



CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI
TRATTI DI SPONDE ED ALZAIE DEI NAVIGLI
MARTESANA, PAVIA E BEREguardo -
INTERVENTO PRIORITARIO "S1" - RIPRISTINO E
CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA
DEL NAVIGLIO IN COMUNE DI GIUSSAGO E
MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAIA
CUP: C48B24000300002

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA
E SISMICA

R0.4

DIRETTORE DELL'AREA RETE
DOTT. ING. MARCELLO MORETTI

PROGETTISTA
DOTT. ING. MARCELLO PABA

GRUPPO DI LAVORO
GEOM. ANDREA GABRIELE
GEOM. NIZAR ATIKI
GEOM. STEFANO CARRETTIN

EST TICINO VILLORESI
Consorzio di Bonifica

AREA RETE - SETTORE PROGETTI RETE CONSORTILE E IMMOBILI

Via L. Ariosto, 30 - 20145 Milano

www.etvilloresi.it - tel 02/48561301 - fax 02/48013031 - e-mail: info@etvilloresi.it

DATA

NOVEMBRE 2025

NOME FILE

PROGETTIANNO_2024/2024-19 - Consolidamento sponde
Naviglio di Pavia/08-Progetto Fattibilità Tecnica

CODICE PROGETTO

2024-19

REDATTO

CONTROLLATO

APPROVATO

REV.

DATA

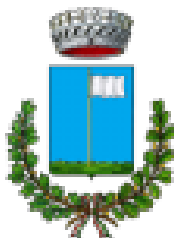
DESCRIZIONE MODIFICA

gNA

iMP

iMM

Dott. Marco Sala
GEOLOGO



COMUNE DI GIUSSAGO

Provincia di Pavia

**CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI TRATTI DI SPONDE ED ALZAIE
DEI NAVIGLI MARTESANA, PAVIA E BEREguardo**

C.U.P.: C48B24000300002

**LOTTO FUNZIONALE 2: NAVIGLIO DI PAVIA RIPRISTINO E
CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA DEL NAVIGLIO
IN COMUNE DI GIUSSAGO E MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAIA**

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA e SISMICA

Committente:

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

Area Tecnica – Settore O&M Rete consortile e Immobili – Servizio Progettazioni e immobili

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
Via Della Maiolica n.4 – 27057 Varzi (PV)
Tel. 340.5417043 – E-mail geol.marco.sala@gmail.com
PEC marco.sala@pec.epap.it
Ordine dei Geologi della Lombardia n.1574 AP
C.F. SLA MRC 83C01 F205S – P.IVA 02488590189

Redatto da:



Varzi (PV), luglio 2025

INDICE

1.0 Premessa.....	pag. 4
1.1 Normativa di riferimento.....>>	5
2.0 Stato di fatto e breve descrizione dell'intervento.....>>	6
3.0 Inquadramento geologico-geomorfologico.....>>	7
4.0 Inquadramento idrologico-idrogeologico.....>>	9
4.1 Reticolo idrografico superficiale.....>>	9
4.2 Assetto idrogeologico.....>>	9
4.2.1 Caratteri idrogeologici generali.....>>	9
4.2.2 Caratteri idrogeologici locali.....>>	11
5.0 Fattibilità - Vincoli Geologici, Idrogeologici e Idraulici.....>>	13
6.0 Indagini geognostiche.....>>	16
6.1 Prove penetrometriche.....>>	17
6.2 Campioni ambientali.....>>	17
6.3 Stendimento M.A.S.W.....>>	19
7.0 Caratterizzazione litostratigrafica.....>>	21
8.0 Caratterizzazione geotecnica.....>>	23
9.0 Caratterizzazione ambientale.....>>	25
9.1 Campioni ambientali di terreno.....>>	25
9.2 Analisi chimiche di laboratorio.....>>	26
9.2.1 Descrizione.....>>	26
9.2.2 Esiti.....>>	27
10.0 Caratterizzazione sismica.....>>	29
10.1 Rappresentazione ed interpretazione dei dati sismici.....>>	29
10.2 Caratteristiche macrosismiche dell'area.....>>	31
10.1.1 Pericolosità Sismica Locale (PSL).....>>	33
10.3 Definizione della pericolosità sismica di base.....>>	34
10.4 Categoria di sottosuolo e categoria topografica.....>>	35
10.5 Analisi di 2° livello.....>>	36
10.5.1 Effetti litologici - Stima del Fattore di Amplificazione F_a>>	36
10.6 Parametri sismici di riferimento.....>>	38
11.0 Valutazione del potenziale di liquefazione.....>>	41
12.0 Fondazioni – Scelta della tipologia e verifica della capacità portante.....>>	43
12.1 Cedimenti – S.L.E.....>>	45
12.2 Coefficiente di sottofondo.....>>	47
12.3 Stabilità degli scavi.....>>	48
13.0 Terre e Rocce da scavo.....>>	49

