologica della cartografia ufficiale della Regione (CTR 1:2.000 e CTR 1:10.000) è stato possibile osservare che il piano di calpestio attuale si attesta ad una quota di + 52,0 m slm. La rete di drenaggio delle acque superficiali è individuata nella rete fognaria che supporta l'area urbanizzata e dal sistema idraulico esterno all'abitato formato da scoline, fossati e capi-fosso che nell'insieme costituiscono la rete di regimazione delle acque superficiali.

Il muro di contenimento da ripristinare corrisponde ad una porzione dell'opera esistente che delimita la porzione meridionale del giardino storico di Nugola; è prevista la realizzazione di un nuovo muro di contenimento con fondazione superficiale continua tipo "mensole" dalla quale si innalzerà il paramento murario a tergo del quale sarà posizionato il materiale di riempimento per ricreare il piano del giardino storico. Precisi dati progettuali saranno riportati nella documentazione redatta dall'Ing. Claudio Costanza incaricato dall'Amministrazione Comunale di Collesalveti.

Nella Carta di PGRA l'area di intervento è esterna alle aree con pericolosità P1, P2 e P3 (area collinare); nella Carta della Pericolosità Idraulica redatta ai sensi del DPGR 5/R l'area di intervento è esterna alle aree con pericolosità P1, P2 e P3.

Per valutare l'assetto idraulico dell'area di intervento si è fatto riferimento alle cartografie redatte con gli studi idrologico-idraulici di supporto al nuovo Piano Strutturale in adozione; da queste è emerso quanto segue:

- a) Carta delle Aree esondabili redatta ai sensi del DPGR 5/R (Piano Strutturale, 2021), l'area di intervento risulta esterna alle aree allagabili per Tr 500 anni, 200 anni e 30 anni;
- b) Carta dei Battenti idraulici redatta ai sensi del DPGR 5/R (Piano Strutturale, 2021), nell'area di intervento non è previsto alcun battente idraulico per fenomeni con TR di 200 anni;
- c) Carta della Velocità di Esondazione redatta ai sensi del DPGR 5/R (Piano Strutturale, 2021), nell'area di intervento non è previsto alcun flusso idrico di esondazione per fenomeni con TR di 200 anni;
- d) Carta della Magnitudo Idraulica redatta ai sensi del DPGR 5/R (Piano Strutturale, 2021), l'area di intervento risulta esterna alle aree in cui è presente una magnitudo per Tr 200 anni (battente idraulico pari a "zero"; velocità di esondazione pari a "zero").

Da questo si deduce che nell'area non sono previsti fenomeni di alluvionamento ne tanto meno fenomeni di transito idraulico in occasioni di eventi alluvionali calcolati per un TR di 200 anni.

Secondo quanto indicato nella L.R. 41/R l'intervento in oggetto rientra tra quelli ricompresi nel "Capo III - Interventi edilizi all'interno del perimetro del territorio urbanizzato"; l'area non rientra tra le "Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti" ne tanto meno tra le "Aree a pericolosità per alluvioni frequenti", per cui l'intervento edilizio in progetto dal punto di vista idraulico è ammesso senza alcuna limitazione.

Con la realizzazione dell'intervento edilizio in progetto le condizioni di rischio idraulico dell'area non supereranno il "Rischio medio R2", inteso come il rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e delle infrastrutture e la funzionalità delle attività economiche: area collinare.

Quanto indicato ci consente di rispondere positivamente ai quesiti della L.R. 41/R:

- a) il piano di calpestio di riferimento è quello dell'ingresso della Scuola Primaria G. Mazzini di Nugola e comunque il battente per alluvionamento con tr 200 anni è pari a "zero", così come la velocità di transito "zero";
- b) dall'analisi del battente idraulico atteso si evidenzia che non ci potrà essere alluvionamento nell'area di intervento (battente per alluvionamento "zero", battente di transito "zero") e quindi non sono necessarie opere e/o accorgimenti per mitigare l'effetto "ostacolo" al deflusso delle acque di piena in presenza del nuovo manufatto;
- c) per gli stessi motivi di cui al punto "b", la presenza del manufatto così come previsto non potrà modificare negativamente le condizioni di pericolosità idraulica delle realtà contermini;
- d) il nuovo manufatto non costituirà ostacolo al deflusso delle acque di transito e non sottrarrà volume di laminazione ad una piena, ad oggi non prevista (battente idraulico pari a "zero", battente di transito pari a "zero").

Il piano di calpestio di riferimento è quello presente all'ingresso del plesso scolastico.

L'area di intervento non rientra nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della L.R. 79/2012 e successive mod. ed int. (DCR 28/2020).

7.0 - Considerazioni sul fenomeno della subsidenza.

L'area di intervento si trova nell'abitato di Nugola. La subsidenza naturale è dell'ordine di grandezza di qualche millimetro l'anno, a volte anche meno, e quindi le sue conseguenze sono relativamente ridotte, in quanto esse si manifestano in tempi geologici e comunque assai lunghi. Ben diverso è invece il caso della subsidenza indotta dall'attività antropica, che può raggiungere valori da dieci ad oltre cento volte superiori, fino a determinare possibili fenomeni di interferenza con le attività umane.

Potendo disporre di due distinte campagne di misurazione, la prima dal satellite ERS per il periodo 1992-2000 e la seconda dal satellite ENVISAT per il periodo 2003-2010 si è potuto confrontare l'andamento del fenomeno della subsidenza in un arco temporale che ha visto un netto calo dei prelievi dalla falda dovuto alla crisi dell'industria.

La Regione Toscana ha varato un progetto di monitoraggio in continuo delle deformazioni del terreno del territorio regionale toscano tramite interferometria radar satellitare. L'interferometria radar satellitare si basa sull'analisi di lunghe serie di immagini SAR (Synthetic Aperture Radar) acquisite da piattaforma satellitare sulla stessa area in tempi diversi, in modo da consentire misurazioni non invasive e ad alta precisione degli spostamenti del suolo e dei manufatti.

L'interferometria SAR satellitare rappresenta lo strumento più all'avanguardia per la misura degli spostamenti superficiali e consente l'individuazione, la mappatura e l'analisi, anche tramite le serie temporali degli spostamenti, di quelle aree interessate da deformazioni indotte da fenomeni di dissesto idrogeologico come frane e subsidenza indotta da pompaggi della risorsa idrica o connessa allo sfruttamento della risorsa geotermica. Tale metodologia sebbene non consenta di intercettare fenomeni improvvisi ed imminenti, permette comunque un monitoraggio continuo di eventuali spostamenti e deformazioni che protraendosi nel tempo possono essere precursori e causa di possibili eventuali criticità sul territorio e sulle infrastrutture regionali.

Il recente lancio dei satelliti della costellazione Sentinel-1 dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea) ha aperto nuove opportunità per il monitoraggio della superficie terrestre e per la valutazione degli scenari di rischio connessi a movimenti del suolo. La missione Sentinel-1, progettata nell'ambito del progetto europeo Copernicus, è composta da una costellazione di due satelliti (Sentinel-1A e Sentinel-1B). Il satellite Sentinel-1A è stato lanciato il 3 aprile 2014, Sentinel-1B il 25 aprile 2016. Entrambi i satelliti sono equipaggiati con sensori SAR in banda C (lunghezza d'onda di circa 5,6 cm) ed hanno tempi di rivisitazione di 12 giorni. La presenza in orbita dei due satelliti gemelli ha permesso di ridurre il tempo di rivisitazione a 6 giorni. Tale missione opera in modo da acquisire archivi consistenti di immagini adatti a programmi di monitoraggio a lungo termine e garantisce un flusso continuo di dati radar satellitari acquisiti con regolarità su vaste aree del pianeta e in particolare sull'Italia. La costellazione di satelliti Sentinel-1 è ideata per fornire informazioni sempre aggiornate, in continuità con i dati provenienti dalle precedenti missioni ERS 1/2 e ENVISAT, ma con un notevole miglioramento delle informazioni, soprattutto in termini di affidabilità, fruibilità e tempestività di consegna dei dati stessi. Questa costellazione satellitare risulta la migliore scelta operativa per attività di studio e monitoraggio delle deformazioni del terreno a media risoluzione con coperture a scala regionale.

L'obiettivo generale dell'attività riguarda il monitoraggio geomorfologico in continuo dello scenario deformativo del territorio della Regione Toscana tramite dati radar interferometrici satellitari. Tale approccio di monitoraggio è finalizzato ad aggiornare in modo dinamico e continuo il quadro conoscitivo del territorio regionale per il rischio idrogeologico e geomorfologico, e a rilevare tempestivamente situazioni di criticità basate sull'individuazione di anomalie. La disponibilità di dati su tutto il territorio della Regione Toscana e il programma di acquisizioni rapide e sistematiche permettono oggi di effettuare analisi continue, specifiche e sempre aggiornate delle deformazioni in atto.

In questo contesto si inseriscono gli studi per il monitoraggio dei fenomeni di subsidenza dei terreni, visto che possono essere considerati fenomeni a dinamica lenta (per la stessa area sia hanno letture ogni 6 gg, visto che ogni satellite impiega 12 gg per registrare i dati della stessa area).

Considerando la precisione delle misure e la copertura spaziale e temporale, tra i campi di applicazione primari dei dati interferometrici ricade l'individuazione e mappatura delle aree in subsidenza:

Parametro	Precisione banda C
Posizione in Nord	± 2 m
Posizione in Est	± 7 m
Quota ellissoidica	± 1,5 m
Velocità media di spostamento	± 2mm/anno
Misura di spostamento singola	± 5 mm

Tabella 1 - Tabella riassuntiva relativa alle precisioni ottenibili con sensori in banda C.

urbane, frequentemente affette da subsidenza sia areale che locale, sono ambienti ideali per l'utilizzo dei dati interferometrici. Infatti, i lenti movimenti verticali legati all'abbassamento del suolo e l'alta densità di edifici e manufatti antropici rende la subsidenza in area urbana lo scenario migliore per un'analisi interferometrica.

Questo metodo consente la valutazione dell'andamento nel tempo delle deformazioni, visto che le serie temporali, grafici che rappresentano lo spostamento registrato alla data di acquisizione, sono il prodotto ultimo e più avanzato dell'analisi interferometrica. Permettono di ripercorrere la storia deformativa di un punto misura indietro nel tempo (fino ad ottobre 2014 nel caso del geoportale).

Un quadro di insieme delle precisioni ottenibili con un'analisi SqueeSAR di immagini SAR in banda C (come quelle acquisite dai satelliti Sentinel-1) è dato nella Tabella 1, nella quale vengono riportati i valori di deviazione standard (σ) per la velocità di spostamento media, la misura di deformazione singola (millimetri di spostamento in un certo intervallo temporale), coordinate geografiche del punto

(Nord, Est, quota). Aspetto quest'ultimo da non sottovalutare, specie se l'obiettivo dell'analisi si riduce a un singolo edificio o una parte di esso.

I dati PS del Geoportale Regione Toscana vengono visualizzati utilizzando una specifica scala colori la quale potrà essere riprodotta dall'utente attraverso un file di vestizione consegnato congiuntamente ai dati puntuali. La scala colori è mostrata in Figura 7. I punti di misura sono classificati secondo la velocità media annua di deformazione (espressa in mm/anno) secondo tale convenzione:

- il colore verde corrisponde a quei punti la cui velocità di deformazione è molto bassa, compresa tra -2,0 e +2,0 mm/anno, ovvero all'interno dell'intervallo di sensibilità della tecnica interferometrica e definito sulla base della deviazione standard dei dati utilizzati;
- con i colori da giallo a rosso sono classificati quei punti di misura con velocità di deformazione negativa, che corrisponde a movimenti in allontanamento dal satellite lungo la linea di vista sensore-bersaglio;
- con i colori da azzurro a blu sono classificati quei punti di misura con velocità di deformazione positiva, che corrisponde a movimenti in avvicinamento al satellite lungo la linea di vista sensore-bersaglio.

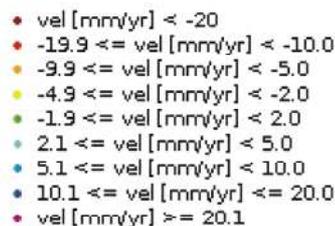


Figura 7 – Scala colori standardizzata per tutti i prodotti interferometrici visualizzati nel geoportale.

I dati sono disponibili in entrambe le orbite di acquisizione del satellite Sentinel-1, ascendente (da Sud a Nord) e discendente (da Nord a Sud). Ogni punto PS sul geoportale è interrogabile dall'utente. La tabella degli attributi associata ad ogni punto contiene diverse informazioni utili al fine dell'interpretazione dei movimenti. Queste informazioni possono essere visualizzate anche in un qualsiasi sistema GIS una volta scaricato il dato dal geoportale. Di seguito sono elencati i campi che contraddistinguono ogni punto:

- CODE, codice univoco di riconoscimento del PS;
- HEIGHT, quota del punto estratta a partire dal modello digitale del terreno usato per elaborare le immagini *radar*;
- EFF_AREA, se uguale a zero il punto è un PS. Se maggiore di zero il punto è un DS, quindi riferito ad un'area e non ad un oggetto puntuale (il valore è in m²);
- VEL, valore di velocità media del punto misurato lungo la LOS del satellite ed espresso in mm/anno;
- V_STDEV, valore di deviazione *standard* della velocità media (espressa in mm/anno);
- H_STDEV, stima dell'errore della stima della quota del PS (espresso in m);
- COHERENCE, indice che misura l'accordo tra i dati ed il modello di spostamento utilizzato in fase di analisi (numero compreso tra 0 e 1, rispettivamente nessuna attinenza ed elevato accordo con il modello). Essa indica la qualità della serie temporale per ogni punto. Se il valore è superiore a 0,75 la serie temporale si considera molto affidabile.

Per ogni punto di misura è possibile visualizzare la serie temporale di deformazione dall'inizio del periodo monitorato fino alla data dell'ultima acquisizione satellitare disponibile.

Campi di velocità rilevabili: la tecnica PS è in grado di individuare deformazioni all'interno di un preciso campo di velocità (velocità della componente lungo LOS):

- A) Limite superiore: una delle leggi base dell'interferometria definisce lo spostamento massimo misurabile tra due acquisizioni come pari a 1/4 della lunghezza d'onda del segnale *radar*. Per il satellite Sentinel-1 questo limite è uguale a 1,4 cm tra due acquisizioni. La velocità massima misurabile è invece pari a 80 cm/anno. Questo valore permette la misura di movimenti connessi a fenomeni costanti nel tempo e a cinematica lenta, ma non consente né l'individuazione né la misura di movimenti a cinematica rapida o addirittura istantanei (come ad esempio colamenti veloci o collassi strutturali);
- B) Limite inferiore: bersagli con velocità lungo LOS pari a ± 2 mm/anno rientrano all'interno dell'intervallo di sensibilità della tecnica interferometrica.

Nell'area di studio le misurazioni dei PS rimangono sempre al di sotto del limite inferiore, quindi è possibile affermare che il fenomeno di subsidenza, se presente, non rientra tra i casi da attenzionare.

Inoltre, è opportuno ricordare che lo spostamento misurato non è quello verticale ma quello lungo LOS (direttrice satellite-bersaglio), quello verticale, se presente può essere diverso e dipendente dall'inclinazione della direttrice LOS.

Sostanzialmente le misurazioni degli ultimi anni, che sono anche le più precise perché basate su rilevamenti degli stessi punti per cicli di 12 giorni, confermano che l'entità del fenomeno subsidenza nel centro abitato di Guasticce non costituisce momentaneamente una problematica particolare per le attività antropiche, anche se rimangono alcune zone circoscritte da attenzionare.

In ogni caso la subsidenza assume un significato importante all'interno del quadro conoscitivo perché, indipendentemente dalla sua entità e dagli effetti che potrà provocare, può essere indice di un probabile squilibrio tra i volumi di acqua che vengono costantemente prelevati dalla falda e la capacità di ricarica della stessa da parte di tutte le acque di infiltrazione che contribuiscono alla ricostituzione della risorsa primaria.

Per l'area di studio è stato considerato l'andamento dei PS sia nella configurazione discendente che ascendente, questi mostrano un'ottima coerenza del dato (stesso colore); sono state analizzate alcune curve dei singoli bersagli PS nella configurazione ascendente che discendente, e tutte mostrano oscillazioni lungo LOS, seppur minime, che possono essere ricondotte ad oscillazioni per la variazione stagionale di umidità dei terreni coesivi, dilatazione termica dei bersagli, etc..

8.0 - Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dell'area di intervento

Per ricostruire il quadro geologico-geotecnico dell'area di intervento è stata eseguita un'indagine sito-specifica; sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo che hanno raggiunto la profondità di 12,0 m dal p.c., (15 e 16 marzo 2023);
- il sondaggio S2 è stato attrezzato come piezometro a tubo aperto fino alla profondità di 12 m p.c.;
- n° 2 prelievi campioni indisturbati mediante l'infissione di una fustella a pareti sottili tipo "Shelby" (S1C1 e S2C1);
- n° 6 prove SPT in foro di sondaggio (n°3 SPT in S1 e n° 3 SPT in S2);
- n° 2 prelievi di campioni di terreno rimaneggiato in sacchetto di PVC, prelevati in corrispondenza delle prove SPT1;
- analisi di laboratorio geotecnico sui due campioni di terreno indisturbato prelevati in avanzamento: peso di volume, umidità naturale, limiti di Attergerg, prova di taglio CD, prova di espansione laterale libera (ELL);
- analisi di laboratorio geotecnico sui due campioni di terreno rimaneggiato: peso di volume, umidità naturale, granulometria completa;
- n° 4 prova penetrometrica dinamiche medie (DPM) all'interno del giardino storico, che hanno raggiunto le seguenti profondità: P1 ⇒ 3,3 m dal p.c.; P2 ⇒ 4,9 m dal p.c.; P3 ⇒ 5,7 m dal p.c.; P4 ⇒ 6,9 m dal p.c. (20/02/2023);
- n° 1 indagine geofisica nel giardino storico, sismica attiva MASW e sismica passiva HVSR il giorno 20/02/2023;

Per verificare l'assetto geomorfologico locale è stato effettuato un sopralluogo durante il quale sono stati cercati gli elementi riconducibili ad eventuali fenomeni di dissesto tipici di una situazione di instabilità, sia nell'area di intervento che in un intorno geologicamente significativo.

Complessivamente è stato possibile osservare lo stato di dissesto in cui versa l'opera muraria esistente, aspetto che è stato documentato con un rilievo fotografico; una porzione di muro è ruotata verso valle, sono presenti numerose spaccature verticali che suddividono l'opera muraria in elementi distinti, nella porzione di giardino prospiciente l'opera muraria sono evidenti i segni del dissesto causato dall'infiltrazione delle acque superficiali (avvallamenti, inghiottitoi, asportazione di materiale fino dalle acque dilavanti, peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni, etc.).

È stato utilizzato un penetrometro dinamico medio (DPM) viste le difficoltà operative e logistiche ad accedere all'interno del giardino storico con un mezzo più performante (tipo pagani statico/dinamico da 200KN); complessivamente sono state eseguite sei verticali di indagine che hanno contribuito a definire le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche del volume geotecnico significativo dell'opera in progetto.

8.1 - Sondaggi a carotaggio continuo (diam. 101/127 mm).

I sondaggi sono stati ubicati come evidenziato nella planimetria allegata ed hanno raggiunto in modalità "carotaggio continuo" la profondità di -12,0 m dal p.c.; il foro del sondaggio S2 è stato attrezzato come piezometro a tubo aperto con la posa in opera del tubo in PVC e pozzetto con chiusino carrabile.

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati realizzati dalla Ditta Gaia Servizi snc di San Giuliano Terme (PI), con la perforatrice cingolata "FRASTE ML"; per l'avanzamento sono stati utilizzati il carotiere semplice ed i rivestimenti (101/127 mm) e le carote di terreno venivano disposte su apposite cassette catalogatrici in PVC, qui fotografate e descritte per redigerne la colonna lito-stratigrafica (foto allegate), oltre all'acquisizione dei parametri geotecnici di cantiere nei terreni adeguati (*pocket penetrometer*).

Il prelievo dei campioni di terreno indisturbato è stato effettuato mediante campionatore a pareti sottili tipo "Shelby", mentre le prove SPT sono state eseguite con il sistema automatico di cui la macchina è munita.

Sono stati prelevati due campioni indisturbati in fustella a pareti sottili tipo *Shelby*, uno per sondaggio, per essere sottoposti ad indagini di laboratorio geotecnico: S1C1 - profondità 2,4-2,9 m; S2C1 - profondità 4,5-5,0 m.

Sono state eseguite n° 3 prove SPT in foro in ciascun sondaggio: S1 ⇒ SPT1 a 4,5 m dal p.c.; SPT2 a 7,7 m dal p.c.; SPT3 a 10,5 m dal p.c.; S2 ⇒ SPT1 a 3,1 m dal p.c.; SPT2 a 6,1 m dal p.c.; SPT3 a 9,0 m dal p.c.; sono stati prelevati due campioni rimaneggiati in corrispondenza delle prove SPT1: S1C2r 4,5-4,95 m dal p.c.; S2C2r 3,1-3,55 m dal p.c., per essere sottoposti ad indagini di laboratorio geotecnico.

Il sondaggio geognostico ha permesso di ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche, litologiche e litotecniche dei terreni dell'area di intervento, quindi di costruire il modello geologico e geotecnico dei terreni di fondazione del manufatto in progetto.

Sondaggio S1-marzo 2023: profilo litologico

Profondità	Descrizione del litotipo
0,0-0,8	MR - Materiale di riporto, materiale di riempimento, sottofondo stradale;
0,8-1,7	A - Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, molto consistente; P.P. ⇒ 3,5-4,0 Kg/cm ² ;
1,7-4,5	B - Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, da consistente a molto consistente; P.P. ⇒ 2,0-2,25 Kg/cm ² ; S1C1 tra 2,4 e 2,9 m dal p.c.;
4,5-5,9	C - Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato; SPT1 tra 4,5 e 4,95 ⇒ N 4/9/14;
5,9-10,7	D - Limo argilloso, grigio-azzurro, da consistente a molto consistente; P.P. ⇒ 2,0-2,5 Kg/cm ² ; SPT2 tra 7,7 e 8,15 m dal p.c. ⇒ N = 4/8/9;
10,7-12,0	E - Limo argilloso, a tratti sabbioso, marrone-ocra, molto consistente; P.P. ⇒ 3,0 Kg/cm ² ; SPT3 tra 10,5 e 10,95 m dal p.c. ⇒ N = 3/15/25;

Sondaggio S2-marzo 2023: profilo litologico

Profondità	Descrizione del litotipo
0,0-0,4	MR - Materiale di riporto, materiale di riempimento, sottofondo stradale;
0,4-1,5	A - Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. ⇒ 1,75-2,0 Kg/cm ² ;
1,5-4,5	B - Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. ⇒ 1,5-2,0 Kg/cm ² ; SPT1 tra 3,0 e 3,45 ⇒ N = 3/7/9
4,5-6,1	C - Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato;
6,1-12,0	D - Limo argilloso, grigio-azzurro, da consistente a molto consistente; P.P. ⇒ 2,0-2,5 Kg/cm ² ; SPT2 tra 6,1 e 6,55 m dal p.c. ⇒ N = 3/8/12; SPT3 tra 9,0 e 9,45 m dal p.c. ⇒ N = 5/10/14;

In estrema sintesi è possibile affermare che i sondaggi a carotaggio continuo hanno attraversato, escludendo il materiale di riporto, depositi plio-pleistocenici.