ALLEGATI

- Allegato 1 - Corografia generale con ubicazione area in esame
- Allegato 2 - Foto satellitare con ubicazione punti di indagine
- Allegato 3 - Grafici prove penetrometriche
- Allegato 4 - Rapporti di prova analisi chimiche
- Allegato 5 - Documentazione fotografica

1.0 Premessa

La presente relazione, redatta per conto del Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi, costituisce il supporto geologico-geotecnico e sismico preliminare al progetto dei lavori per il ripristino di un tratto della sponda sinistra del Naviglio Pavese, sito nel Comune di Giussago (PV). Lo studio è finalizzato alla definizione delle caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area e dell'assetto litostratigrafico e geotecnico nonché alla caratterizzazione sismica ed ambientale dei terreni di imposta delle strutture in progetto; in particolare lo scopo dell'indagine è quello di fornire al Progettista utili indicazioni circa il terreno di fondazione, in funzione dei carichi di esercizio e delle effettive condizioni litostratigrafiche del volume significativo di terreno interessato dalle nuove opere in progetto. Per tale scopo, oltre che tramite un rilievo morfologico e geologico dell'area, l'acquisizione diretta dei dati di campagna è avvenuta attraverso specifiche prospezioni geognostiche rappresentate da n.4 prove penetrometriche di tipo dinamico D.P.S.H. con contestuale prelievo di n.8 campioni ambientali di terreno da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio e da n.1 stendimento sismico M.A.S.W., eseguiti in data 27 giugno 2025. I dati raccolti sono stati integrati con quelli esistenti, derivanti da studi pregressi nella medesima zona ed in zone limitrofe, dalla letteratura di riferimento e dalla cartografia tecnica ufficiale. Pertanto, considerando gli obiettivi sopra esposti, l'indagine si è articolata attraverso la successione delle seguenti fasi:

- esame dei dati geologici ed idrogeologici pregressi della zona, disponibili tramite bibliografia;
- rilevamento morfologico-geologico-idrologico speditivo dell'area e del suo relativo intorno;
- esecuzione delle prospezioni geognostiche in situ (D.P.S.H. – M.A.S.W.), con prelievo campioni ambientali;
- caratterizzazione sismica del sito;
- ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni di fondazione con la definizione dei principali parametri geotecnici caratteristici;
- valutazione delle scelte progettuali in relazione alle possibili interazioni tra terreno e sovrastruttura;
- determinazione del carico limite fondazione-terreno e della resistenza di progetto agli SLU, stima dell'entità dei fenomeni di cedimento e del carico limite agli SLE.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato condotto in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente:

- D.M. LL.PP. 11.03.88 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*;
- D.M. LL.PP. 17.01.18 *“Norme tecniche per le costruzioni – Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n.1086, alla legge 2 febbraio 1974, n.64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n.380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n.136, convertito con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186”*;
- Circolare n.7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 21.01.19 *“Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018”*;
- Eurocodice 7 *“Progettazione geotecnica – parte I: Regole Generale (1997) – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – parte III: progettazione assistita con prove in sito (2002)”*;
- Eurocodice 8 (1998) *“Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”*;
- O.P.C.M. n.3519 28.04.06 *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*;
- Allegato al voto n.36 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici 27.07.07 *“Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”*;
- D.G.R. n. IX/2616 30.11.2011 *“Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374”*, pubblicata sul BURL n.50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012;
- D.P.R. n.120 13.06.2017 *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133, convertito, con modificazioni, della legge 11 novembre 2014, n.164”*;
- P.G.T. (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Giussago *“Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica”* - Dr. Geol. Daniela Barbano, dicembre 2009, aggiornamento giugno 2011.