8.2 - Prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test)

Nel corso de sondaggio sono state eseguite in avanzamento due prove penetrometriche dinamiche S.P.T. a punta aperta per verificare il grado di resistenza dei terreni incontrati. Le prove sono state eseguite rispettando le norme definite nei documenti "ASTM designation D1586/67 e 84" con procedura

ISSMFE. Le prove penetrometriche S.P.T. hanno fornito i seguenti risultati (profondità riferite al piano di calpestio del 15 e 16 marzo 2023):

Sondaggio S1

Prova	Profondità	Numero colpi	N (n°colpi/30cm)	N60	N1 (60)	Litologia
SPT1	4,5	4/9/14	23	17	17	SM_SC
SPT2	7,7	4/8/9	17	16	13	ML-MH
SPT3	10,5	3/15/25	40	38	25	ML-MH

Sondaggio S2

Prova	Profondità	Numero colpi	N (n°colpi/30cm)	N60	N1 (60)	Litologia
SPT1	3,0	3/7/9	16	12	15	ML-MH
SPT2	6,1	3/8/12	20	17	15	ML-MH
SPT3	9,0	5/10/14	24	23	16	ML-MH

N ⇒ numero di colpi originale; N60 ⇒ numero di colpi corretto per l'energia di riferimento (60%); N1 (60) ⇒ numero di colpi corretto per la pressione litostatica.

8.3 - Elaborazione delle prove penetrometriche S.P.T.

I risultati delle prove S.P.T. sono stati elaborati e correlati empiricamente con i parametri geotecnici del terreno attraversato; è stato utilizzato il programma "P.G.S. - Interpretazione di prove geotecniche in sito, di Alberto Bruschi", con il quale è stato possibile risalire ai seguenti parametri geotecnici: peso di volume; indice di densità; angolo di attrito, di picco ed a volume costante; coesione non drenata; OCR; modulo confinato; modulo di Poisson; Modulo di Young (operativo). Le profondità riferite al mese di febbraio 2017.

Per calcolare i parametri suddetti il programma da noi utilizzato adotta le seguenti relazioni: γ - peso di volume ⇒ A. Bruschi (2012); $Id - Dr$ - indice di densità ⇒ Kuhlavy e Mayne (1990) o Cubrinowski e Ishihara (1999); φ'_p - angolo di attrito di picco ⇒ Hatanaka e Huchida (1996, 1998) e Schmertmann (1975); φ_{vc} - angolo di attrito a volume costante ⇒ Horwath (2000, 2002); S_u - resistenza al taglio non drenata ⇒ Terzaghi e Peck (1948); OCR ⇒ Mayne Kemper (1988); M - Modulo di deformabilità confinato ⇒ Mayne e Frost (1988); ν - Modulo di Poisson ⇒ Trautman e Kuhlavy (1987); E ed E_{25} - Modulo di Young ⇒ Stroud (1989) e Jamipolkowski.

Sondaggio S1

SPT	Profondità	Litologia	N60	N1(60)	γ	S_u	φ_p	φ_{vc}	Dr	OCR	E_{25}	M	ν
	m dal p.c.				kN/mc	kPa	°	°	%	-	MPa	MPa	-
SPT1	4,5	SM_SC	17	17	20,5	-	36,0	31,3	47	-	14,4	20,6	0,283
SPT2	7,7	ML-MH	16	13	20,0	104,0	-	-	-	6,0	-	10,5	0,45
SPT3	10,5	ML-MH	38	25	21,0	200,0	-	-	-	8,0	-	23,0	0,45

Sondaggio S2

SPT	Profondità	Litologia	N60	N1(60)	γ	S_u	φ_p	φ_{vc}	Dr	OCR	E_{25}	M	ν
	m dal p.c.				kN/mc	kPa	°	°	%	-	MPa	MPa	-
SPT1	3,0	ML-MH	12	15	19,6	80,0	-	-	-	9,0	-	8,1	0,45
SPT2	6,1	ML-MH	17	15	20,5	110,1	-	-	-	6,8	-	11,0	0,45
SPT3	9,0	ML-MH	23	16	21,0	147,7	-	-	-	6,1	-	14,4	0,45

N60 ⇒ numero di colpi corretto per un'energia di battuta standardizzata del 60%; N1(60) ⇒ numero di colpi corretto per la pressione litostatica; γ ⇒ peso di volume; S_u ⇒ resistenza al taglio non drenata; φ_p ⇒ angolo di resistenza al taglio di picco; φ_{vc} ⇒ angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr ⇒ densità relativa; OCR ⇒ grado di sovraconsolidazione; E_{25} ⇒ modulo di elasticità operativo (Young); M ⇒ modulo confinato di deformabilità; ν ⇒ coefficiente di Poisson.

8.4 - Analisi geotecniche di laboratorio.

Sono stati prelevati due campioni indisturbati di terreno, uno in ogni sondaggio, e due campioni rimaneggiati che sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio geotecnico.

I campioni indisturbati sono stati prelevati alla seguente profondità: S1C1 tra 2,4 e 2,9 m dal p.c.; S2C1 tra 4,5 e 5,0 m dal p.c..

I campioni rimaneggiati sono stati prelevati in corrispondenza delle prove SPT1: S1C2r tra 4,5 e 4,95 m dal p.c.; S2C2r tra 3,0 e 3,45 m dal p.c..

Per caratterizzare dal punto di vista geomeccanico i terreni campionati nel sito di studio sono state eseguite le seguenti analisi geotecniche di laboratorio:

S1C1 e S2C1 – Determinazione del contenuto d'acqua; determinazione del peso di volume; determinazione del peso specifico; limiti di Atterberg; prova di taglio CD; prova ELL;

S1C2r e S2C2r - Determinazione del contenuto d'acqua; determinazione del peso di volume ed analisi della granulometria completa.

I metodi analitici utilizzati sono riportati nei certificati emessi dal laboratorio geotecnico autorizzato *Laboter snc* di Pistoia.

Tabella riassuntiva dei campioni prelevati:

Sond.	Camp.	Prof. (m p.c.)	Tipologia campione	Litologia
S1	C1	2,4-2,9	Indisturbato	Limo argilloso
S2	C1	4,5-5,0	Indisturbato	Limo argilloso
S1	C2r	4,5-4,95	Rimaneggiato	Limo argilloso e sabbioso
S2	C2r	3,0-3,45	Rimaneggiato	Limo argilloso e sabbioso

I risultati delle analisi di laboratorio geotecnico sono riportati nei certificati allegati, mentre di seguito ne vengono sintetizzati i risultati e le relative interpretazioni.

			S1C1	S2C1
			2,4-2,9	4,5-5,0
Apertura	Descrizione			
Caratteristiche fisiche	Umidità naturale	%	24,0	22,4
	Peso specifico	kN/m ³	26,5	26,5
	Indice dei vuoti	-	0,719	0,676
	Porosità	%	41,8	40,3
	Grado di saturazione	%	90,2	89,5
	Peso di volume naturale	kN/m ³	19,1	19,3
	Peso di volume del terreno secco	kN/m ³	15,4	15,8
	Peso di volume saturo	kN/m ³	19,5	19,7
	Limite di liquidità	%	41,2	34,7
	Limite di plasticità	%	25,1	21,3
	Indice di plasticità	%	16,1	13,4
Taglio Diretto				
	c'	kPa	24,1	19,7
Taglio ELL				
	Φ'	(°)	25,7	27,5
	X _v	kPa	185	125
			S1C2r	S2C2r
			4,5-4,95	3,0-3,45
Apertura	Descrizione		Limo argilloso e sabbioso	Limo argilloso e sabbioso
Proprietà Indici	Umidità naturale	%	23,9	24,0
Analisi granulometrica	Peso specifico	kN/m ³	26,5	26,5
	Ghiaia	%	0,0	0,0
	Sabbia	%	19,8	14,6
	Limo	%	55,8	60,6
	Argilla	%	24,4	24,8
	D 10	mm	0,000628	0,000625
	D 50	mm	0,012712	0,011902
	D 60	mm	0,023303	0,020060
	D 90	mm	0,128737	0,072150
	Passante set. 10	%	100,0	100,0
	Passante set. 42	%	98,6	99,4
	Passante set. 200	%	85,0	91,0

Di seguito vengono schematizzati dal punto di vista geotecnico i terreni dei sondaggi a carotaggio continuo attraverso i dati acquisiti in avanzamento, con le prove di laboratorio geotecnico e correlati con le altre prove penetrometriche. Di fatto vengono indicati i "parametri geotecnici nominali" dei terreni attraversati nel sondaggio.

Schematizzazione litotecnica del sondaggio S1_{mar'23} (parametri geotecnici nominali)

Profondità	Strat.	γ	Cu	ϕ_p	ϕ_{vc}	C'	ϕ'	Dr	OCR	E ₂₅	M	v
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-0,8	MR	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8-1,7	A	18,5-18,9	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280
1,7-4,5	B	19,4-19,6	70-80	-	-	24,1	25,7	-	6,0	-	6,0-7,0	0,45
4,5-5,9	C	20,5-20,6	-	35,0-36,0	27,5-28,2	5	28,0	47-52	-	14,4	20,6	0,283
5,9-10,7	D	20,5-21,0	100-120	-	-	20,0	25,8	-	6,0	-	10,5-12,0	0,45
10,7-12,0	E	21,0	150	-	-	20,0	26,5	-	7,0	-	23,5	0,45

Schematizzazione litotecnica del sondaggio S2_{mar'23} (parametri geotecnici nominali)

Profondità	Strat.	γ	Cu	ϕ_p	ϕ_{vc}	C'	ϕ'	Dr	OCR	E ₂₅	M	v
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-0,4	MR	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4-1,5	A	18,9-19,0	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,2	14,3	0,279
1,5-4,5	B	19,6-19,8	80-100	-	-	19,7	27,5	-	6,0	-	7,5-8,1	0,45
4,5-6,1	C	20,5-20,6	-	35,0-36,0	30,5-31,0	5	30,0	47-52	-	14,6	20,6	0,283
6,1-12,0	D	20,5-21,0	110-140	-	-	20,0	26,0	-	6,0	-	11,0-14,0	0,45

γ \Rightarrow peso di volume; Cu \Rightarrow coesione non drenata; ϕ_p \Rightarrow angolo di resistenza al taglio di picco; ϕ_{vc} \Rightarrow angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr \Rightarrow densità relativa; OCR \Rightarrow grado di sovra-consolidazione; E₂₅ \Rightarrow modulo di elasticità operativo (Young); M \Rightarrow modulo di deformabilità; v \Rightarrow coefficiente di Poisson; c' = coesione drenata; ϕ' = angolo di resistenza al taglio drenato.

Nel sondaggio S2 attrezzato a piezometro è stato misurato il livello piezometrico a -10,30 il 16/03/2023

8.5 - Prove penetrometriche dinamiche medie (DPM)

Per determinare lo stato di consistenza dei terreni presenti a monte del muro di contenimento del giardino storico di Nugola sono state realizzate quattro prove penetrometriche dinamiche medie (DPM) che hanno raggiunto le seguenti profondità: P1 \Rightarrow 3,3 m dal p.c.; P2 \Rightarrow 4,9 m dal p.c.; P3 \Rightarrow 5,7 m dal p.c.; P4 \Rightarrow 6,9 m dal p.c. (20/02/2023); non è stato possibile utilizzare mezzi d'opera più performanti vista le difficoltà logistiche ed operative per accedere al giardino storico con un penetrometro statico/dinamico tipo "Pagani - 200 KN".

Per eseguire la prova penetrometrica dinamica media (DPM) è stato utilizzato un Penetrometro dinamico PENNI 30 della COMPAC srl; la sua versatilità ha consentito l'esecuzione delle prove all'interno del giardino storico che purtroppo è sprovvisto di un accesso carrabile (ci sono solo delle scalette con una larghezza di circa 1,1 m per superare un dislivello di circa 2,0 m).

Caratteristiche dello strumento utilizzato:

M	= 30 kg peso massa battente	ϕ	= 60° angolo apertura punta
H	= 20 cm altezza di caduta del maglio	L	= 1,0 m lunghezza aste
Ms	= 12 kg peso sistema di battuta (massa passiva)	da	= 1,8 cm diametro delle aste
d	= 3,57 cm diametro punta conica	Pa	= 2,9 kg
A	= 10 cmq sezione della punta conica	δ	= 10 cm penetrazione standard

Lo scopo di queste prove è stato quello di stimare i parametri geotecnici medi dei terreni attraversati così redigere il modello geotecnico locale, correlando tutti i dati acquisiti, ovvero quelli dei due sondaggi a carotaggio continuo, considerando la presenza dei terreni plio-pleistocenici appartenenti alla "Formazione delle Argille azzurre nella facies sabbiosa - FAAe" individuate anche come "Sabbie gialle (p3)", del Pliocene Inferiore e Medio. Si presentano in banchi, hanno una granulometria medio-fine, grado di addensamento variabile da sciolto a talora cementato, sono intercalate da strati arenacei o calcareo-arenacei o argillosi. Affiorano in tre corpi sedimentari principali intercalati alle Argille azzurre ed al tetto a queste si sostituiscono in concordanza stratigrafica ma in modo abbastanza netto ed evidente nonostante le argille mostrino componente sabbiosa e limosa abbondante.

Dall'analisi dei risultati delle prove penetrometriche sono stati interpretati i seguenti profili litologici e litotecnici.

Prova P1

0,0-1,6 m p.c. MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento ($N_{10} = 2-4$; $N_{SPT} = 1$);

1,6-3,3 m p.c. A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente ($N_{10} = 8-10$; $N_{SPT} = 5$);

3,3 m p.c. Rifiuto strumentale avanzamento;

nel foro lasciato dalla prova penetrometrica non è stato possibile misurare il livello piezometrico (foro chiuso a -0,4 m dal p.c. (20/02/2023)).

Prova P2

0,0-1,9 m p.c. MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento ($N_{10} = 2-4$; $N_{SPT} = 2$);

1,9-3,8 m p.c. A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente ($N_{10} = 8-10$; $N_{SPT} = 6$);

3,8-4,9 m p.c. B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, da consistente a molto consistente ($N_{10} = 10-26$; $N_{SPT} = 9-18$);

Nel foro lasciato dalla prova penetrometrica è stato possibile misurare il livello piezometrico a - 4,85 m dal p.c. (20/02/2023), -3,63 m dal p.c. (02/03/2023); foro attrezzato con tubo piezometrico;

Prova P3

0,0-1,0 m p.c. MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento ($N_{10} = 3-4$; $N_{SPT} = 2$);

1,0-3,8 m p.c. A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente ($N_{10} = 8-10$; $N_{SPT} = 6-8$).

3,8-5,7 m p.c. B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, da consistente a molto consistente ($N_{10} = 10-28$; $N_{SPT} = 8-20$);

nel foro lasciato dalla prova penetrometrica non è stato possibile misurare il livello piezometrico (foro asciutto e chiuso a -5,70 m dal p.c. (20/02/2023); foro attrezzato con tubo piezometrico;

Prova P4

0,0-1,8 m p.c. MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento ($N_{10} = 3-4$; $N_{SPT} = 2$);

1,8-3,3 m p.c. A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente ($N_{10} = 10-14$; $N_{SPT} = 8-10$).

3,3-6,2 m p.c. B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, consistente ($N_{10} = 14-17$; $N_{SPT} = 8-14$);

6,2-6,9 m p.c. C – Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato ($N_{10} = 20-35$; $N_{SPT} = 18-24$).

nel foro lasciato dalla prova penetrometrica non è stato possibile misurare il livello piezometrico (foro asciutto e chiuso a -6,70 m dal p.c. (20/02/2023));

8.6 - Schematizzazione litotecnica dei terreni indagati.

Di seguito vengono schematizzati dal punto di vista litotecnico i terreni di fondazione relativamente all'intervento in progetto attraverso l'analisi dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche DPM

I parametri geotecnici non drenati sono stati ricavati con il programma "P.G.S. - Interpretazione di prove geotecniche in situ, di Alberto Bruschi", del quale ho la licenza d'uso dal 11/06/2013 che ha il seguente codice: 3713-CB9A-3FD4-35DA-3248. Il codice di calcolo utilizzato è affiancato dal manuale tecnico avente lo stesso titolo ed edito dalla "Dario Flaccovio Editore s.r.l.". Con questo è stato possibile risalire ai seguenti parametri geotecnici: peso di volume; indice di densità; angolo di attrito, di picco ed a volume costante; coesione non drenata; OCR; modulo confinato; modulo di Poisson; Modulo di Young (operativo); Modulo di taglio; Modulo di Winkler.

I parametri drenati sono stati ricavati facendo riferimento a dati tabellati di terreni equivalenti a quelli presenti nel sito d'indagine dal manuale "Prove geotecniche in situ" di Alberto Bruschi, Dario Flaccovio Editore, e dal "Manuale del Geotecnico" di Maurizio Tanzini, Dario Flaccovio Editore.

Per calcolare i parametri suddetti il programma utilizzato adotta le seguenti relazioni: γ - peso di volume \Rightarrow A. Bruschi (2012); Id - indice di densità \Rightarrow Kuhlavy e Mayne (1990) o Cubrinowski e Ishihara (1999); φ'_p - angolo di attrito di picco \Rightarrow Hatanaka e Huchida (1996, 1998) e Schmertmann (1975); φ_{vc} - angolo di attrito a volume costante \Rightarrow Horwath (2000, 2002); S_u - coesione non drenata \Rightarrow Terzaghi e Peck (1948); OCR \Rightarrow Mayne Kemper (1988); M - Modulo confinato \Rightarrow Mayne e Frost (1988); ν - Modulo di Poisson \Rightarrow Trautman e Kulhawy (1987); E ed E25 - Modulo di Young \Rightarrow Stroud (1989) e Jamipolkowski; G_0 - Modulo di taglio \Rightarrow Wroth (1979); k_w - modulo di Winkler \Rightarrow Terzaghi (1983).

Schematizzazione litotecnica - prove penetrometriche dinamiche medie (parametri geotecnici nominali)

Prova P1_{mar'23}

Profondità	Strat.	γ	Cu	φ_p	φ_{vc}	C'	φ'	Dr	OCR	E ₂₅	M	ν
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-1,6	MR	18,0-18,1	-	26,0-27,0	23,5-23,8	5	25,0	10	-	9,0	11,0	0,274
1,6-3,3	A	18,3-18,6	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280

Prova P2_{mar'23}

Profondità	Strat.	γ	Cu	φ_p	φ_{vc}	C'	φ'	Dr	OCR	E ₂₅	M	ν
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-1,9	MR	18,0-18,1	-	26,0-27,0	23,5-23,8	5	25,0	10	-	9,0	11,0	0,274
1,9-3,8	A	18,3-18,6	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280
3,8-4,9	B	19,3-19,5	65-80	-	-	24,0	25,5	-	6,0	-	6,0-7,0	0,45

Prova P3_{mar'23}

Profondità	Strat.	γ	Cu	φ_p	φ_{vc}	C'	φ'	Dr	OCR	E ₂₅	M	ν
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-1,0	MR	18,3-18,5	-	26,5-27,5	24,0-24,2	5	25,0	15	-	10,0	12,0	0,278
1,0-3,8	A	18,3-18,6	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280
3,8-5,7	B	19,3-19,5	65-80	-	-	24,0	25,5	-	6,0	-	6,0-7,0	0,45

Prova P4_{mar'23}

Profondità	Strat.	γ	Cu	φ_p	φ_{vc}	C'	φ'	Dr	OCR	E ₂₅	M	ν
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-1,8	MR	18,3-18,5	-	26,5-27,5	24,0-24,2	5	25,0	15	-	10,0	12,0	0,278
1,8-3,3	A	18,7-18,9	-	27,5-28,5	24,5-24,8	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280
3,3-6,2	B	19,3-19,5	70-80	-	-	24,1	25,7	-	6,0	-	6,0-7,0	0,45
6,2-6,9	C	20,5-20,6	-	35,0-36,0	27,5-28,2	5	28,0	47-52	-	14,4	20,6	0,283

γ \Rightarrow peso di volume; Cu \Rightarrow coesione non drenata; φ_p \Rightarrow angolo di resistenza al taglio di picco; φ_{vc} \Rightarrow angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr \Rightarrow densità relativa; OCR \Rightarrow grado di sovra-consolidazione; E₂₅ \Rightarrow modulo di elasticità operativo (Young); M \Rightarrow modulo di deformabilità; ν \Rightarrow coefficiente di Poisson; c' = coesione drenata; φ' = angolo di resistenza al taglio drenato. (* - I parametri drenati sono stati ricavati facendo riferimento a dati tabellati di terreni equivalenti a quelli presenti nel sito d'indagine dal manuale "Prove geotecniche in situ" di Alberto Bruschi, Dario Flaccovio Editore, e dal "Manuale del Geotecnico" di Maurizio Tanzini, Dario Flaccovio Editore).

8.7 - Modello geologico di riferimento - Analisi geologico-stratigrafica dell'area di intervento

L'indagine eseguita ci ha consentito di appurare la presenza dei depositi pliocenici della "Formazione delle Argille azzurre nella facies sabbiosa - FAAe" individuati anche come "Sabbie gialle (p3)", Pliocene Inferiore e Medio. Si presentano in banchi, hanno una granulometria medio-fine, grado di addensamento variabile da sciolto a talora cementato, sono intercalate da strati arenacei o calcareo-arenacei o argillosi. Affiorano in tre corpi sedimentari principali intercalati alle Argille azzurre ed al tetto a queste si sostituiscono in concordanza stratigrafica ma in modo abbastanza netto ed evidente nonostante le argille mostrino componente sabbiosa e limosa abbondante.

Analizzando i dati acquisiti nel contesto geologico-stratigrafico locale è possibile affermare che esiste una buona omogeneità litologica laterale e verticale in condizioni non antropizzate, ove le minime differenze sono ascrivibili al sistema deposizionale di origine (modello geologico generale). Il piano di riferimento indicato è quello del suolo al momento dell'esecuzione delle indagini (20 febbraio e 15-16 marzo 2023).

Per l'intervento previsto è stato redatto il "profilo geologico di riferimento" con indicazioni geotecniche attraverso il quale passare al "modello geotecnico di esercizio" quale elemento indispensabile nelle verifiche "opera /terreno" ai sensi delle NTC'18.

Dall'analisi dei dati acquisiti è stato possibile formulare le seguenti considerazioni:

- nel giardino è presente uno spessore variabile di terreni/materiali del riempimento storico, posti in opera dopo la realizzazione del muro di contenimento oggi dissestato, che sono stati disposti sui terreni naturali/antropizzati (area urbana);
- l'indagine eseguita lungo la viabilità ha attraversato il *pacchetto carrabile* composto da asfalto e sottofondo granulare compattato (macerie edilizie, ciottoli, etc.), fino alla profondità compresa tra 0,4 e 0,8 m dal p.c.;
- al di sotto dell'orizzonte antropico sono presenti depositi della "Formazione delle Argille azzurre nella facies sabbiosa - FAAe" individuata anche come "Sabbie gialle (p3)" (Pliocene Inferiore e Medio), che nell'area di intervento sono risultati di composizione prevalentemente limo-argillosa e limo argillo-sabbiosa;
- in ragione dell'ipotesi progettuale avanzata (muro con fondazione superficiale continua a mensola), è possibile considerare il comportamento geotecnico dei depositi interessati dalle strutture di fondazione coesivo; si tratta di limi argillosi debolmente sabbiosi consistenti come meglio indicato nel modello geologico e geotecnico di riferimento;
- l'orizzonte limo-sabbioso individuato con la sigla "C" è mediamente addensato;
- l'assetto litostratigrafico dell'area di intervento viene schematizzato attraverso alcune sezioni, trasversali e parallele all'opera muraria, che definiscono il modello geologico e geotecnico;
- ipotizzando una mensola di fondazione con una larghezza "B" compresa tra 1,5 e 2,5 m, è possibile affermare che le indagini eseguite sono state sufficienti per definire il volume geotecnico significativo della struttura di fondazione (profondità di indagine "H" da indagare = $1 \div 2 B$);
- il piano di campagna indicato si riferisce alla situazione presente al momento dell'esecuzione delle indagini, ovvero il 20/02/23 e 15-16/03/2023.