2.0 Stato di fatto e descrizione dell'intervento

Il tratto del Naviglio Pavese in esame, compreso tra la progressiva chilometrica 18+000 e 19+000 si trova nella estrema porzione nord-occidentale del territorio comunale di Giussago, in un ambito caratterizzato da sparsi insediamenti rurali ed abitativi (fig. 1); esso risulta catastalmente compreso nel Foglio n.5 del Comune di Giussago.

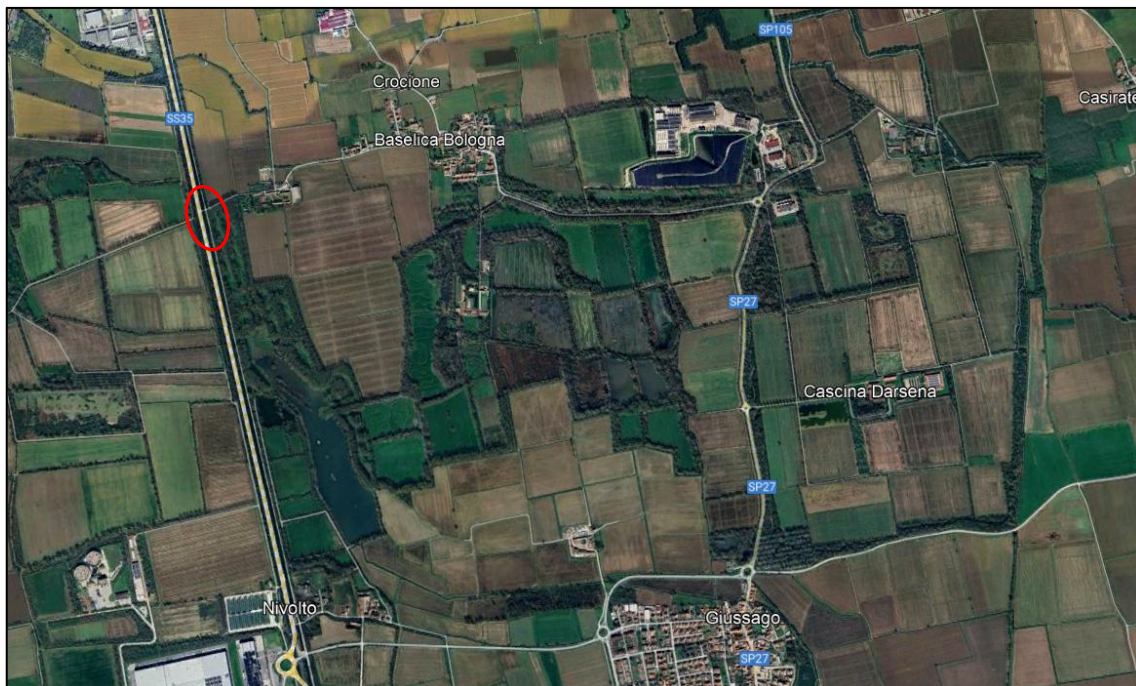


Figura 1: Foto satellitare con ubicazione area in esame (Google Earth).

Il progetto prevede il rifacimento del muro di sostegno della sponda sinistra per un tratto di canale della lunghezza di circa 200 metri, al fine di recuperare a pieno la sua efficienza. È prevista in particolare la realizzazione di un nuovo muro di sostegno in pietra e mattoni dell'altezza di circa 2.5 metri poggiante su una platea di fondazione in c.l.s. armato.

3.0 Inquadramento geologico-geomorfologico

L'area è inserita nel contesto della zona penepianeggiante facente parte della pianura padana Pavese compresa tra il fiume Ticino, che scorre a circa 10 chilometri in direzione Ovest/Sud-Ovest ed il fiume Lambro, che scorre a poco meno di 11 chilometri in direzione Nord-Est dalla stessa. Il territorio in esame presenta debole pendenza (2%) verso Sud/Sud-Est e risulta costituito dai sedimenti prevalentemente terrigeni Plio-pleistocenici che hanno colmato, per effetto dell'erosione della catena alpina ed appenninica, il Paleobacino Padano. Nello specifico l'assetto morfologico dell'area è tabulare con quote comprese tra circa 94÷95 metri s.l.m..