Per la definizione del "modello geologico e di quello geotecnico" relativamente ai terreni che saranno interessati delle strutture di fondazione del manufatto in oggetto è stato redatto un profilo geologico e geotecnico unico utilizzando le prove eseguite.

8.5 - Analisi geologico-stratigrafica dei dati acquisiti

L'analisi congiunta delle indagini eseguite ed acquisite ci consente di indicare la presenza nell'area di una successione litostratigrafica naturale di composizione prevalentemente limo-argillosa e limo argillo-sabbiosa con alternati orizzonti di sabbie limose ("Argille azzurre nella facies sabbiosa - FAAe"); questa successione litologica rappresenta il volume di terreno interessato delle strutture di fondazione del manufatto in progetto. Al di sopra della successione pliocenica è presente uno spessore variabile di materiale di riporto/riempimento, specialmente a monte del muro nel giardino storico.

Per la definizione del "modello geologico e di quello geotecnico" relativamente ai terreni che saranno interessati delle strutture di fondazione del manufatto in progetto è stato realizzato il profilo geologico stratigrafico della sezione trasversale al muro P3-S2 (misure riferite al piano stradale testa "S2"):

Profondità	Descrizione del litotipo
0,0-0,4	MR - Materiale di riporto, materiale di riempimento, sottofondo stradale;
0,4-1,5	A - Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. \Rightarrow 1,75-2,0 Kg/cmq;
1,5-4,5	B - Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. \Rightarrow 1,5-2,0 Kg/cmq; SPT1 tra 3,0 e 3,45 \Rightarrow N = 3/7/9
4,5-6,1	C - Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato;
6,1-12,0	D - Limo argilloso, grigio-azzurro, da consistente a molto consistente; P.P. \Rightarrow 2,0-2,5 Kg/cmq; SPT2 tra 6,1 e 6,55 m dal p.c. \Rightarrow N = 3/8/12; SPT3 tra 9,0 e 9,45 m dal p.c. \Rightarrow N = 5/10/14;

Nel piezometro realizzato nel foro del sondaggio S2 è stato possibile misurare il livello piezometrico a - 10,30 m dal p.c. il giorno 16/03/2023.

L'andamento geologico-stratigrafico degli orizzonti individuati viene evidenziato con la sezione ricostruita "S1 - S2" e le prove DPM progettate.

8.6 - Modello geotecnico dei terreni di fondazione

Per consentire lo svolgimento delle verifiche agli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), di seguito verranno schematizzati, partendo dai parametri geotecnici nominali, i *parametri geotecnici caratteristici* (k) necessari per giungere alla definizione dei parametri di progetto (d).

Di seguito vengono schematizzati dal punto di vista geotecnico i terreni di fondazione relativamente all'intervento in oggetto, considerando l'uso di una struttura di fondazione superficiale continua (mensola di fondazione): parametri caratteristici (k)

Schematizzazione litotecnica del sondaggio S2_{mar'23}

Profondità	Strat.	γ	Cu	ϕ_p	ϕ_{vc}	C'	ϕ'	Dr	OCR	E ₂₅	M	v
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-0,4	MR	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4-1,5	A	18,9	-	27,5	24,1	5	26,0	22	-	12,2	14,3	0,279
1,5-4,5	B	19,7	90	-	-	19,7	27,5	-	6,0	-	7,8	0,45
4,5-6,1	C	20,5	-	35,5	30,7	5	30,0	50	-	14,6	20,6	0,283
6,1-12,0	D	20,7	125	-	-	20,0	26,0	-	6,0	-	12,5	0,45

γ \Rightarrow peso di volume; Cu \Rightarrow coesione non drenata; ϕ_p \Rightarrow angolo di resistenza al taglio di picco; ϕ_{vc} \Rightarrow angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr \Rightarrow densità relativa; OCR \Rightarrow grado di sovra-consolidazione; E₂₅ \Rightarrow modulo di elasticità operativo (Young); M \Rightarrow modulo di deformabilità; v \Rightarrow coefficiente di Poisson; c' = coesione drenata; ϕ' = angolo di resistenza al taglio drenato.

9.1 -Caratteristiche dell'intervento in progetto: ipotesi costruttiva

Il progetto prevede la sostituzione di una porzione di muro che delimita parte del giardino storico di Nugola; è possibile ipotizzare la realizzazione di un muro in CA con fondazione a mensola la cui altezza può variare tra 3,3 e 3,5 m dal piano stradale (situazione attuale).

La realizzazione del nuovo muro prevede le seguenti lavorazioni.

- A) La demolizione del paramento murario esistente e delle sue strutture di fondazione;
- B) Lo sbancamento del materiale tra la viabilità ed il giardino per realizzare l'area di lavoro sicura (sbancamento con scarpata singola o doppia, con inclinazione media inferiore ai 60°);
- C) La realizzazione del piano di fondazione rispettando le geometrie del progetto esecutivo, scegliendo la quota corretta a sostenere l'opera, ovvero che le verifiche ai sensi delle NTC'18 siano positive;
- D) La realizzazione della struttura di fondazione del muro a mensola in CA la cui larghezza può variare tra 2,0 e 3,0 m; la geometria definitiva dell'opera sarà indicata nel progetto strutturale esecutivo redatto dall'Ing. Claudio Costanza (*);
- E) La realizzazione del paramento murario verticale in CA che si innalzerà dalla mensola di fondazione secondo la geometria indicata dall'Ing. Claudio Costanza (*);
- F) La geometria del muro e le sue dimensioni sono riportate nel progetto strutturale esecutivo redatto dall'Ing. Claudio Costanza:
 - muro in CA con mensola di fondazione avente uno spessore di 0,3 m e paramento verticale di spessore pari a 0,25 m;
 - se necessari possono essere previsti dei contrafforti murari lato monte per rinforzare la struttura;
 - il paramento verticale sarà provvisto di fori passanti in numero e distribuzione tale da eliminare l'accumulo di acque a monte dello stesso;
 - la porzione lato strada del muro in CA dovrà essere rivestito o intonacato adottando la metodologia più consona al rispetto paesaggistico dei luoghi;
- G) Nello spazio compreso tra il muro e la scarpata (punto B) dovranno essere poste delle opere di drenaggio per captare ed allontanare le acque sotterranee per evitare le sovrappressioni sull'opera muraria. Sono previsti: a) dei tubi di drenaggio sul fondo; b) riempimento con materiale granulare drenate di opportuna pezzatura; c) il posizionamento di un telo di separazione tra la scarpata ed il drenaggio per evitare l'intasamento di questo ultimo; e) il riempimento con materiale naturale di chiusura attraverso il quale si dovrà impermeabilizzare la porzione pianeggiante del giardino;
- H) Per evitare che le acque superficiali si infiltrino nel sottosuolo e nel corpo drenate, sarà opportuno realizzare un sistema di raccolta e smaltimento delle acque superficiali verso la pubblica fognatura;
- I) Precisi dati progettuali sono riportati nelle tavole redatte dallo studio dell'Ing. Claudio Costanza.

(*) Perché non si creino situazioni di *sbarramento* del naturale deflusso delle acque sotterranee da monte verso valle, sarà opportuno non creare un effetto barriera con la realizzazione dell'opera di contenimento e sostegno. Per questo l'opera suddetta verrà realizzata in maniera da risultare permeabili da monte verso valle, ovvero saranno previsti dei fori passanti su tutta l'opera muraria.

9.2 - Considerazioni tecniche sulla realizzazione del manufatto in progetto

La realizzazione del manufatto è prevista in una zona collinare ove al di sotto dell'orizzonte superficiale di riporto è presente, fino alla profondità massima indagata, una successione litostratigrafica di composizione prevalentemente limo- argillosa e limo argillo-sabbiosa appartenente alla Formazione delle "Argille azzurre nella facies sabbiosa - FAAe"),

È importante sottolineare che l'assetto litologico e litotecnico previsto nella zona di intervento è tale da condizionare se non altro la scelta delle dimensioni delle strutture di fondazione in virtù della necessità di verificare i calcoli di resistenza agli SLU (portanza) e di efficienza agli SLE (cedimenti), secondo un criterio prestazionale (NTC'18).

Vista la tipologia e le dimensioni del manufatto in progetto, si ritiene valido l'uso di fondazioni superficiali continue (mensola), in accordo con il progettista delle strutture. A prescindere dalle dimensioni della fondazione scelta, questa dovrà essere posta ad una quota di almeno -1,2 m dal p.c. locale (riferimento Sondaggio S2), di fatto su terreni naturali non alterati e/o antropizzati.

L'area di intervento è disposta su due piani distinti, il piano stradale ed il piano giardino, tra i due c'è un dislivello medio di circa 2,3 m; gli scavi previsti sono quelli relativi alla preparazione del cantiere per realizzare la nuova opera muraria (demolizione del manufatto esistente, sbancamento lato monte, scavo per la struttura di fondazione, scavi per le condotte fognarie in genere).

Il livello piezometrico nella prova P2 a -3,63 m dal p.c. (02/03/2023) e nel piezometro S2-Pz a -10,30 m dal p.c.; il primo può ritenersi una sorta di falda sospesa alimentata localmente dall'infiltrazione delle acque meteoriche nell'area di giardino; questo impone la realizzazione di una struttura drenata a monte del nuovo muro per evitare sovrappressioni sul paramento murario.

L'analisi dei dati acquisiti evidenzia che è prevedibile una certa stabilità dei fronti di scavo, nelle condizioni suddette (inclinazione minore di 60°), con una scarpata alta circa 2,3 m dal piano stradale; è comunque opportuno procedere con estrema cautela in modo da non alterare le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, soprattutto nell'ottica di preservare i manufatti esistenti e quelli da realizzare.

Sulla base dei risultati ottenuti il progettista strutturale potrà scegliere le modalità ed i tempi per effettuare le operazioni di scavo e realizzazione delle opere di fondazione.

È comunque opportuno prendere in considerazione il fatto che i terreni oggi consistenti potrebbero perdere le proprie caratteristiche geomeccaniche nel caso di infiltrazioni e/o perdite degli impianti per il trasporto e lo stoccaggio di fluidi (acque potabili, scarichi civili, acque meteoriche, deposito di compensazione, etc.) o anche accidentali, inficiando le valutazioni effettuate sui parametri geotecnici dei terreni di fondazione e di conseguenza sui calcoli e sulle valutazioni effettuate in termini di stabilità fronte di scavo/opera e capacità portante.

Allegati:

Corografia dell'area di studio CTR 284.020 - COLLESALVETTI (SITA - Cartoteca della Regione Toscana);

Corografia dell'area di studio CTR 16F20 (SITA - Cartoteca della Regione Toscana);

Estratto dalla Carta Geologica Piano Strutturale (2021);

Estratto dalla Carta Geomorfologica Piano Strutturale (2021);

Estratto dalla Carta dei dati di base Piano Strutturale (2021);

Estratto dalla Carta Idrogeologica Piano Strutturale (2021);

Estratto dalla Carta della Pericolosità Geomorfologica Piano Strutturale vigente;

Estratto dalla Carta della Pericolosità idraulica e Geomorfologica Piano Strutturale vigente;

Estratto dalla Carta delle ZMPLS e della Pericolosità Sismica - Piano Strutturale vigente;

Estratto dalla Carta della Pericolosità idraulica - Regolamento Urbanistico (2015);

Estratto dalla Carta della Pericolosità Geologica - Piano Strutturale (2021);

Estratto dalla Carta della Pericolosità Idraulica - Piano Strutturale (2021);

Estratto dalla Carta della Pericolosità Sismica - Piano Strutturale (2021);
Carta del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA);
Carta del PAI - Autorità di Bacino Appennino Settentrionale;
Estratto dalla Carta delle Aree Allagabili - Piano Strutturale (2021);
Estratto dalla Carta dei Battenti Idraulici Tr 200 anni - Piano Strutturale (2021);
Estratto dalla Carta delle Velocità di Esondazione Tr 200 anni - Piano Strutturale (2021);
Estratto dalla Carta della Magnitudo Tr 200 anni - Piano Strutturale (2021);
Interferometria Radar - LAMMA - Regione Toscana;
Planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite ed acquisite;
Planimetria dello stato attuale con l'ubicazione della CPT1 eseguita (23/06/2021);
Sezioni e prospetti dell'area di intervento;
Modello geologico generale (1:200) e Modello geologico e geotecnico di progetto (1:100);
Prova penetrometrica CPT1 del 23/06/2021 (in A16);
Sondaggio a carotaggio continuo S1 (in A16);
Indagine sismica Down Hole (in A16);
Analisi di laboratorio geotecnico (in A16).

Terricciola, 11 maggio 2023

Geol. Mosè Montagnani

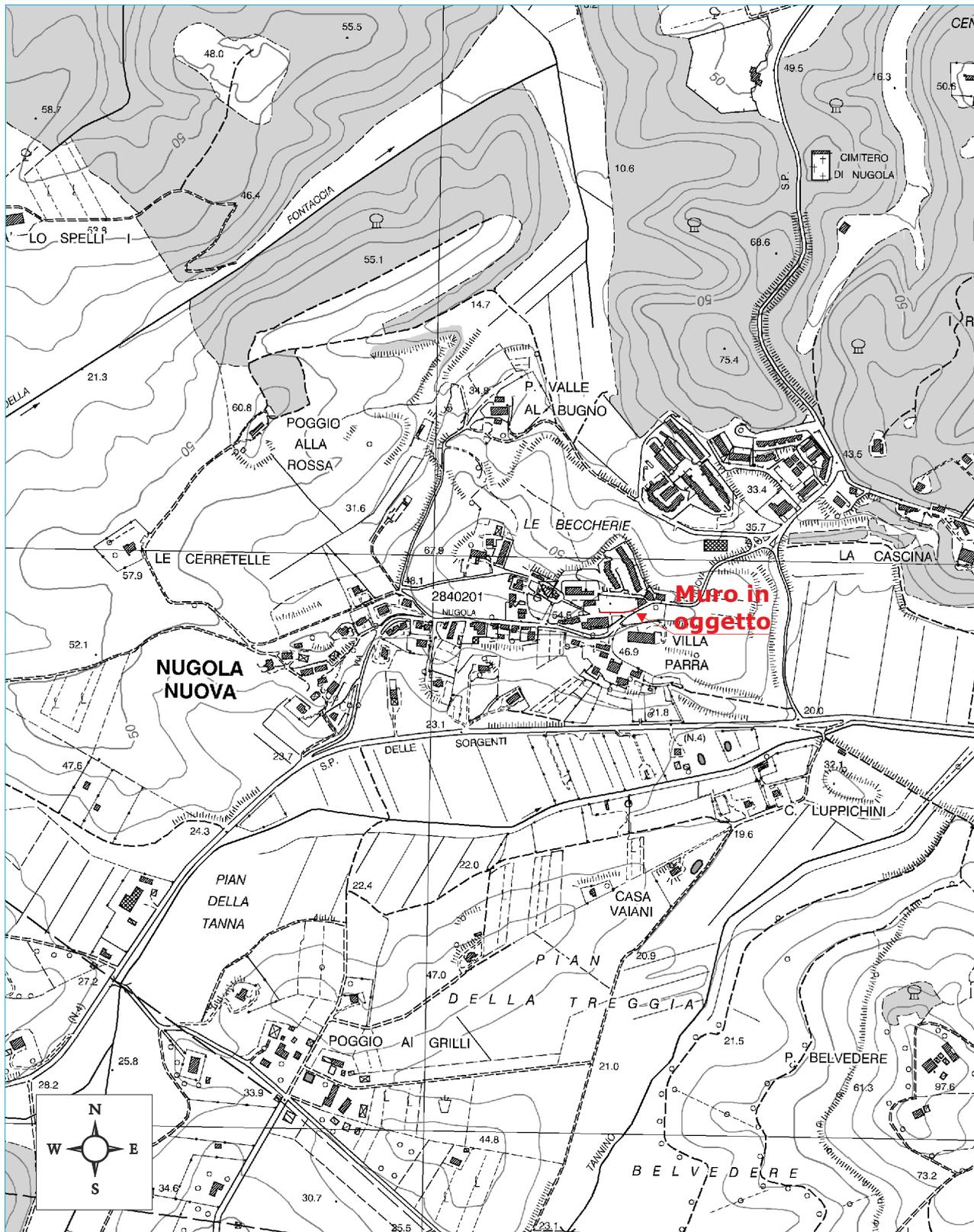


LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

**Ubicazione dell'area di intervento estratto dalla CTR
Regione Toscana - Sezione 284.020 - COLLESALVETTI**

Scala 1:10.000

Maggio 2023



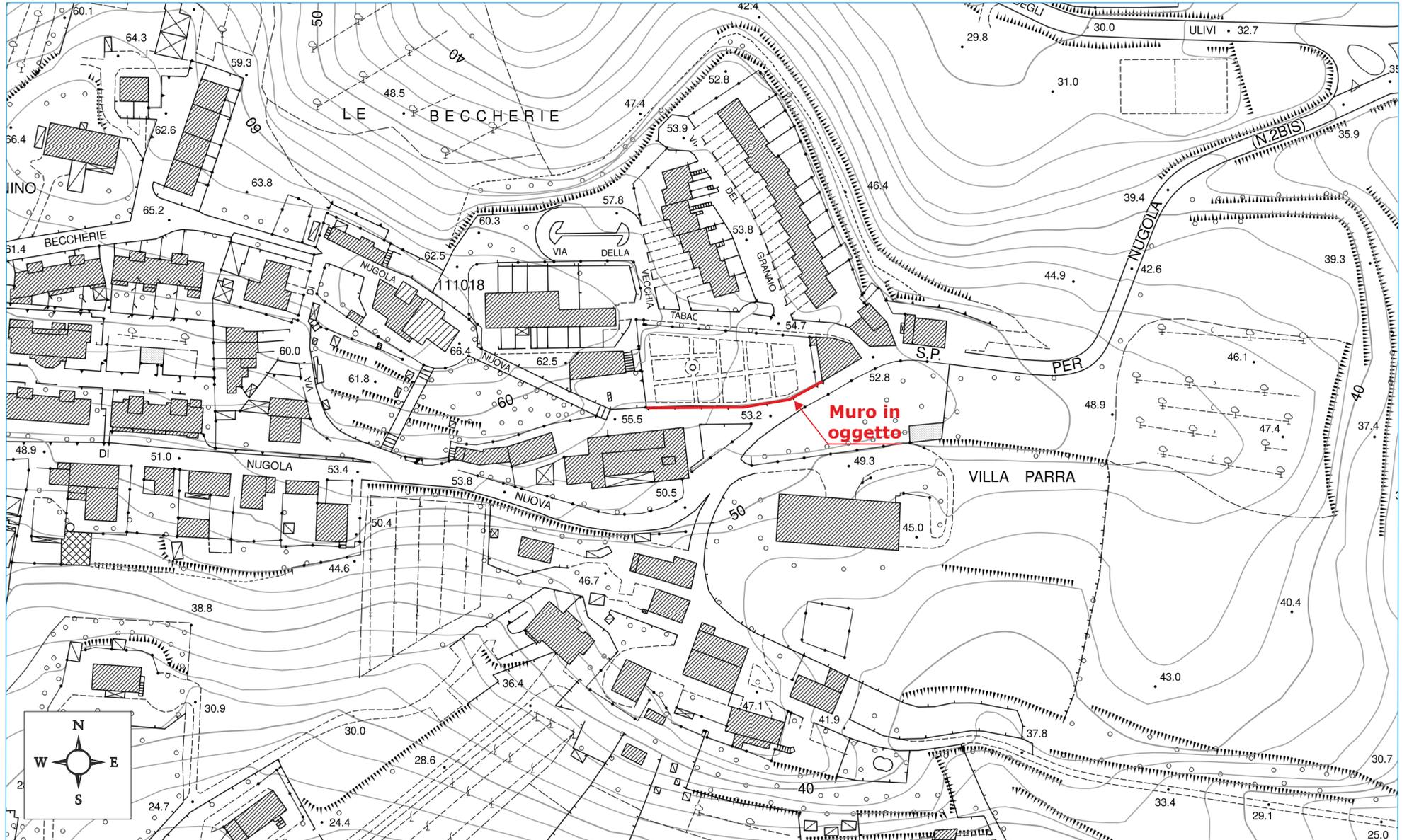
LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Ubicazione dell'area di intervento estratto dalla CTR Regione Toscana

Mosè Montagnani
GEOLOGO

Scala 1:2.000

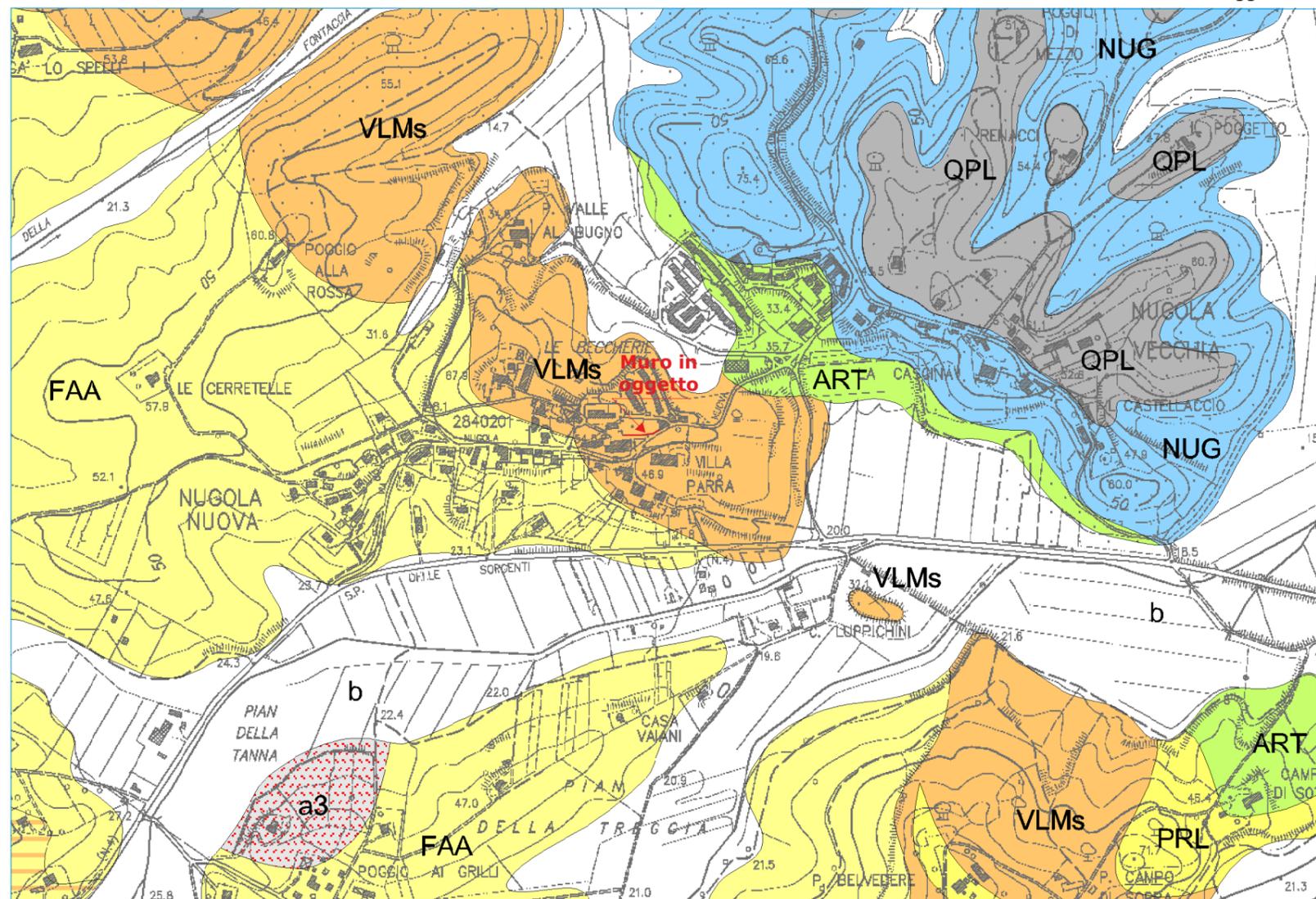
Maggio 2023



Scala 1:10.000

Maggio 2023

Estratto dalla carta Geologica della Regione Toscana



Depositi continentali recenti e attuali

-  a3 - Coperture detritiche indifferenziate
-  b - Deposito alluvionale e fluvioglaciale attuale
-  bn - Deposito alluvionale terrazzato
-  Area non rilevabile/non classificabile

Depositi quaternari dei terrazzi glacioeustatici

-  QVC- Sabbie e limi di Vicarello
-  QPL- Formazione di Casa Poggio ai Lecci

Successione neogenico-quaternaria

-  NUG - Sabbie di Nugola Vecchia
-  ART - Sabbie ed argille ad Artica Islandica
-  PRL - Biocalcareni di Parlascio ad Amphistegina
-  VLMs - Sabbie di Laiatico (Formazione di Villamagna)
-  FAA - Argille Azzurre
-  FAAs - Sabbie di Mazzola (Formazione Argille Azzurre)
-  EMO - Argille e Gessi del Fiume Era Morta
-  EMOg - Gessi di origine primaria e secondaria (Formazione delle Argille e Gessi del Fiume Era Morta)
-  RSNg - Gessi di origine primaria e secondaria (Formazione del Rio Sanguigna)
-  RAQ - Formazione del Torrente Raquese
-  ROS5 - Membro dei Calcari di Castelnuovo (Formazione del Calcare di Rosignano)
-  ROS4 - Membro dei Conglomerati di Villa Mirabella (Formazione del Calcare di Rosignano)
-  ROS3 - Membro dei Calcari di Le Cave (Formazione del Calcare di Rosignano)
-  LUP - Conglomerati di Castello di Luppiano

Segni convenzionali

-  strati diritti
-  strati rovesciati
-  strati a polarità sconosciuta
-  strati verticali
-  assi di piega
-  strati orizzontali
-  superfici di clivaggio o di scistosità
-  contatti stratigrafici e/o litologici
-  faglia o contatto tettonico con senso di movimento indeterminato
-  sovrascorrimenti

Dominio Ligure

Unità di M.Vitalba (cfr. Unità Bracco - Val Grevaglia)

-  Σ - Serpentiniti

Unità di Monteverdi Marittimo

-  PGR- Argilliti di Poggio Rocchino

Unità di S.Fiora

-  FIA2- Membro di Antignano (Formazione di S.Fiora)



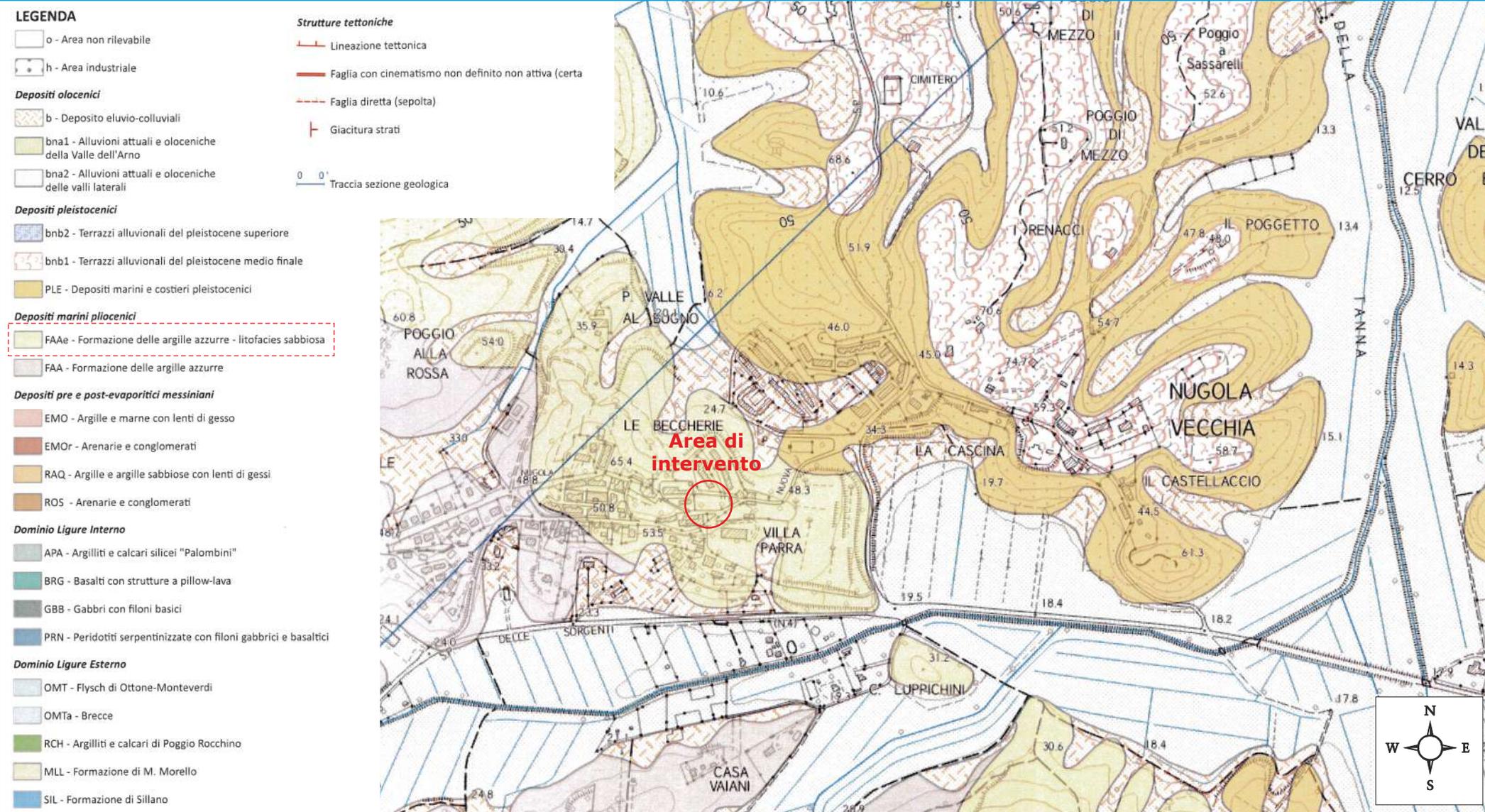
LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta Geologica Piano Strutturale (2021)

Mosè Montagnani
GEOLOGO

Maggio 2023

Scala 1: 10.000



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta Geomorfológica
Piano Strutturale (2021)

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

Forme di versante

- S3 - frana di scivolamento e colata lenta - attiva
- F - franosità diffusa
- S2 - frana di scivolamento e colata lenta - inattiva potenzialmente instabile (quiescente)
- S1 - frana di scivolamento e colata lenta - inattiva stabilizzata
- DS - Deformazioni superficiali
- Corona di frana
- Distacco localizzato di materiale
- Orlo di terrazzo fluviale
- Orlo di scarpata morfologica

Processi fluviali e di dilavamento

- Alveo con erosione laterale o sponda in erosione
- Ruscellamento concentrato
- Alveo in approfondimento
- Erosione per dilavamento diffuso/concentrato

Forme antropiche

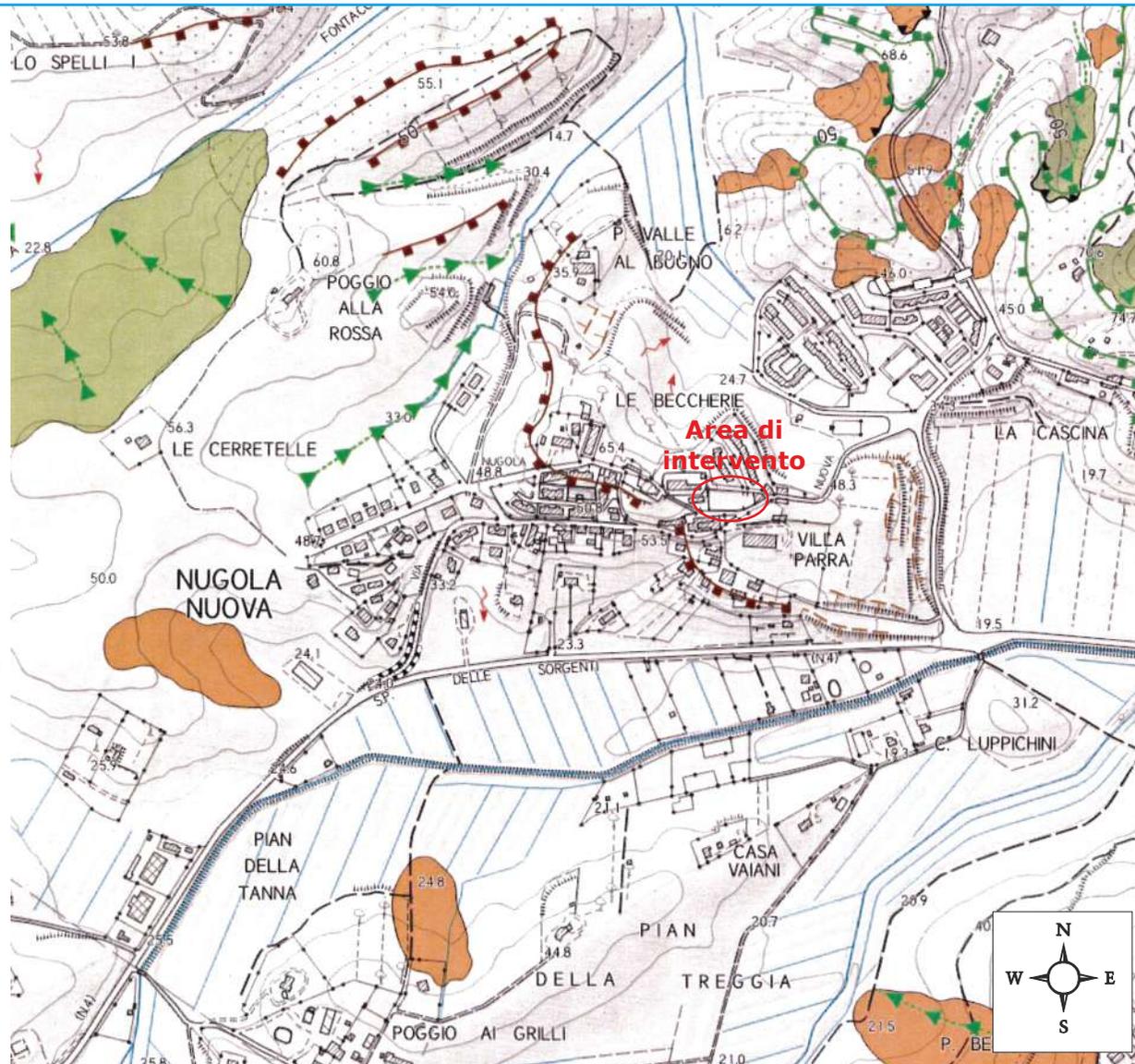
- Terrazzamento a gradoni
- Gabbionata
- Muro di contenimento h>5 m
- Argine
- Diga in terra
- Cassa di espansione/laminazione
- Coltri antropiche
- Cava attiva
- Cava da ripristinare
- Cava ripristinata/recuperata
- Idrovora

Idrografia superficiale

- Zone soggette a ristagno prolungato (stagno, acquitrino, area umida)
- Invaso artificiale
- Lago scavato o chiaro
- Corso d'acqua
- Scolina/canaletta irrigua
- Sorgente

Elementi tettonici

- Lineazione tettonica
- Faglia con cinematisimo non definito non attiva (certa)
- Faglia diretta sepolta



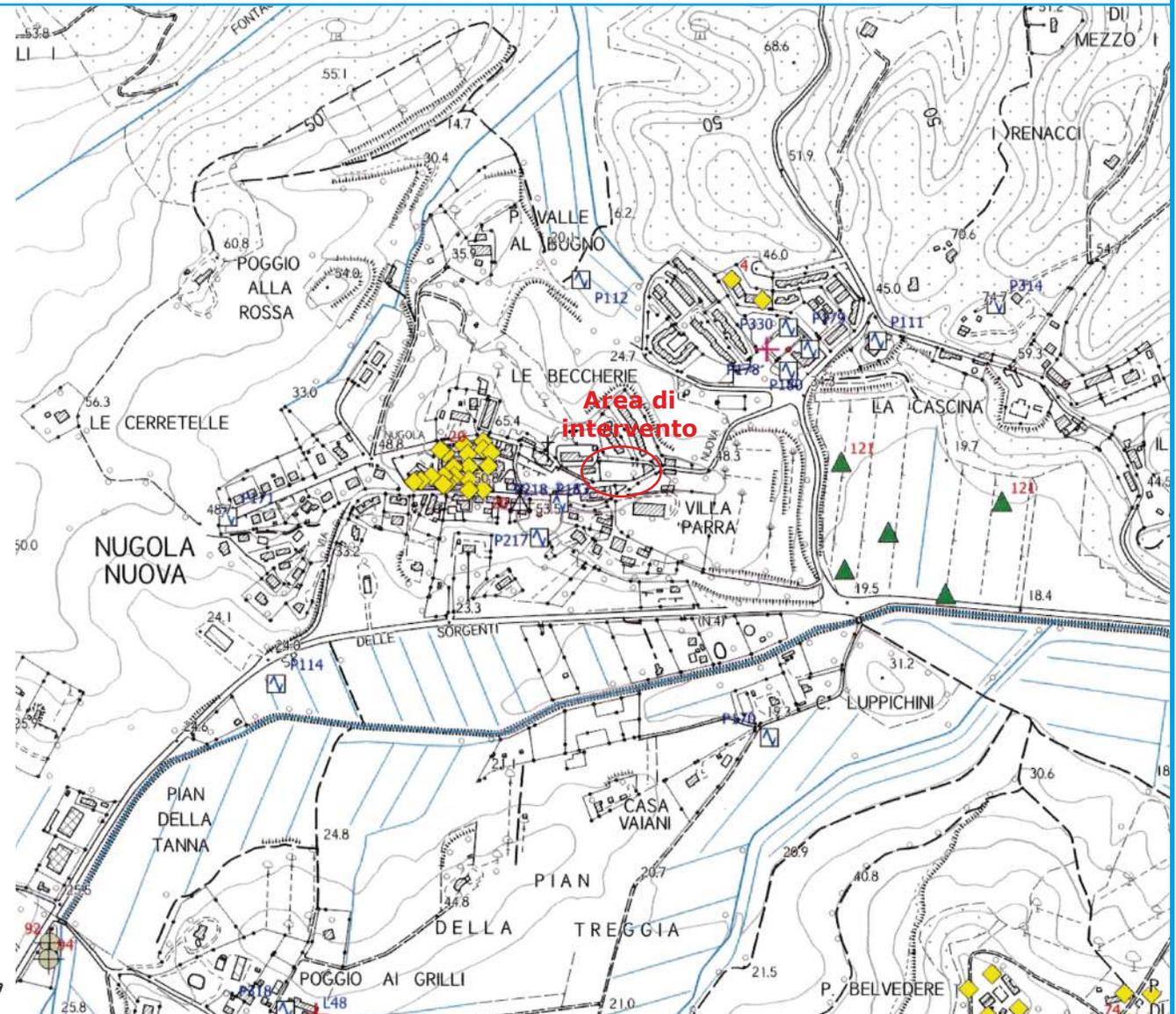
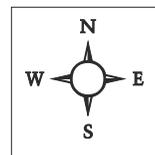
LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta dei dati di base Piano Strutturale (2021)

Marzo 2023

Scala 1: 10.000

- ▲ Prova penetrometrica statica a punta meccanica
- ▲ Prova penetrometrica statica a punta elettrica
- ▲ Prova penetrometrica statica con piezocono
- ▲ Prova penetrometrica statica con cono sismico
- ◆ Prova penetrometrica dinamica pesante
- ◆ Prova penetrometrica dinamica media
- ◆ Prova penetrometrica dinamica leggera
- ◆ Prova penetrometrica dinamica in foro
- Prova dilatometrica
- Sondaggio a carotaggio o distruzione di nucleo
- ★ Analisi geotecniche di laboratorio su campioni
- ◆ Pozzo artesiano
- ◆ Pozzo ad anelli
- ◆ Pozzo alla romana
- Studio e verifiche idrauliche
- ∧ Sondaggio elettrico verticale
- z Tomografia elettrica
- + Prova sismica con Down-Hole
- + Prova sismica a rifrazione
- + Prova sismica MASW
- ⊠ Stazione microtremore
- ⊠ ESAC



148 Numero di riferimento nella documentazione dei Dati di Base del Piano Strutturale

P001 Numero di riferimento nella documentazione dello Studio di Microzonazione Sismica
L001

LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta Idrogeologica
Piano Strutturale (2021)

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

Legenda

CLASSI DI PERMEABILITA'

CLASSE 1 - PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità) - Pp

- PpA - Alta
- PpM - Media
- PpB - Bassa
- PpBs - Molto bassa

CLASSE 2 - PERMEABILITA' MISTA - Pm

- PmM - Media/Alta
- PmB - Bassa
- PmBs - Molto bassa

CLASSE 3 - PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione) - Ps

- PsA - Medio alta
- PsM - Medio bassa
- PsB - Bassa

CLASSE 4 - PERMEABILITA' PRIMARIA IN AMMASSI DETRITICI - DPp

- DPpM - Media
- DPpB - Bassa

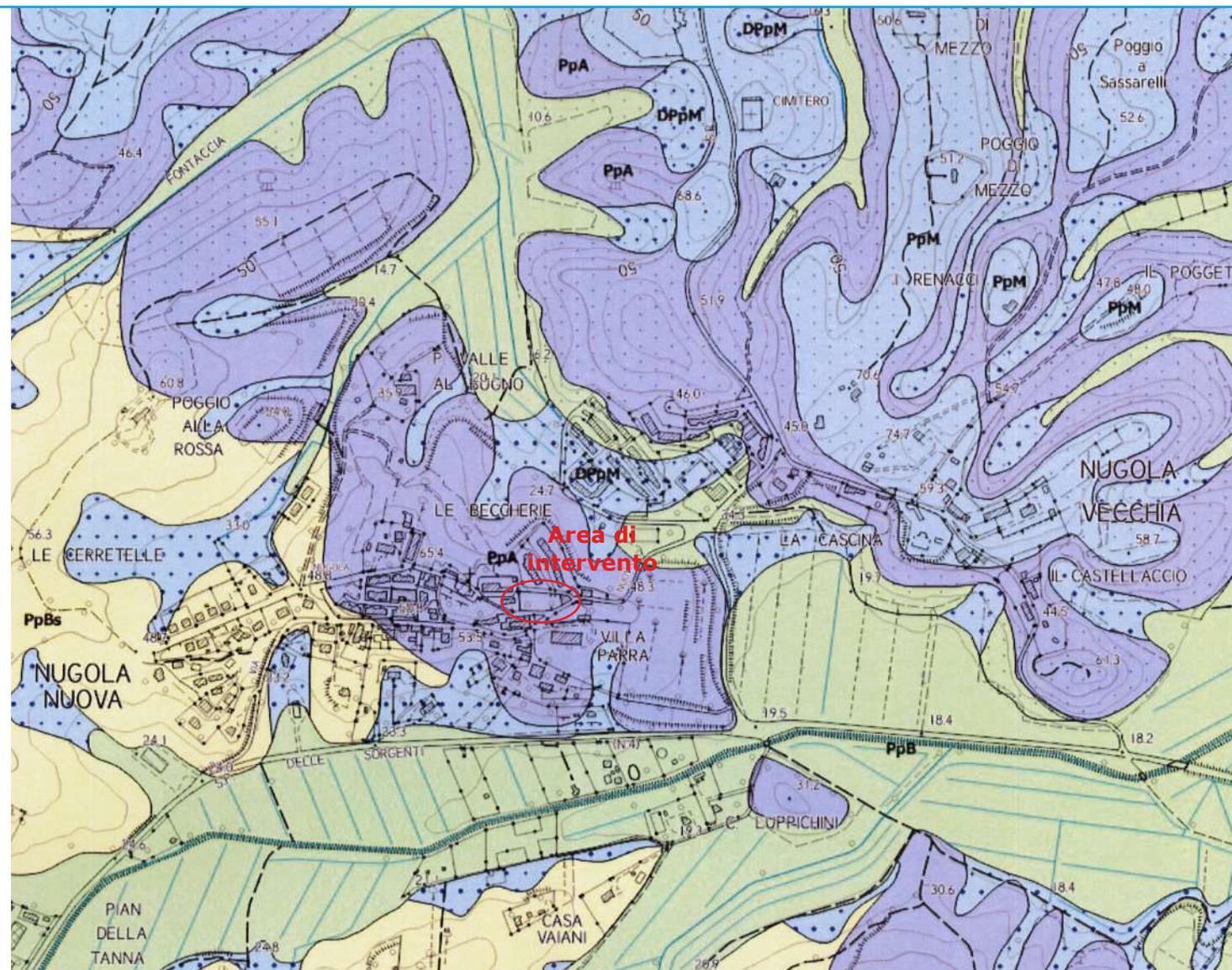
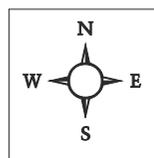
POZZI E SORGENTI

Pozzi

- DOMESTICO
- INDUSTRIALE
- POTABILE
- IRRIGUO
- IGIENICO-ASSIMILATI
- ITTICO-IRRIGAZ-SPORTIVO
- AGRICOLO
- PRODUZIONI BENI e SERVIZI
- NON UTILIZZATO
- SCONOSCIUTO
- POZZI ASA Spa

Sorgenti

- Sorgenti
- Sorgenti ASA Spa

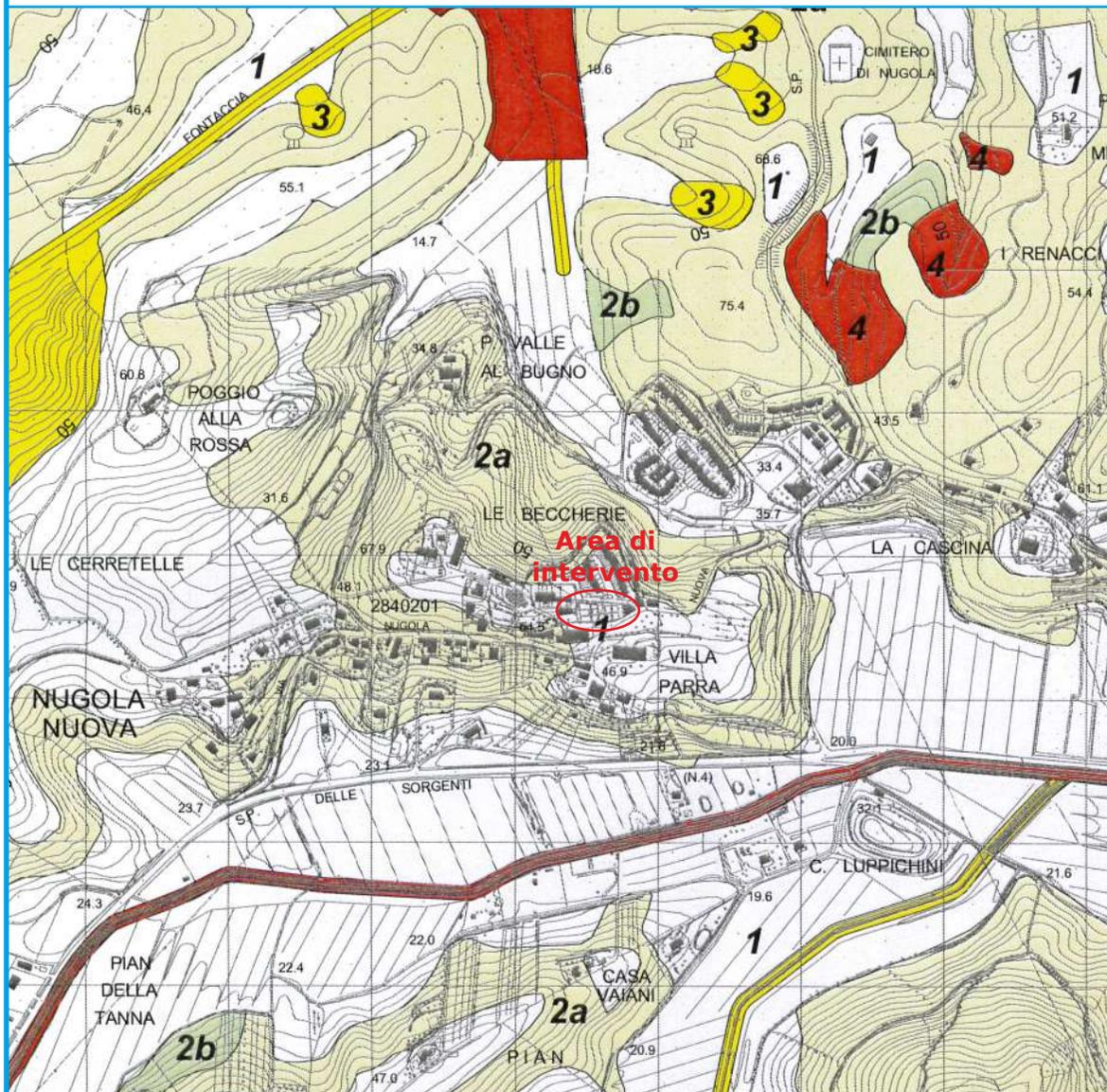


LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

**Estratto dalla Carta della Pericolosità
Geomorfologica Piano Strutturale vigente**

Maggio 2023

Scala 1: 10.000



CLASSE 1 - PERICOLOSITA' BASSA (G.1)

Comprende le aree di pianura e collinari in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture e clivometriche ($\leq 15\%$) non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti gravitativi.