La successione stratigrafica del sottosuolo è rappresentata dai sedimenti appartenenti al sistema deposizionale plio-pleistocenico padano i cui termini basali (Pliocene-Pleistocene inf.), di origine marina, sono complessivamente costituiti da marne argillo-siltose e da argille siltose. Tali depositi, reperibili a profondità decisamente elevate, risultano dal punto di vista strutturale essere interessati, localmente, da pieghe e faglie. Su di essi poggia la sequenza continentale (Pleistocene medio sup. - Olocene) formata dalla successione "Villafranchiana", costituita da depositi ambiente palustre-lacustre a bassa energia, litologicamente caratterizzati da un complesso limoso argilloso intercalato da ricorrenti livelli sabbiosi (Braga, Cerro e Pilla, 1998) e dal "materasso alluvionale", rappresentato da depositi di origine fluviale e fluvioglaciale (Pleistocene medio-superiore) per lo più costituiti da ghiaie e sabbie, a cui si intercalano orizzonti limosi e argillosi.

Sulla copertura alluvionale, che rappresenta l'ultima fase della sedimentazione nel bacino Padano, è impostato il Ripiano Fondamentale della Pianura sul quale hanno poi agito i corsi d'acqua incidendone i depositi e modellandone la superficie. Le azioni erosive perpetrate principalmente dal F.Ticino ed in subordine dai corsi d'acqua minori come il fiume Lambro, hanno prodotto profonde incisioni testimoniate dalle grandi scarpate di raccordo fra tardoglaciale würmiano ed Olocene.

Il contesto geologico di pertinenza è stato desunto dalla *Carta Geologica d'Italia* – Foglio 59 – PAVIA, scala 1:100.000 (fig. 2): l'area si colloca sulle "Alluvioni della superficie principale della pianura: Diluvium Recente - Q_{1r} ".

Litologicamente si tratta di depositi alluvionali quaternari di età pleistocenica (Diluvium) rappresentati dal punto di vista granulometrico da terreni essenzialmente fini in superficie (argille, limi, sabbie fini) e localmente grossolani in profondità (sabbie, ghiaietto e ghiaie), con possibile presenza di banchi limoso-argillosi.

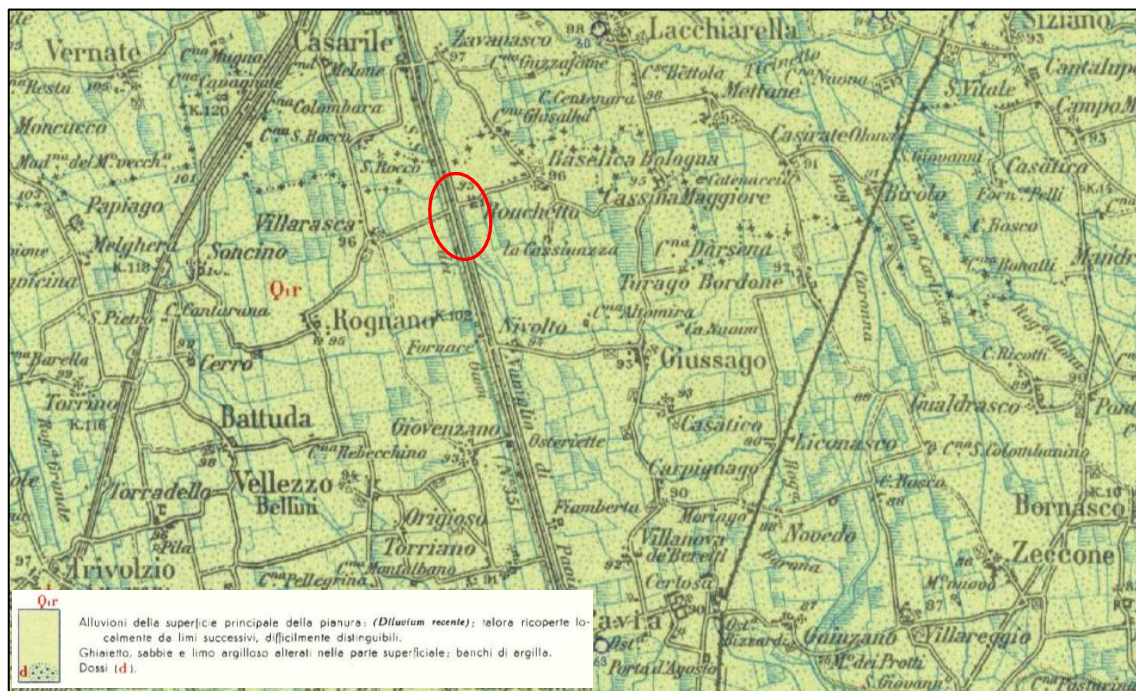


Figura 2: Estratto Carta Geologica d'Italia 1:100.000 - Foglio 59 Pavia.