CLASSE 2 - PERICOLOSITA' MEDIA (G.2)

Sottoclasse 2a: Pericolosità medio-bassa

Comprende le aree di pianura con sottosuolo eterogeneo e con caratteristiche geotecniche da medio-basse a scadenti, le zone e i lotti bonificati geotecnicamente, le aree collinari in cui non sono presenti fenomeni franosi inattivi/stabilizzati. Costituiscono aree con elementi geomorfologici, litologici, idrogeologici, giaciture e clivometrici dalle cui valutazioni risulta una bassa propensione al dissesto gravitativo e statico.

Sottoclasse 2b: Pericolosità medio-elevata

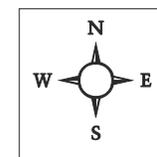
Comprende le aree di pianura con sottosuolo eterogeneo, caratteristiche geotecniche da basse a scadenti, soggette a fenomeni di ristagno, le aree collinari in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati naturalmente o artificialmente (paleofrane, coltri detritiche, riporti antropici etc.) i cui elementi geomorfologici, litologici, idrogeologici e giaciture hanno una medio-bassa propensione al dissesto (statico e gravitativo).

CLASSE 3 - PERICOLOSITA' ELEVATA (G.3)

Comprende le aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti, le aree situate in prossimità di fenomeni franosi attivi, le aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali o sotterranee, nonché a processi di degrado antropico (cave attive, abbandonate); aree interessate da fenomeni erosivi e da subsidenza; corsi d'acqua stagionali.

CLASSE 4 - PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA (G.4)

Comprende le aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e le relative aree di influenza, nonché tutti gli elementi idrografici naturali o antropici (corsi d'acqua perenni, laghi, invasi, casse di espansione etc.).

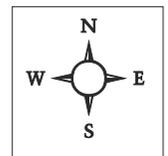
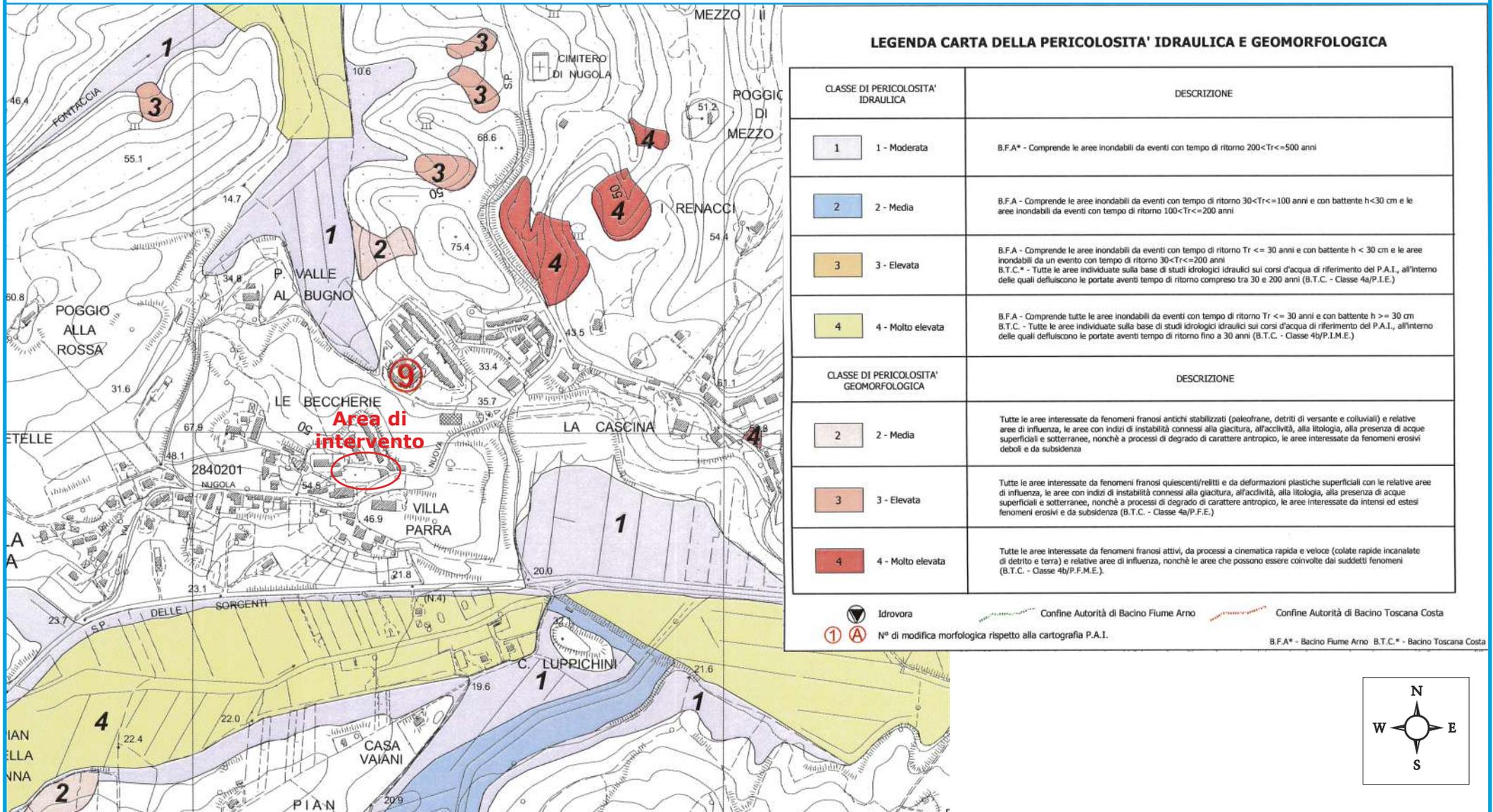


LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta della Pericolosità
idraulica e Geomorfologica
Piano Strutturale vigente

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

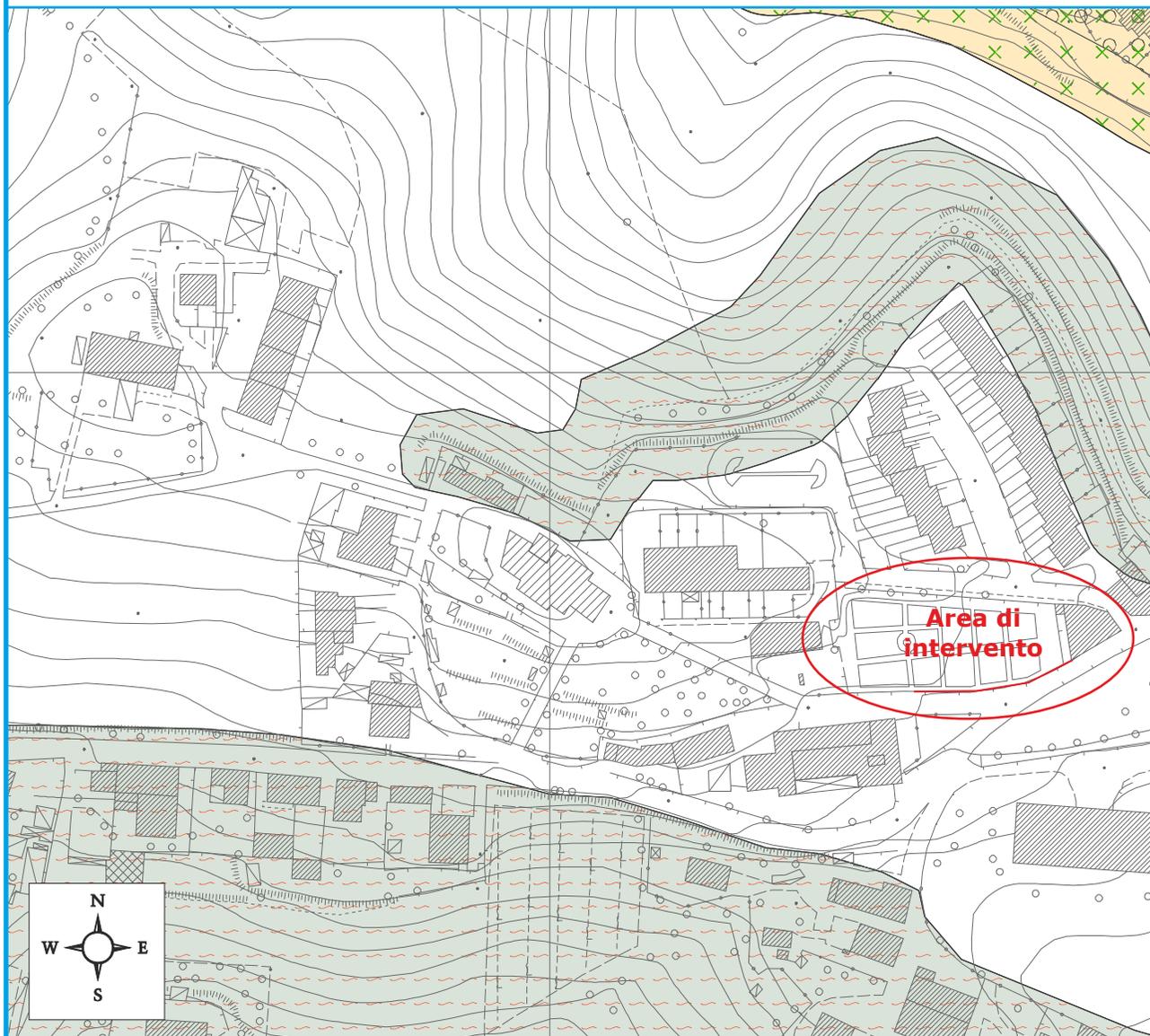


LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta delle ZMPLS e della Pericolosità Sismica Piano Strutturale vigente

Maggio 2023

Scala 1: 2.000



Zona a Maggiore Pericolosità Sismica Locale (ZMPLS)	Grado di pericolosità sismica (Zona sismica di riferimento 3S)
1_Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	S,4
2a_Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	S,3
2b_Zona potenzialmente franosa	S,3
3_Zona caratterizzata da movimenti franosi inattivi	S,2
4_Zona con terreni particolarmente scadenti (argille e limi molto soffici, riporti poco addensati)	S,3
5_Zona con terreni granulari fini poco addensati, saturi d'acqua con falda superficiale indicativamente nei primi 5m dal p.c.	S,3
6_Zona di ciglio H>10m costituita da scarpate con parete sub-verticale, bordi di cava, nicchie di distacco, orli di terrazzo e/o di scarpata di erosione (buffer di 10m a partire dal ciglio)	S,2
7_Zona di cresta rocciosa sottile (buffer di 20m) e/o cocuzzolo	S,2
8_Zona di bordo della valle e/o area di raccordo con il versante (buffer di 20m a partire dal contatto verso la valle)	S,3
9_Zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti	S,3
10_Zona con presenza di coltri detritiche di alterazione del substrato roccioso e/o coperture colluviali	S,3
11_Zona costituita da conoidi alluvionali e/o con detritici	S,3
12_Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (buffer di 20m)	S,3
13_Contatti tettonici, faglie, sovrascorrimenti e sistemi di fratturazione (buffer di 20m)	S,3

LEGENDA DEL GRADO DI PERICOLOSITA' SISMICA

	CLASSE 1 - PERICOLOSITA' BASSA (S,1) Comprende le aree caratterizzate dalla presenza di formazioni omogenee litoidi e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.
	CLASSE 2 - PERICOLOSITA' MEDIA (S,2) Comprende le zone con fenomeni franosi inattivi o coltri colluviali stabilizzate. Comprende inoltre le aree in cui è possibile un'amplificazione dovuta ad effetti topografici.
	CLASSE 3 - PERICOLOSITA' ELEVATA (S,3) Comprende le aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità quiescenti e che potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone potenzialmente franose o a dinamica molto lenta o esposte a rischio frana per le quali non si escludono fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi. Comprende, inoltre, terreni sabbiosi soggetti a liquefazione dinamica, zone con possibile amplificazione sismica connesse a zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante, zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse ed infine, zone con presenza di faglie e/o contatti tettonici.
	CLASSE 4 - PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA (S,4) Comprende le aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità attivi e che potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici.

LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018 -

**Estratto dalla Carta della Pericolosità
idraulica - Regolamento Urbanistico (2015)**

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

Legenda

 Limite dei bacini idrografici

 Idrografia

Pericolosità Idraulica

 P.I.4- Pericolosità molto elevata (D.P.G.R. 53/R) PI3-frequenti (P.G.R.A.)

 P.I.3- Pericolosità elevata (D.P.G.R. 53/R) PI2-poco frequenti (P.G.R.A.)

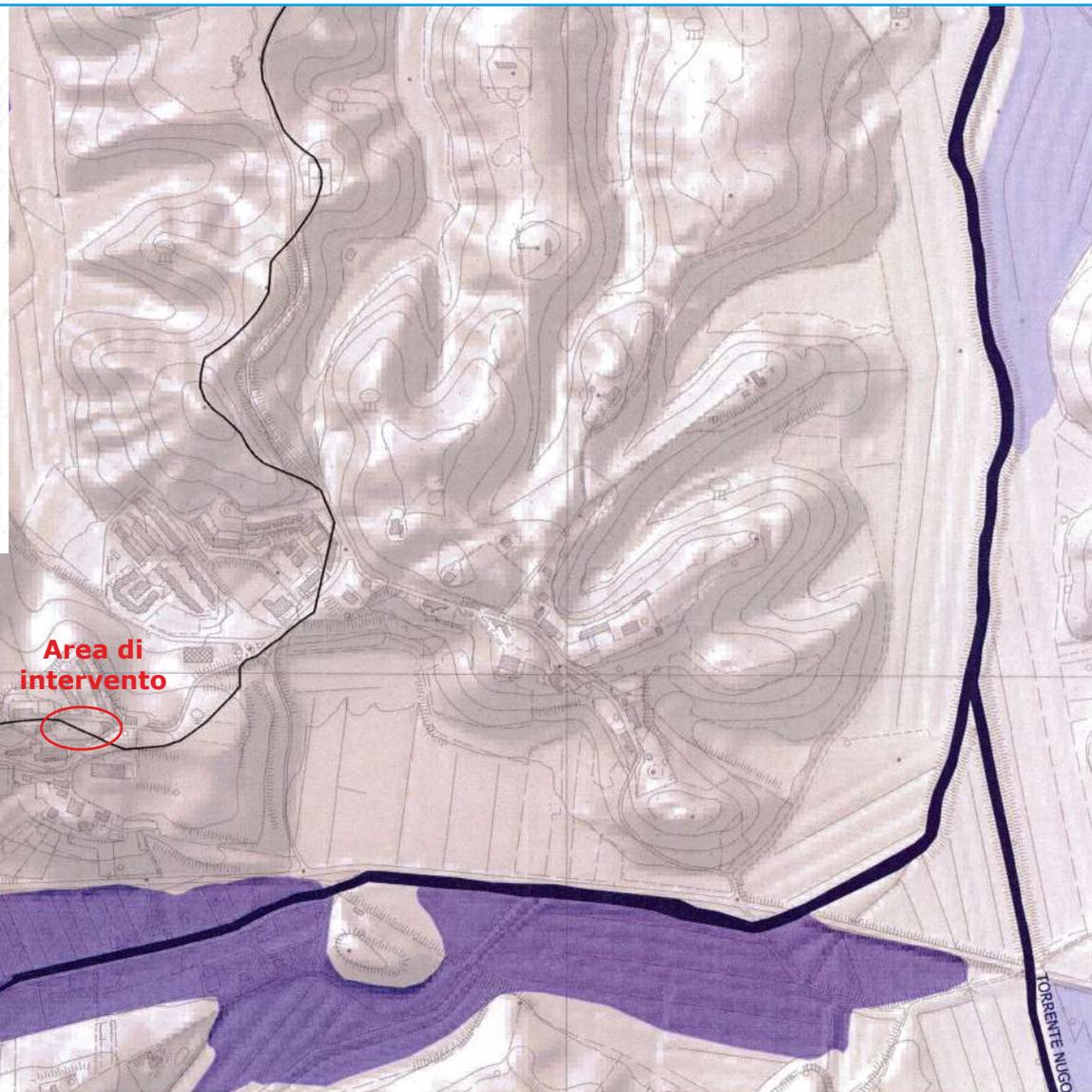
Interventi di messa in sicurezza idraulica

 casse di espansione esistenti

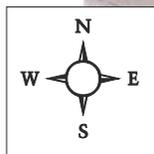
Limiti amministrativi

 confine comunale

Aree secondo la definizione del D.P.G.R. 53/R e del P.G.R.A.



**Area di
intervento**



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

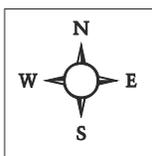
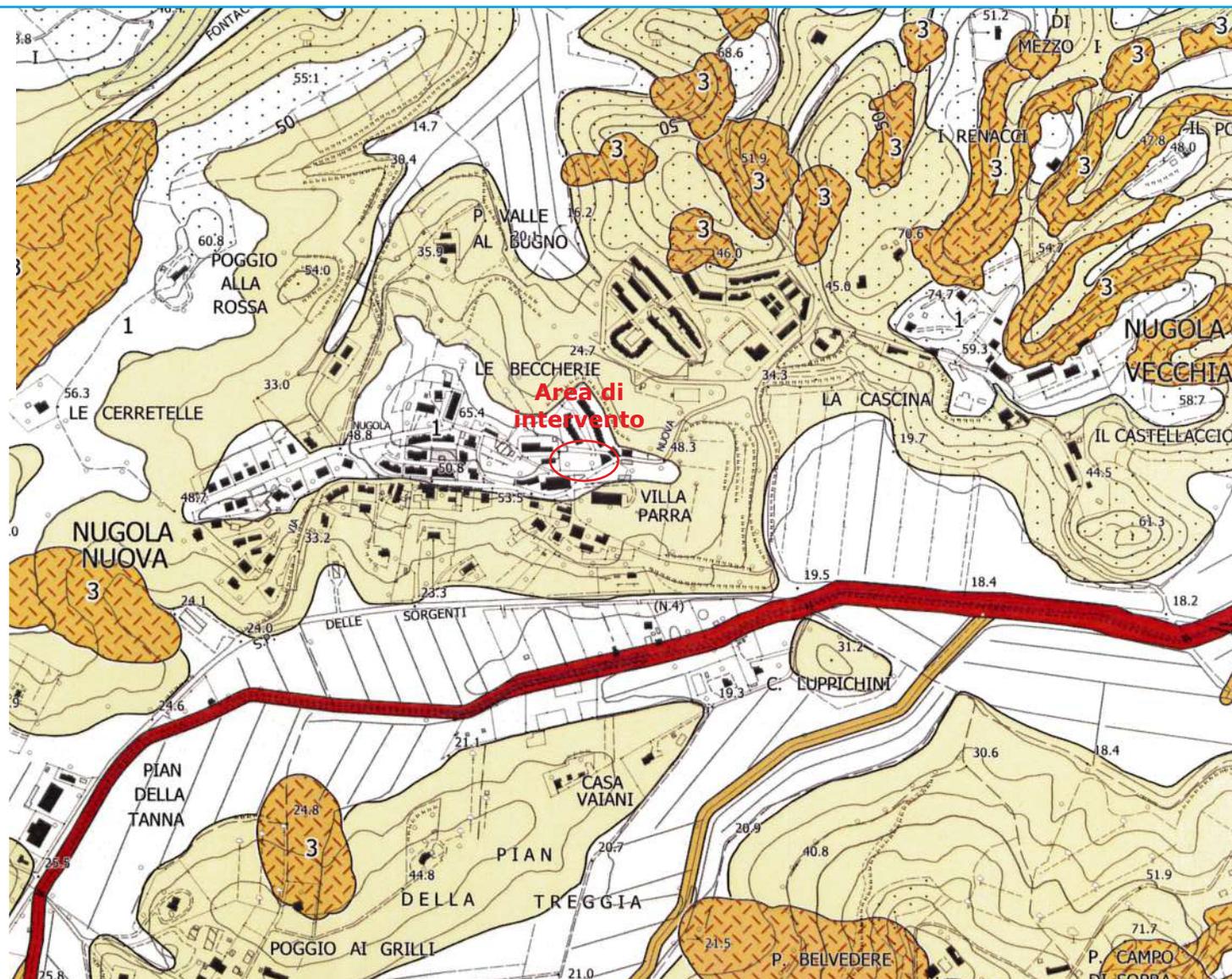
Estratto dalla Carta della Pericolosità Geologica - Piano Strutturale (2021)

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

Pericolosità geologica

-  Pericolosità molto elevata (G.4) - PAI
-  Pericolosità molto elevata (G.4)
-  Pericolosità elevata (G.3) - PAI
-  Pericolosità elevata (G.3)
-  Pericolosità media (G.2) - PAI
-  Pericolosità bassa (G.1)



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta della Pericolosità
Idraulica - Piano Strutturale (2021)

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

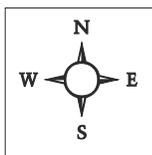
Legenda

- Confine comunale
- Reticolo idrografico DCR 28/2020

- Alveo corsi d'acqua
- Casse di espansione

Pericolosità idraulica:

- P1
- P2
- P3



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

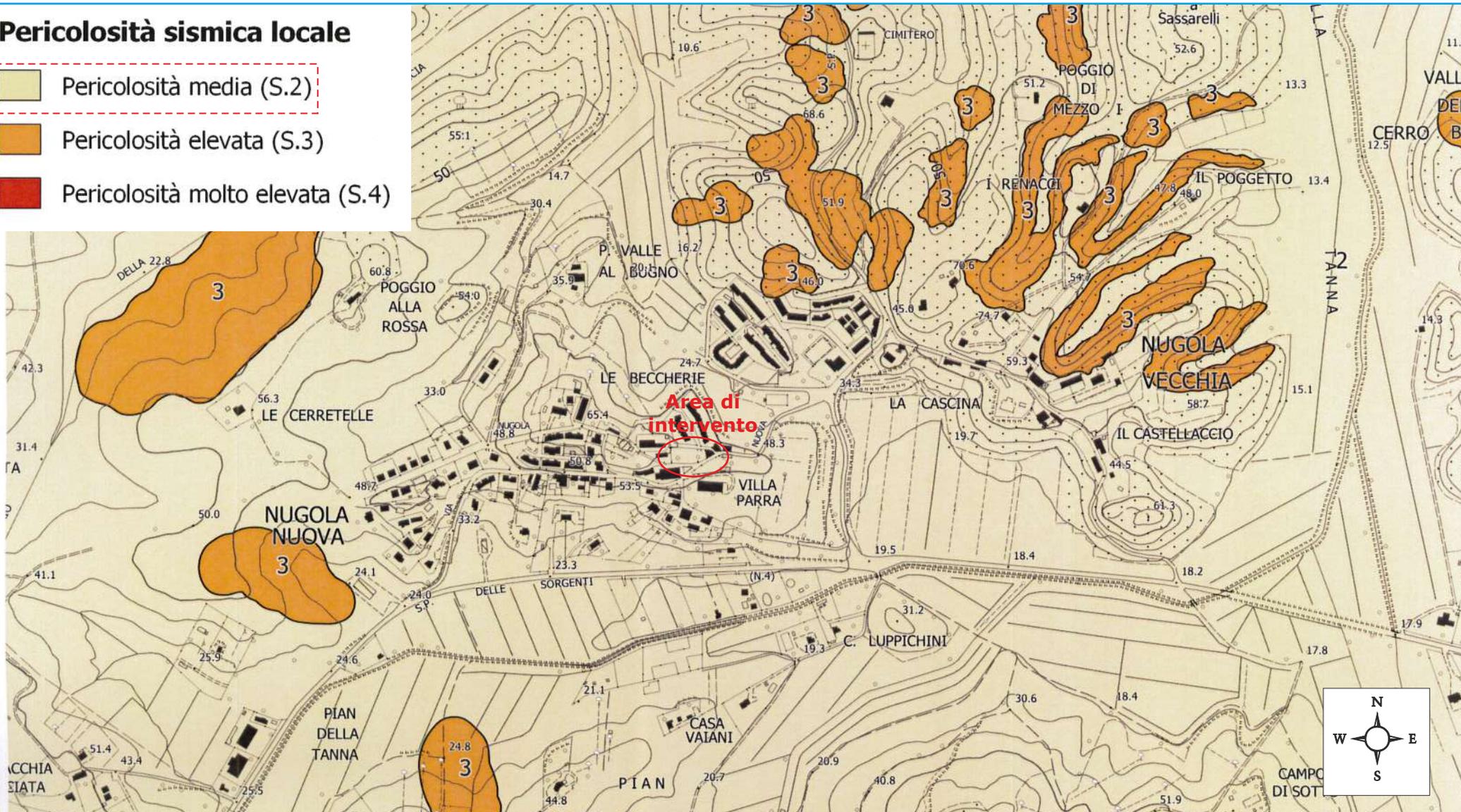
Estratto dalla Carta della Pericolosità
Sismica - Piano Strutturale (2021)

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

Pericolosità sismica locale

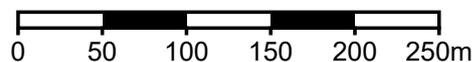
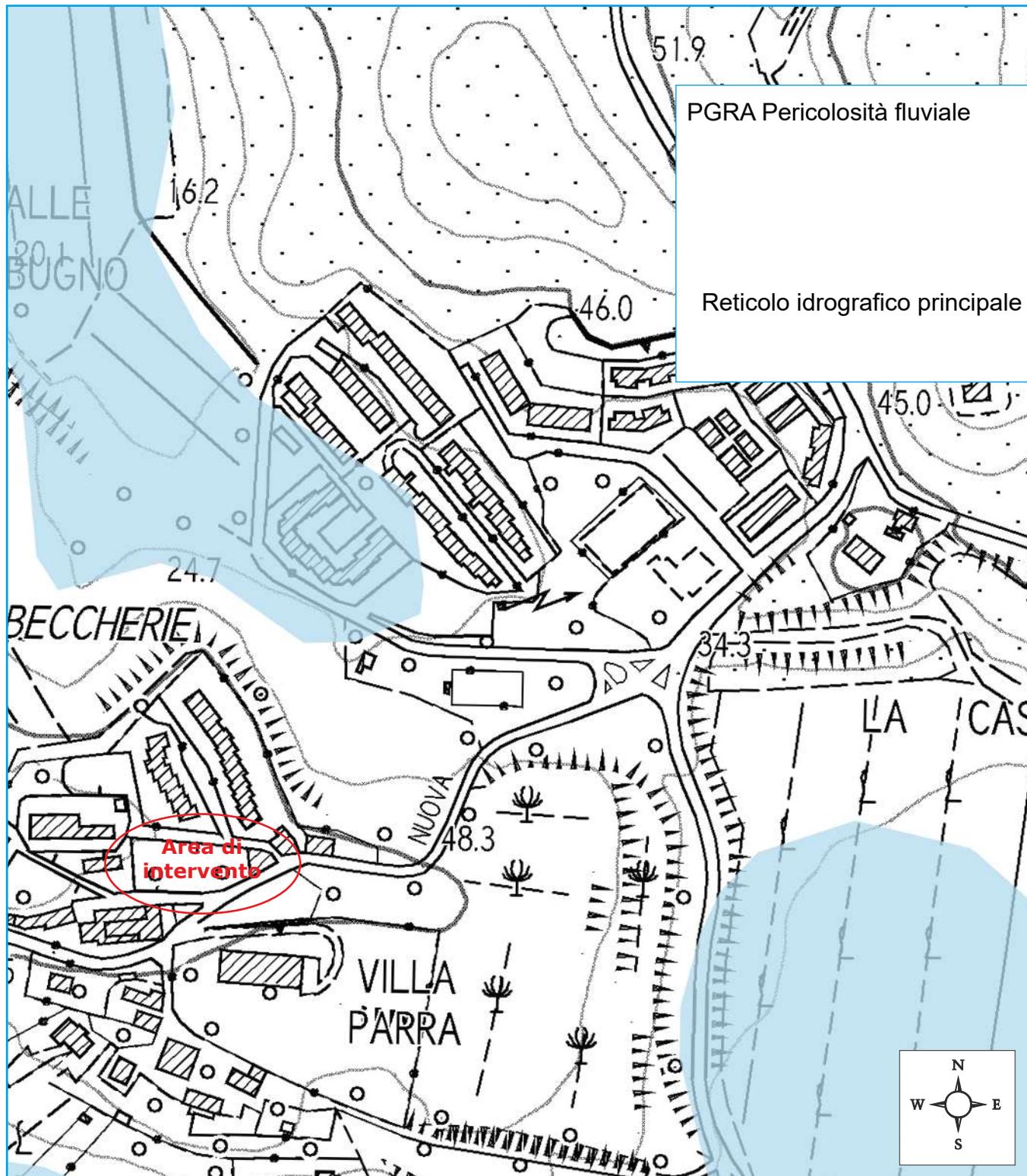
- Pericolosità media (S.2)
- Pericolosità elevata (S.3)
- Pericolosità molto elevata (S.4)



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Carta del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

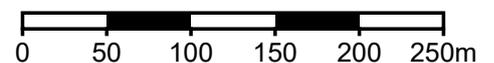
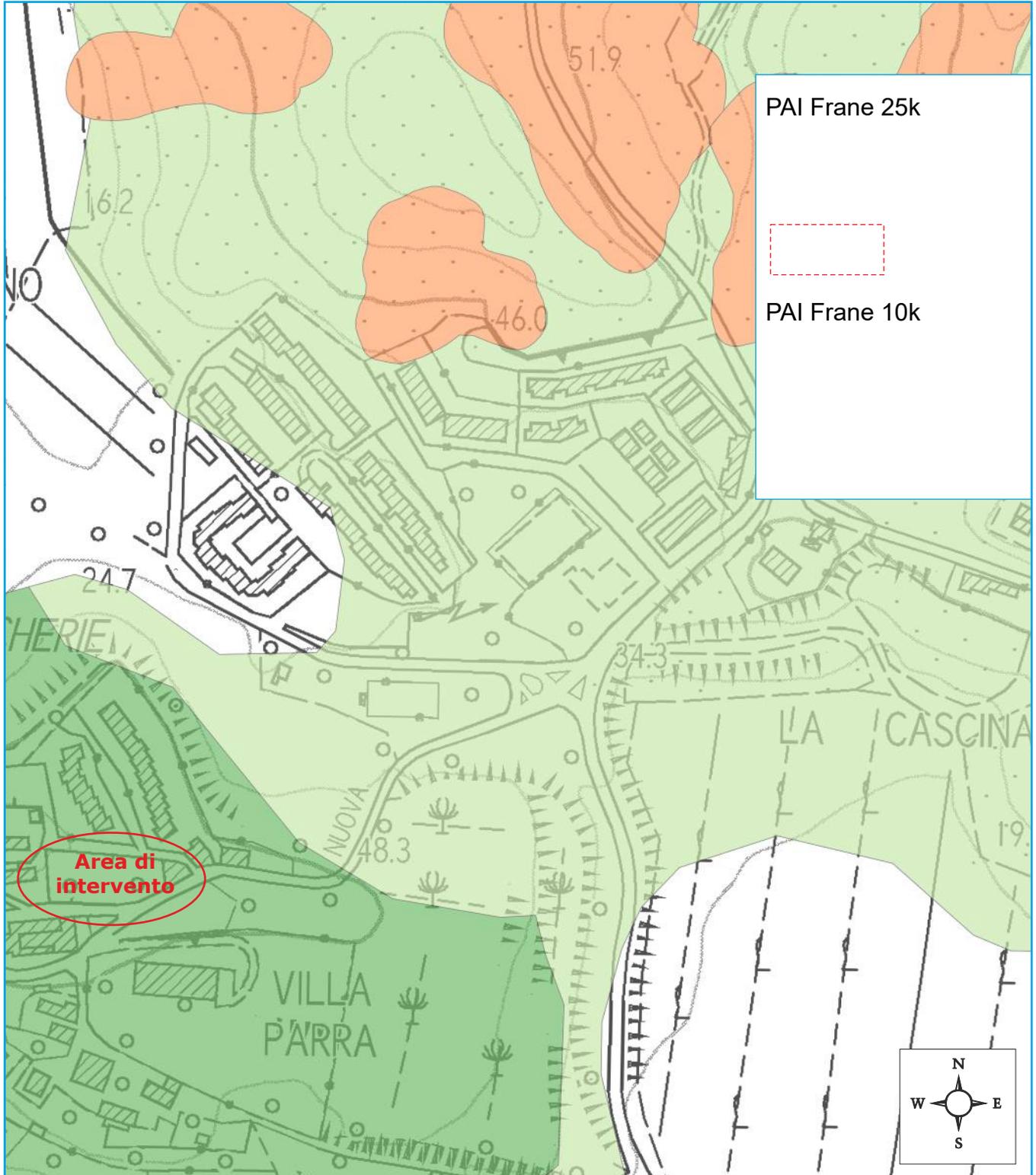
Maggio 2023



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Carta del PAI - Autorità di Bacino Appennino Settentrionale

Maggio 2023

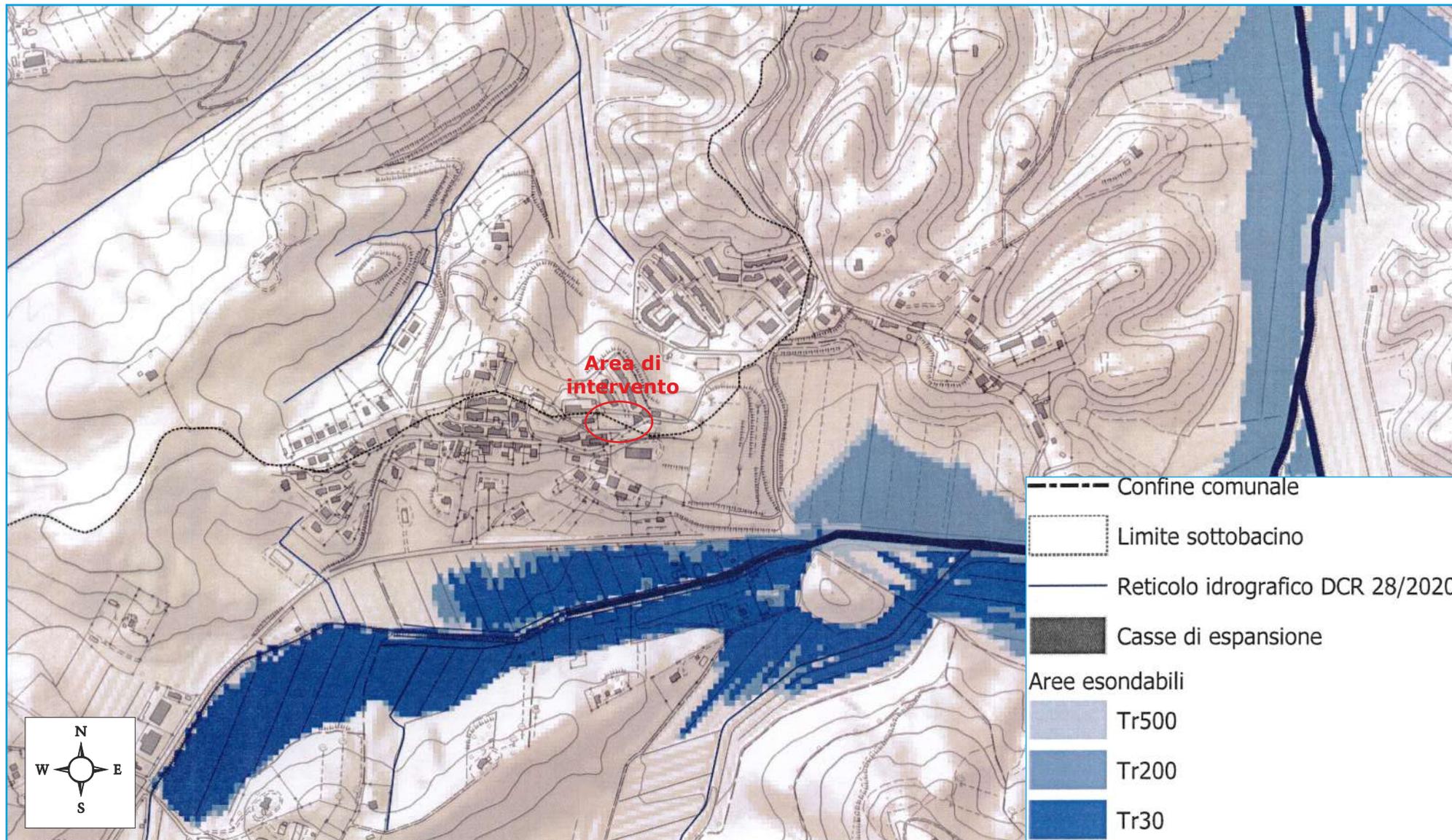


LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta delle Aree
Allagabili - Piano Strutturale (2021)

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

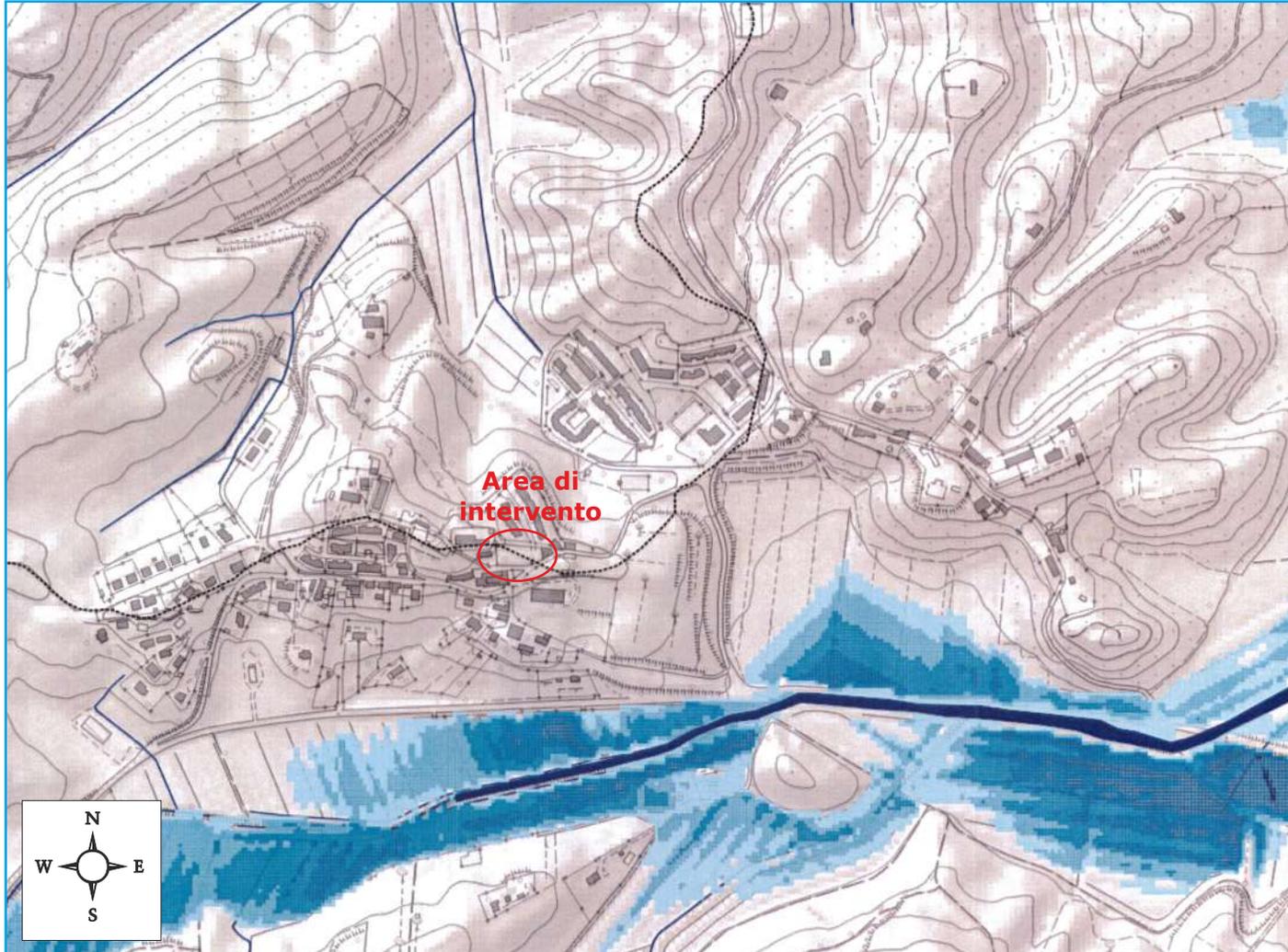


LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Estratto dalla Carta dei Battenti Idraulici
Tr 200 anni - Piano Strutturale (2021)

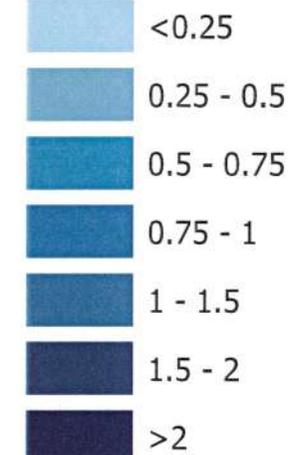
Maggio 2023

Scala 1: 10.000



Legenda

Battenti Tr200



--- Confine comunale

--- Limite di sottobacino

— Reticolo idrografico DCR 28/2020

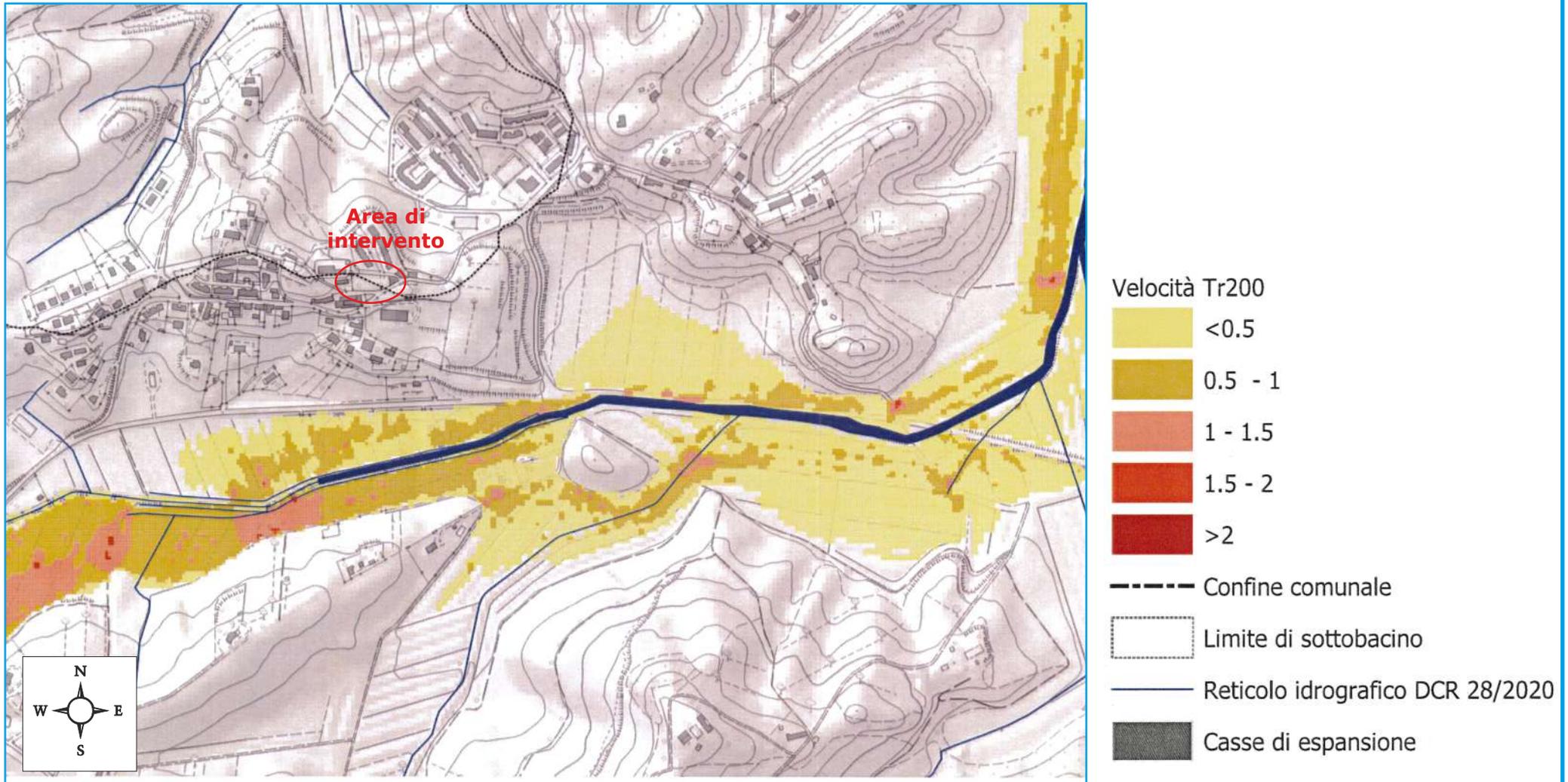
■ Cassa di espansione

LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

**Estratto dalla Carta delle Velocità
di Esondazione Tr 200 anni
Piano Strutturale (2021)**

Maggio 2023

Scala 1: 10.000

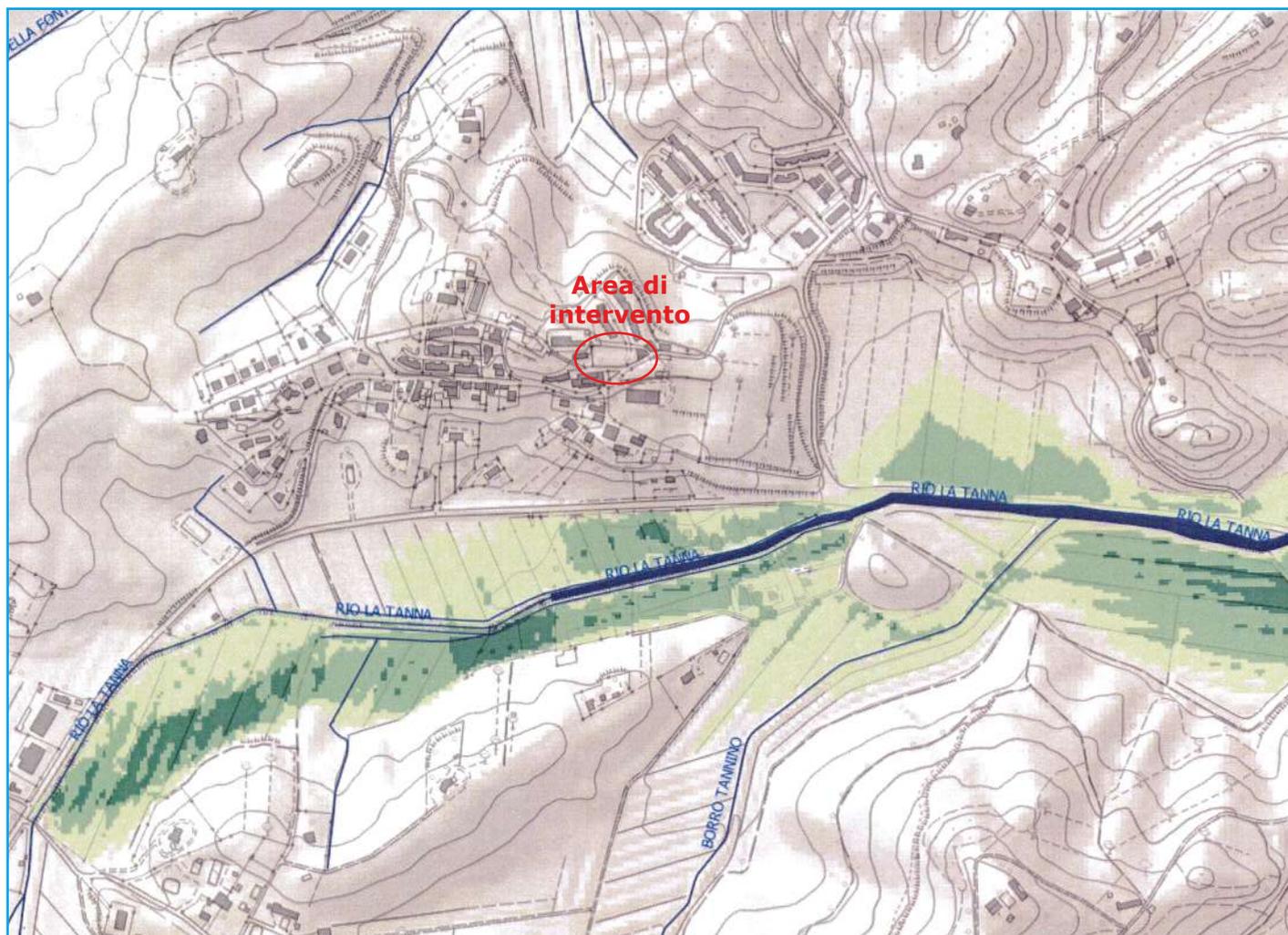


LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

**Estratto dalla Carta della Magnitudo
Tr 200 anni - Piano Strutturale (2021)**

Maggio 2023

Scala 1: 10.000



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Interferometria SAR satellitare (geoportale.lamma.rete.toscan.it)

Mosè Montagnani
GEOLOGO

maggio 2023



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Interferometria SAR satellitare
 (geoportale.lamma.rete.toscan.it)

Mosè Montagnani
GEOLOGO

Maggio 2023



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

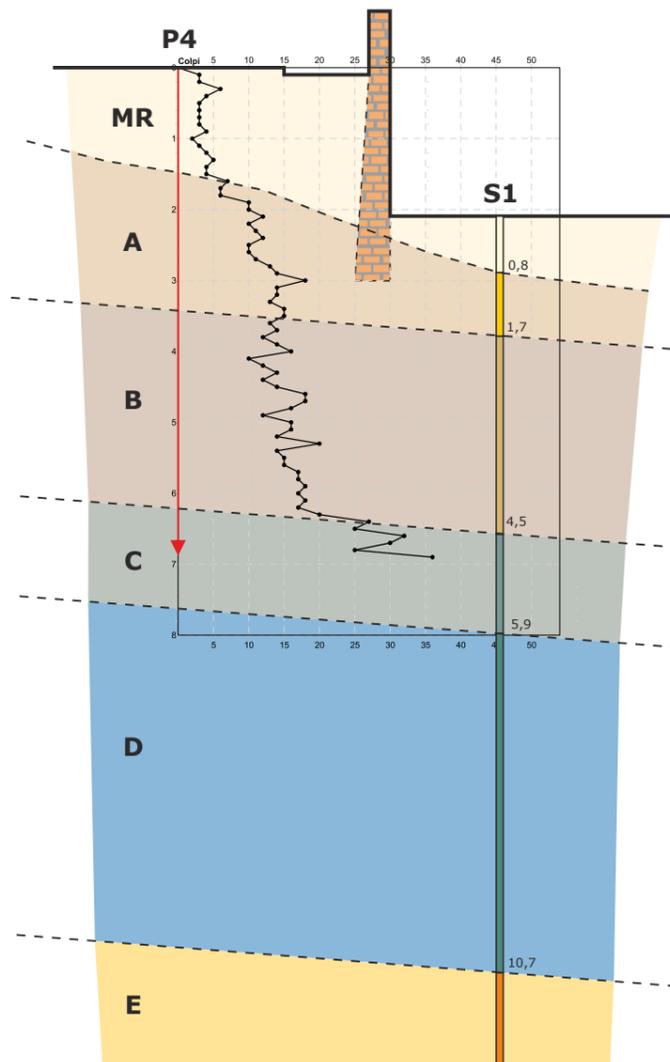
Mosè Montagnani
GEOLOGO

**Ubicazione delle indagini geognostiche
e sismiche eseguite (febbraio-marzo 2023)**

Maggio 2023

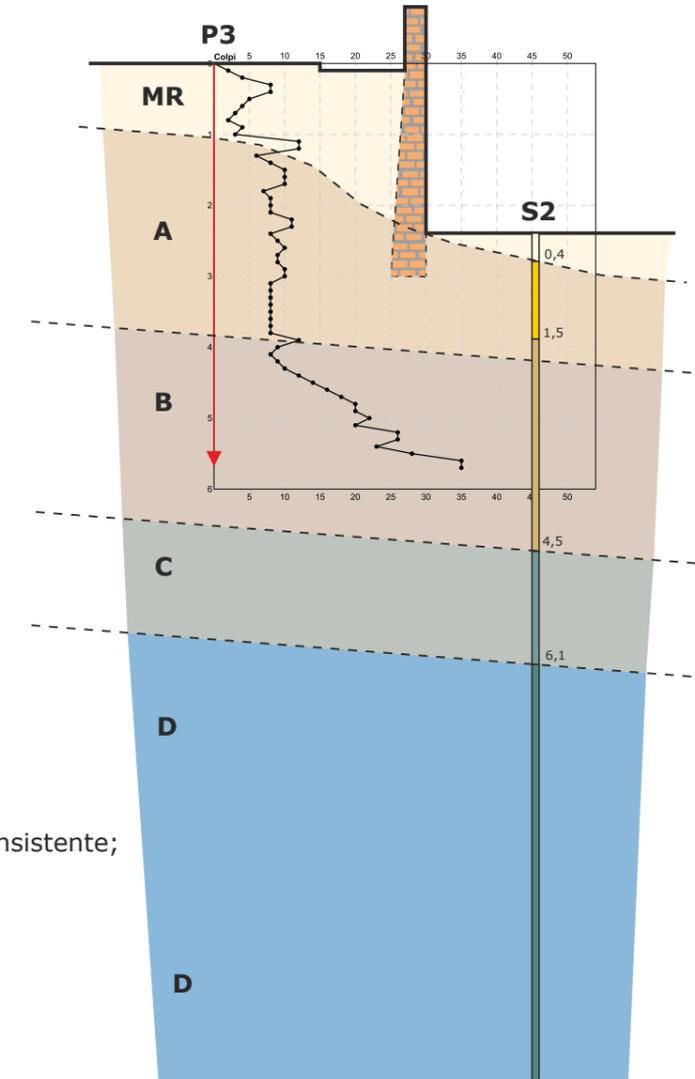


**Modello geologico locale: P4-S1 e P3-S2
con parametri geotecnici nominali
(1:100)**



Ricostruzione stratigrafica

- MR – Materiale di riporto, materiale di riempimento, sottofondo stradale;
- A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, molto consistente;
- B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, da consistente a molto consistente;
- C – Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato;
- D – Limo argilloso, grigio-azzurro, da consistente a molto consistente;
- E – Limo argilloso, a tratti sabbioso, marrone-ocra, molto consistente.



Schematizzazione litotecnica a del sondaggio S1_{mar23} (parametri geotecnici nominali)

Profondità	Strat.		Cu	p	vc	C'	'	Dr	OCR	E ₂₅	M	
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-0,8	MR	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8-1,7	A	18,5-18,9	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280
1,7-4,5	B	19,4-19,6	70-80	-	-	24,1	25,7	-	6,0	-	6,0-7,0	0,45
4,5-5,9	C	20,5-20,6	-	35,0-36,0	27,5-28,2	5	28,0	47-52	-	14,4	20,6	0,283
5,9-10,7	D	20,5-21,0	100-120	-	-	20,0	25,8	-	6,0	-	10,5-12,0	0,45
10,7-12,0	E	21,0	150	-	-	20,0	26,5	-	7,0	-	23,5	0,45

Schematizzazione litotecnica del sondaggio S2_{mar23} (parametri geotecnici nominali)

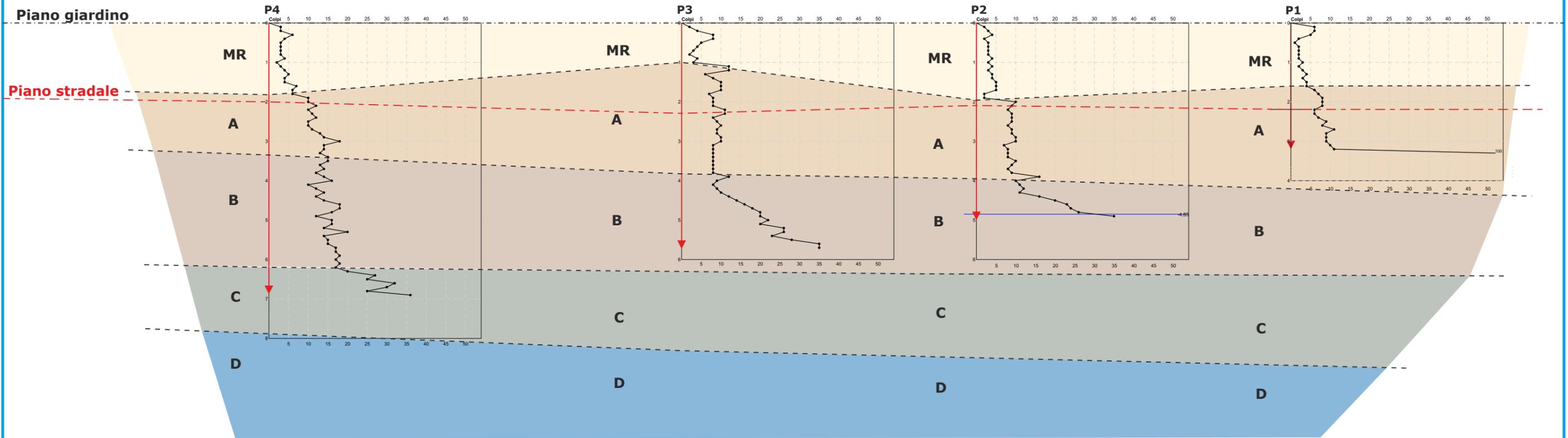
Profondità	Strat.		Cu	p	vc	C'	'	Dr	OCR	E ₂₅	M	
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-0,4	MR	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4-1,5	A	18,9-19,0	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,2	14,3	0,279
1,5-4,5	B	19,6-19,8	80-100	-	-	19,7	27,5	-	6,0	-	7,5-8,1	0,45
4,5-6,1	C	20,5-20,6	-	35,0-36,0	30,5-31,0	5	30,0	47-52	-	14,6	20,6	0,283
6,1-12,0	D	20,5-21,0	110-140	-	-	20,0	26,0	-	6,0	-	11,0-14,0	0,45

peso di volume; Cu coesione non drenata; p angolo di resistenza al taglio di picco; vc angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr densità relativa; OCR grado di sovra-consolidazione; E₂₅ modulo di elasticità operativo (Young); M modulo di deformabilità; ' coefficiente di Poisson; c' = coesione drenata; ' = angolo di resistenza al taglio drenato.

Nel sondaggio S2 attrezzato a piezometro è stato misurato il livello piezometrico a -10,30 il 16/03/2023

**Modello geologico locale: P4-P3-P2-P1
(piano calpestio giardino)
(1:100)**

Colmo muro



Profilo stratigrafico longitudinale (piano di calpestio giardino)

Prova P1

0,0-1,6 m p.c. MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento (N10 = 2-4; NSPT = 1);
 1,6-3,3 m p.c. A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente (N10 = 8-10; NSPT = 5);
 3,3 m p.c. Rifiuto strumentale avanzamento;
 nel foro lasciato dalla prova penetrometrica non è stato possibile misurare il livello piezometrico (foro chiuso a -0,4 m dal p.c. (20/02/2023)).

Prova P2

0,0-1,9 m p.c. MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento (N10 = 2-4; NSPT = 2);
 1,9-3,8 m p.c. A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente (N10 = 8-10; NSPT = 6);
 3,8-4,9 m p.c. B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, da consistente a molto consistente (N10 = 10-26; NSPT = 9-18);
 Nel foro lasciato dalla prova penetrometrica è stato possibile misurare il livello piezometrico a - 4,85 m dal p.c. (20/02/2023), -3,63 m dal p.c. (02/03/2023); foro attrezzato con tubo piezometrico;

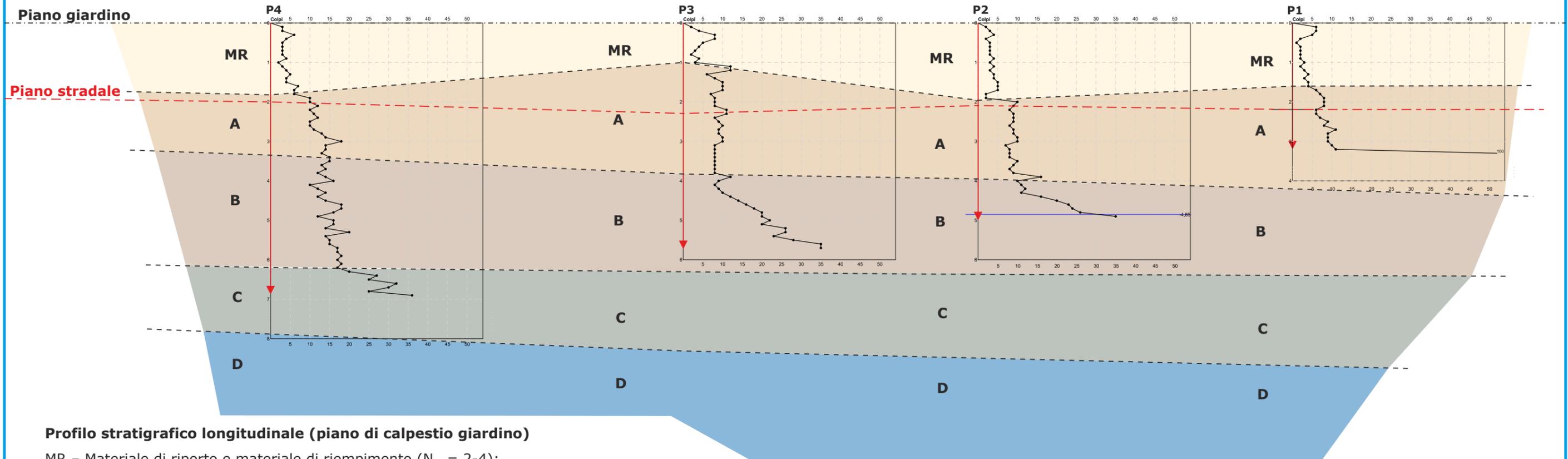
Prova P3

0,0-1,0 m p.c. MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento (N10 = 3-4; NSPT = 2);
 1,0-3,8 m p.c. A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente (N10 = 8-10; NSPT = 6-8).
 3,8-5,7 m p.c. B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, da consistente a molto consistente (N10 = 10-28; NSPT = 8-20);
 nel foro lasciato dalla prova penetrometrica non è stato possibile misurare il livello piezometrico (foro asciutto e chiuso a -5,70 m dal p.c. (20/02/2023); foro attrezzato con tubo piezometrico);

Prova P4

0,0-1,8 m p.c. MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento (N10 = 3-4; NSPT = 2);
 1,8-3,3 m p.c. A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente (N10 = 10-14; NSPT = 8-10).
 3,3-6,2 m p.c. B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, consistente (N10 = 14-17; NSPT = 8-14);
 6,2-6,9 m p.c. C – Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato (N10 = 20-35; NSPT = 18-24).
 nel foro lasciato dalla prova penetrometrica non è stato possibile misurare il livello piezometrico (foro asciutto e chiuso a -6,70 m dal p.c. (20/02/2023));

Colmo muro



Profilo stratigrafico longitudinale (piano di calpestio giardino)

- MR – Materiale di riporto e materiale di riempimento ($N_{10} = 2-4$);
- A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente ($N_{10} = 8-14$);
- B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, consistente ($N_{10} = 10-26$);
- C – Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato ($N_{10} = 20-35$).

Schematizzazione litotecnica - prove penetrometriche dinamiche medie (parametri geotecnici nominali)

Prova P1_{mar'23}

Profondità	Strat.		Cu	p	vc	C'	'	Dr	OCR	E ₂₅	M	
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-1,6	MR	18,0-18,1	-	26,0-27,0	23,5-23,8	5	25,0	10	-	9,0	11,0	0,274
1,6-3,3	A	18,3-18,6	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280

Prova P2_{mar'23}

Profondità	Strat.		Cu	p	vc	C'	'	Dr	OCR	E ₂₅	M	
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-1,9	MR	18,0-18,1	-	26,0-27,0	23,5-23,8	5	25,0	10	-	9,0	11,0	0,274
1,9-3,8	A	18,3-18,6	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280
3,8-4,9	B	19,3-19,5	65-80	-	-	24,0	25,5	-	6,0	-	6,0-7,0	0,45

Prova P3_{mar'23}

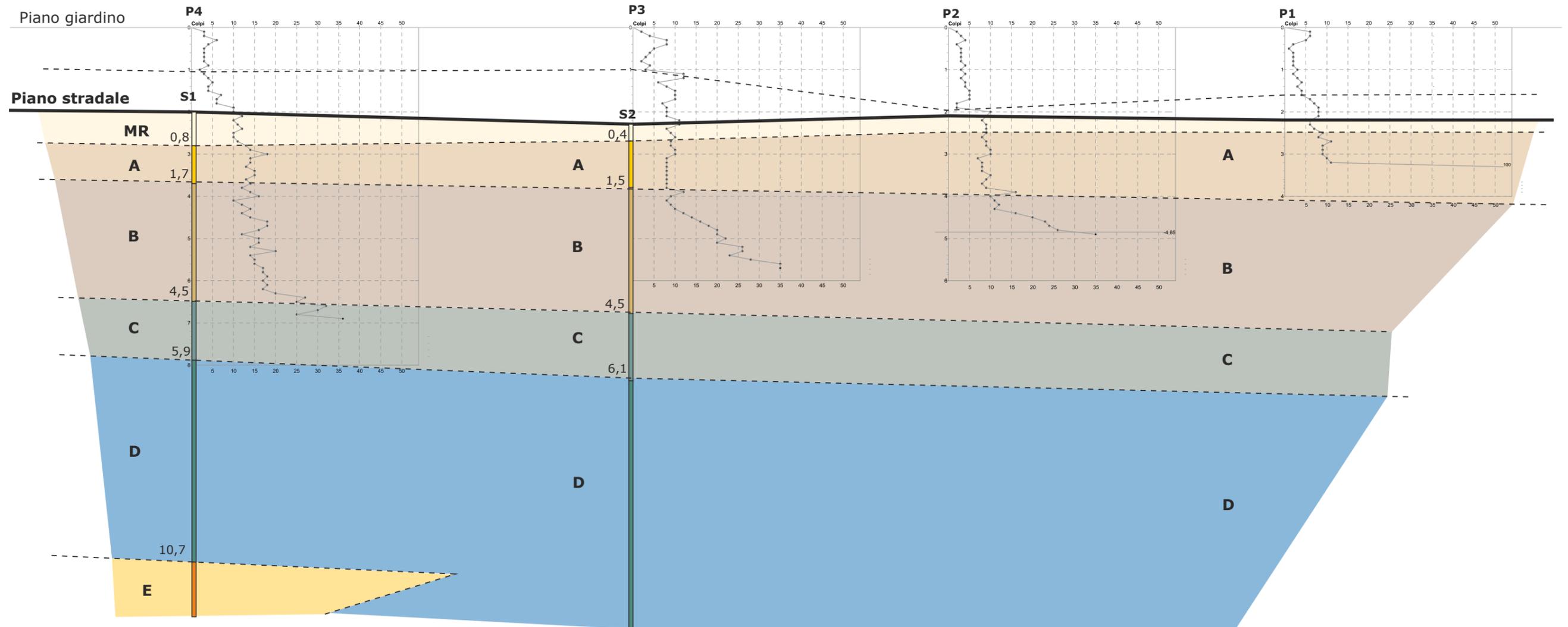
Profondità	Strat.		Cu	p	vc	C'	'	Dr	OCR	E ₂₅	M	
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-1,0	MR	18,3-18,5	-	26,5-27,5	24,0-24,2	5	25,0	15	-	10,0	12,0	0,278
1,0-3,8	A	18,3-18,6	-	27,0-28,0	24,0-24,2	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280
3,8-5,7	B	19,3-19,5	65-80	-	-	24,0	25,5	-	6,0	-	6,0-7,0	0,45

Prova P4_{mar'23}

Profondità	Strat.		Cu	p	vc	C'	'	Dr	OCR	E ₂₅	M	
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-1,8	MR	18,3-18,5	-	26,5-27,5	24,0-24,2	5	25,0	15	-	10,0	12,0	0,278
1,8-3,3	A	18,7-18,9	-	27,5-28,5	24,5-24,8	5	26,0	22-23	-	12,0	14,0	0,280
3,3-6,2	B	19,3-19,5	70-80	-	-	24,1	25,7	-	6,0	-	6,0-7,0	0,45
6,2-6,9	C	20,5-20,6	-	35,0-36,0	27,5-28,2	5	28,0	47-52	-	14,4	20,6	0,283

peso di volume; Cu coesione non drenata; p angolo di resistenza al taglio o di picco; vc angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr densità relativa; OCR grado di sovra-consolidazione; E₂₅ modulo di elasticità operativo (Young); M modulo di deformabilità; coefficiente di Poisson; c' = coesione drenata; ' = angolo di resistenza al taglio drenato. (* - I parametri drenati sono stati ricavati facendo riferimento a dati tabellati di terreni equivalenti a quelli presenti nel sito d'indagine dal manuale "Prove geotecniche in situ" di Alberto Bruschi, Dario Flaccovio Editore, e dal "Manuale del Geotecnico" di Maurizio Tanzini, Dario Flaccovio Editore).

Modello geologico locale: S1-S2
(piano stradale)



Profilo stratigrafico longitudinale (piano stradale)

Per la definizione del "modello geologico e di quello geotecnico" relativamente ai terreni che saranno interessati dalle strutture di fondazione e del manufatto in progetto è stato realizzato il profilo geologico stratigrafico della sezione trasversale al muro P3-S2 (misure riferite al piano stradale testa "S2"):

Profondità	Descrizione del litotipo
0,0-0,4	MR – Materiale di riporto, materiale di riempimento, sottofondo stradale;
0,4-1,5	A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. 1,75-2,0 Kg/cm ² ;
1,5-4,5	B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. 1,5-2,0 Kg/cm ² ; SPT1 tra 3,0 e 3,45 N = 3/7/9
4,5-6,1	C – Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato;
6,1-12,0	D – Limo argilloso, grigio-azzurro, da consistente a molto consistente; P.P. 2,0-2,5 Kg/cm ² ; SPT2 tra 6,1 e 6,55 m dal p.c. N = 3/8/12; SPT3 tra 9,0 e 9,45 m dal p.c. N = 5/10/14;

Nel piezometro realizzato nel foro del sondaggio S2 è stato possibile misurare il livello piezometrico a -10,30 m dal p.c. il giorno 16/03/2023.

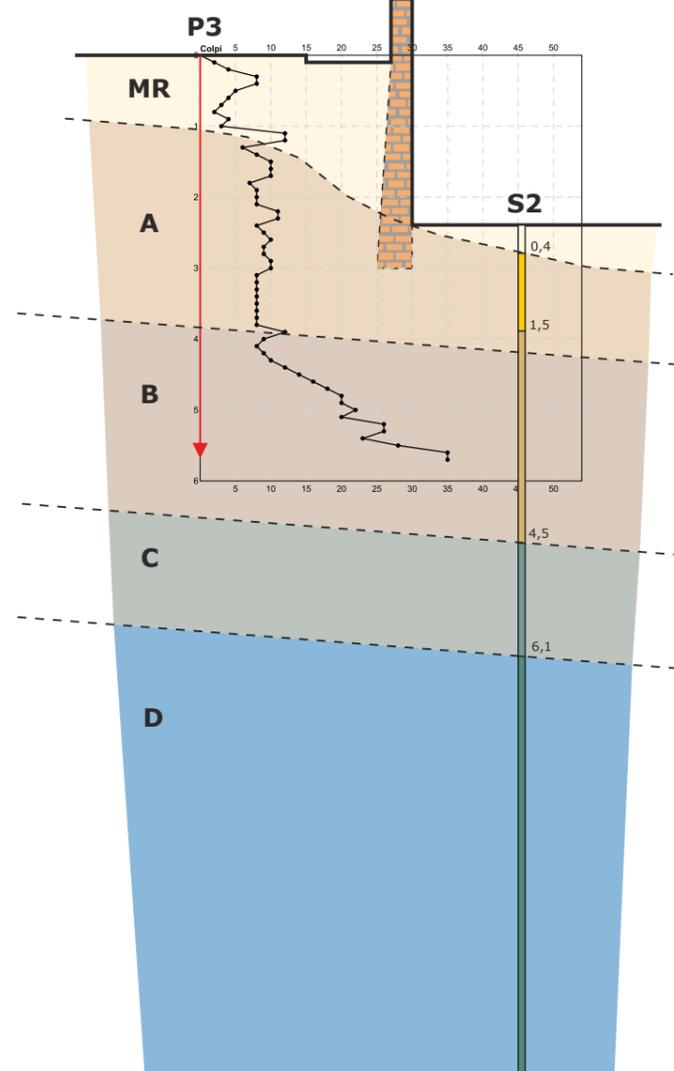
Schematizzazione litotecnica del sondaggio S2_{mar23}

Profondità m dal p.c.	Strat.	γ kN/mc	c_u kPa	ϕ °	ϕ_{vc} °	C' kPa	μ °	Dr %	OCR -	E_{25} Mpa	M Mpa	-
0,0-0,4	MR	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4-1,5	A	18,9	-	27,5	24,1	5	26,0	22	-	12,2	14,3	0,279
1,5-4,5	B	19,7	90	-	-	19,7	27,5	-	6,0	-	7,8	0,45
4,5-6,1	C	20,5	-	35,5	30,7	5	30,0	50	-	14,6	20,6	0,283
6,1-12,0	D	20,7	125	-	-	20,0	26,0	-	6,0	-	12,5	0,45

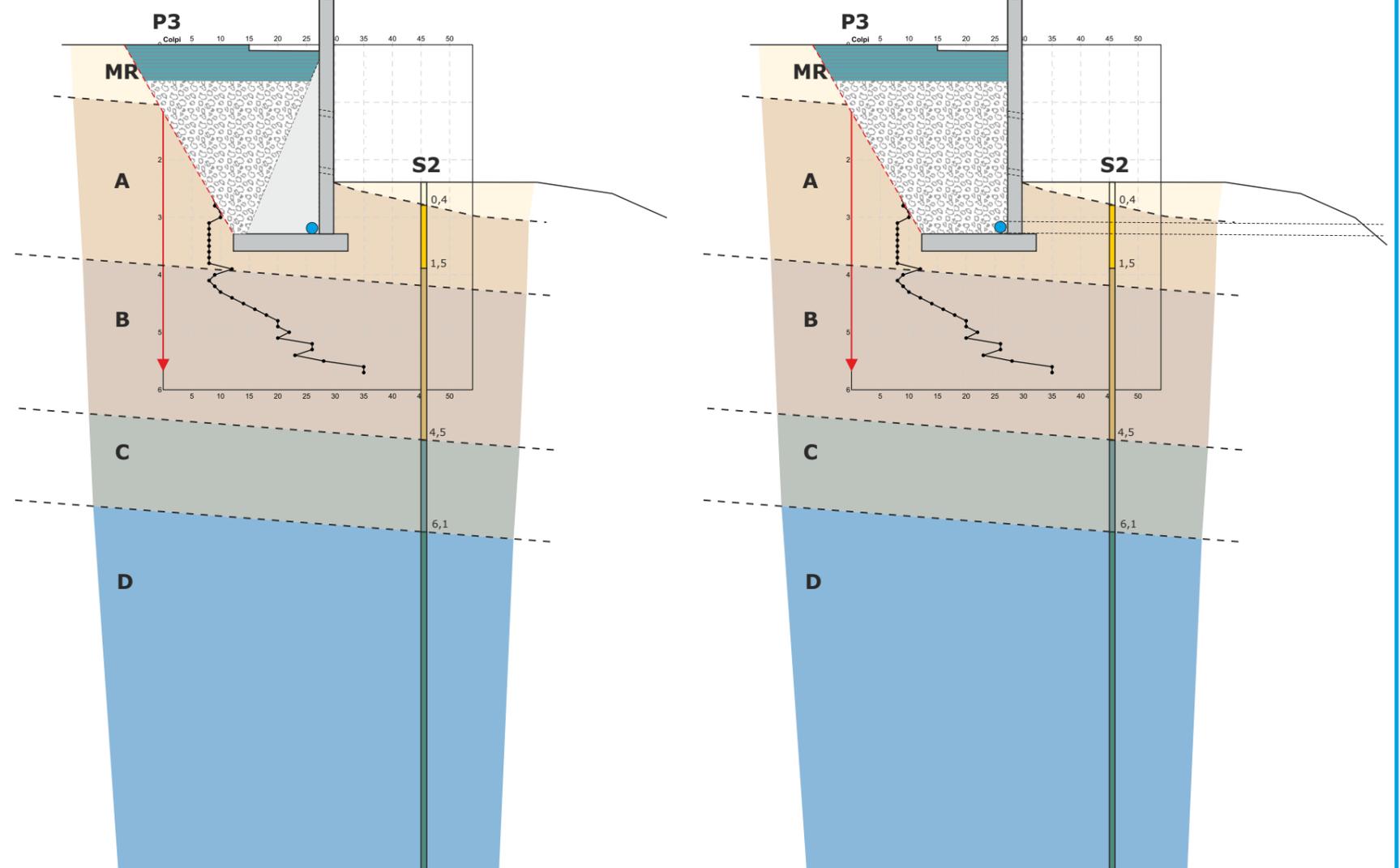
γ = peso di volume; c_u = coesione non drenata; ϕ = angolo di resistenza al taglio di picco; ϕ_{vc} = angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr = densità relativa; OCR = grado di sovra-consolidazione; E_{25} = modulo di elasticità operativo (Young); M = modulo di deformabilità; μ = coefficiente di Poisson; c' = coesione drenata; μ' = angolo di resistenza al taglio drenato.

Modello geologico e geotecnico di riferimento
con parametri geotecnici caratteristici
(1:100)

Schema stato attuale



Schema progettuale



Profilo stratigrafico trasversale (piano stradale)

Per la definizione del "modello geologico e di quello geotecnico" relativamente ai terreni che saranno interessati dalle strutture di fondazione e del manufatto in progetto è stato realizzato il profilo geologico stratigrafico della sezione trasversale al muro P3-S2 (misure riferite al piano stradale testa "S2"):

Profondità	Descrizione del litotipo
0,0-0,4	MR – Materiale di riporto, materiale di riempimento, sottofondo stradale;
0,4-1,5	A – Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. 1,75-2,0 Kg/cmq;
1,5-4,5	B – Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone -avana, consistente; P.P. 1,5-2,0 Kg/cmq; SPT1 tra 3,0 e 3,45 N = 3/7/9
4,5-6,1	C – Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato;
6,1-12,0	D – Limo argilloso, grigio-azzurro, da consistente a molto consistente; P.P. 2,0-2,5 Kg/cmq; SPT2 tra 6,1 e 6,55 m dal p.c. N = 3/8/12; SPT3 tra 9,0 e 9,45 m dal p.c. N = 5/10/14;

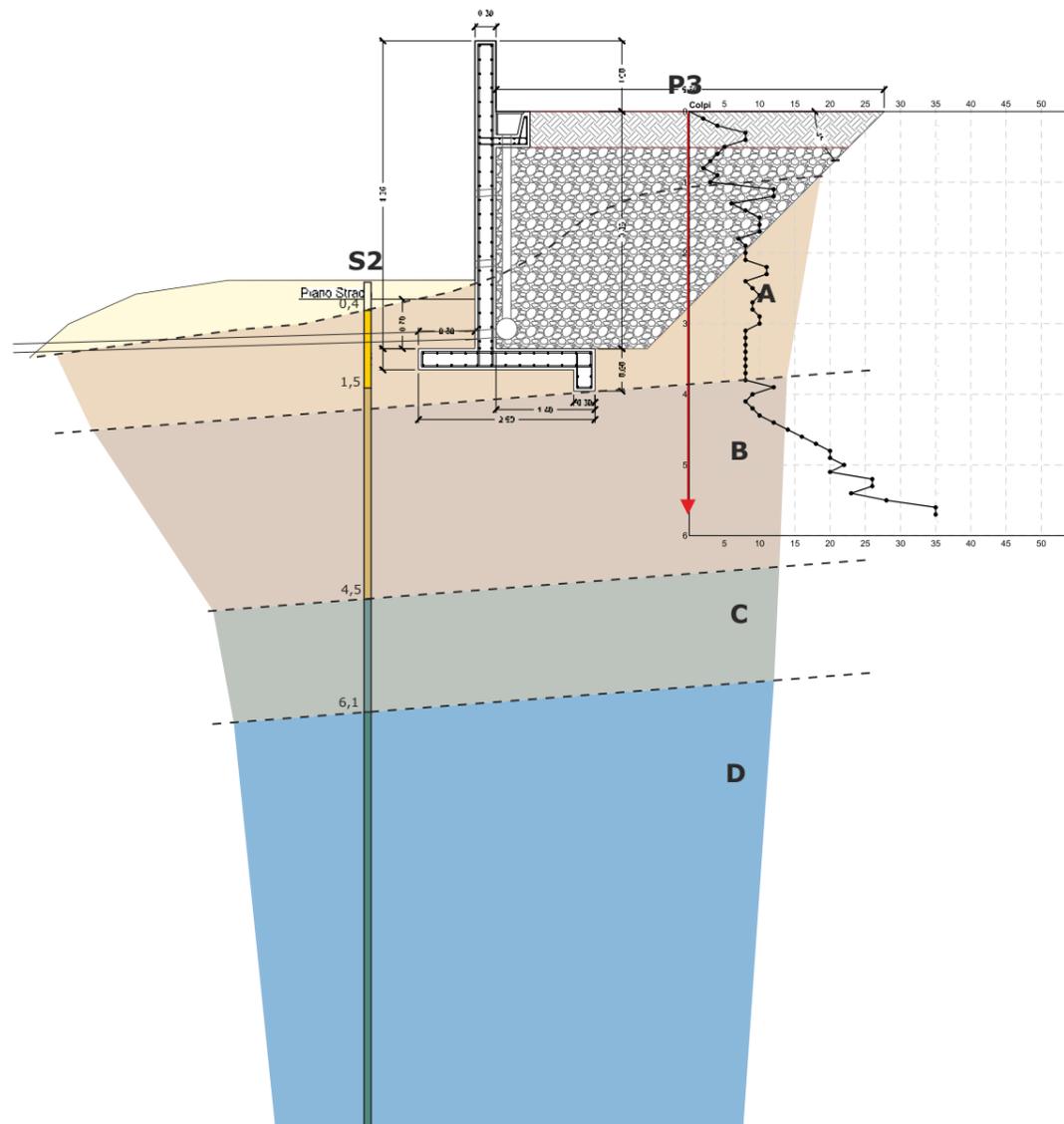
Nel piezometro realizzato nel foro del sondaggio S2 è stato possibile misurare il livello piezometrico a -10,30 m dal p.c. il giorno 16/03/2023.

Schematizzazione litotecnica del sondaggio S2_{mar23}

Profondità	Strat.		Cu	p	vc	C'	'	Dr	OCR	E ₂₅	M	
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-0,4	MR	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4-1,5	A	18,9	-	27,5	24,1	5	26,0	22	-	12,2	14,3	0,279
1,5-4,5	B	19,7	90	-	-	19,7	27,5	-	6,0	-	7,8	0,45
4,5-6,1	C	20,5	-	35,5	30,7	5	30,0	50	-	14,6	20,6	0,283
6,1-12,0	D	20,7	125	-	-	20,0	26,0	-	6,0	-	12,5	0,45

peso di volume; Cu coesione non drenata; p angolo di resistenza al taglio o di picco; vc angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr densità relativa; OCR grado di sovra-consolidazione; E₂₅ modulo di elasticità operativo (Young); M modulo di deformabilità; coefficiente di Poisson; c' = coesione drenata; ' = angolo di resistenza al taglio drenato.

Stato di progetto



Profilo stratigrafico trasversale (piano stradale)

Per la definizione del "modello geologico e di quello geotecnico" relativamente ai terreni che saranno interessati dalle strutture di fondazioni e del manufatto in progetto è stato realizzato il profilo geologico stratigrafico della sezione trasversale al muro P3-S2 (misure riferite al piano stradale testa "S2"):

Profondità	Descrizione del litotipo
0,0-0,4	MR - Materiale di riporto, materiale di riempimento, sottofondo stradale;
0,4-1,5	A - Limo argillo-sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. 1,75-2,0 Kg/cmq;
1,5-4,5	B - Limo argilloso, debolmente sabbioso, marrone-avana, consistente; P.P. 1,5-2,0 Kg/cmq; SPT1 tra 3,0 e 3,45 N = 3/7/9
4,5-6,1	C - Limo sabbioso, grigio-azzurro, mediamente addensato;
6,1-12,0	D - Limo argilloso, grigio-azzurro, da consistente a molto consistente; P.P. 2,0-2,5 Kg/cmq; SPT2 tra 6,1 e 6,55 m dal p.c. N = 3/8/12; SPT3 tra 9,0 e 9,45 m dal p.c. N = 5/10/14;

Nel piezometro realizzato nel foro del sondaggio S2 è stato possibile misurare il livello piezometrico a -10,30 m dal p.c. il giorno 16/03/2023.

Schematizzazione litotecnica del sondaggio S2_{mar'23}

Profondità	Strat.		Cu	p	vc	C'	'	Dr	OCR	E ₂₅	M	
m dal p.c.		kN/mc	kPa	°	°	KPa	°	%	-	Mpa	Mpa	-
0,0-0,4	MR	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4-1,5	A	18,9	-	27,5	24,1	5	26,0	22	-	12,2	14,3	0,279
1,5-4,5	B	19,7	90	-	-	19,7	27,5	-	6,0	-	7,8	0,45
4,5-6,1	C	20,5	-	35,5	30,7	5	30,0	50	-	14,6	20,6	0,283
6,1-12,0	D	20,7	125	-	-	20,0	26,0	-	6,0	-	12,5	0,45

peso di volume; Cu coesione non drenata; p angolo di resistenza al taglio o di picco; vc angolo di resistenza al taglio a volume costante; Dr densità relativa; OCR grado di sovra-consolidazione; E₂₅ modulo di elasticità operativo (Young); M modulo di deformabilità; coefficiente di Poisson; c' = coesione drenata; ' = angolo di resistenza al taglio drenato.

LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Mosè Montagnani
GEOLOGO

Rilievo fotografico del muro di contenimento



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Mosè Montagnani
GEOLOGO

Rilievo fotografico del muro di contenimento



Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI) e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

R.F.2

LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Rilievo fotografico del muro di contenimento



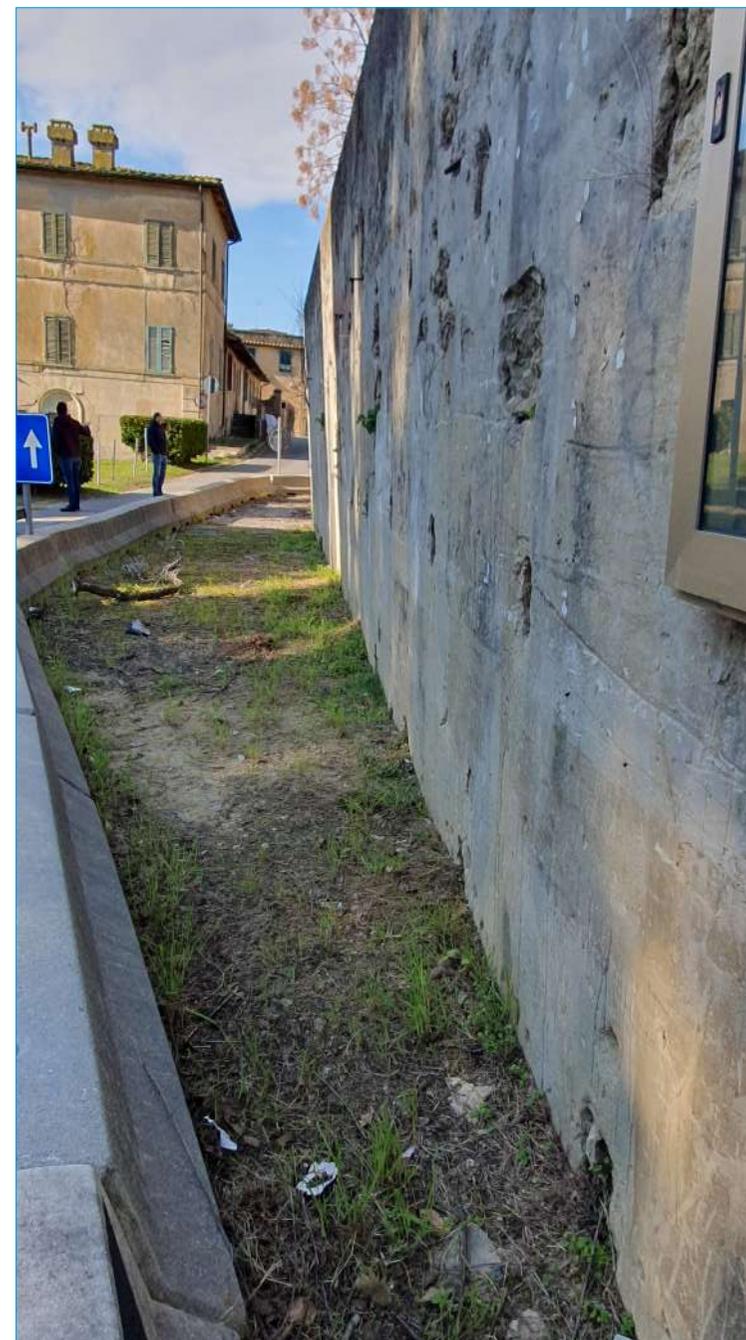
LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Mosè Montagnani
GEOLOGO

Rilievo fotografico del muro di contenimento



Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI) e-mail:m.montagnani@studigeologici.it



LAVORI DI RIPRISTINO DEL MURO DI CONTENIMENTO DEL GIARDINO STORICO DI NUGOLA - C.U.P. G32F22000370004: verifica delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione sia del muro di contenimento che quelle dei terreni spingenti presenti a monte del paramento murario, elaborazione della relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018

Rilievo fotografico della campagna geognostica