A causa delle modalità di formazione dei depositi descritti, è comune osservare una locale variazione delle granulometrie, in senso sia verticale che orizzontale. A ciò si aggiungono le variazioni di origine antropica che hanno alterato l'assetto stratigrafico originario, almeno nei livelli più superficiali.

4.0 Inquadramento idrologico-idrogeologico

4.1 RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE

L'area in esame si colloca nella porzione di pianura compresa tra il fiume Ticino ad Ovest ed il fiume Lambro Meridionale ad Est, i quali alla latitudine di Giussago distano tra loro circa 21 chilometri. Il Ticino scorre in direzione NNO-SSE a circa 10 chilometri dall'area in questione, mentre il Lambro (quale "Lambro Meridionale"), a NE della stessa, arriva ad una distanza minima di circa poco meno di 11 chilometri.

In riferimento alle fasce fluviali relative alla cartografia P.A.I., l'area in esame risulta esterna alle tre fasce fluviali individuate (fascia A - porzione dell'alveo che è sede di deflusso in caso di piena ordinaria, fascia B - area di esondazione protetta da opere di difesa, fascia C - area di inondazione per piena catastrofica). Più nel dettaglio tale porzione di pianura risulta caratterizzata dalla presenza di una fitta rete di rogge e canalizzazioni ad uso agricolo irriguo asservite alla produzione in particolare di mais e grano; tra queste si segnala la Roggia Bareggia che scorre parallelamente al Naviglio Pavese oltre l'alzaia ed il Cavo Grisetta a breve distanza, oltre ad una serie di fossi e rogge minori.

Inoltre poco a Sud-Est dell'area (1.5 km) si segnala la presenza di alcune depressioni sedi di cava per l'estrazione di inerti, verosimilmente ancora attive, il cui fondo risulta pressoché costantemente allagato anche nei periodi non particolarmente piovosi stando ad indicare la venuta a giorno della prima falda.

4.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO

4.2.1 Caratteri idrogeologici generali

Sulla base dei dati riscontrati in bibliografia, in questa porzione di pianura il sottosuolo risulta costituito da sedimenti che appartengono al sistema deposizionale continentale-padano, il quale, sostenuto di sedimenti di origine marina (marne argilloso-limose), è articolato in due sequenze litostratigrafiche principali sovrapposte e di origine continentale, quella inferiore del Villafranchiano e quella superiore alluvionale pleistocenica.

La prima, di origine palustre-lacustre, è litologicamente costituita da un complesso limo-argilloso, al cui interno si osservano spesso livelli sabbiosi, mentre la seconda comprende sedimenti depositatisi in ambiente fluviale (Pleistocene medio-superiore), costituiti soprattutto da ghiaie e sabbie, intercalate ad orizzonti limosi e argillosi.

Lungo le principali incisioni fluviali si rinvencono infine orizzonti di spessore decisamente inferiore ai precedenti, sempre di natura continentale formati da ghiaie, sabbie e limi dal modesto sviluppo verticale (alluvioni antiche e recenti oloceniche).

Dal punto di vista idrogeologico l'intera sequenza deposizionale descritta può essere suddivisa in tre unità principali:

- materasso alluvionale;
- successione villafranchiana;
- basamento sedimentario marino.

La prima unità è sede dei serbatoi idrici di maggiore importanza, sia per la loro estensione che per la loro elevata trasmissività ed in genere all'interno di essa è possibile distinguere una falda freatica, caratterizzata da una soggiacenza soggetta a sensibili variazioni stagionali e che può, come nel caso della zona in esame, attestarsi anche a pochi metri dal piano campagna, e diversi acquiferi più profondi che ospitano falde con un regime di artesianità. Più nel dettaglio la porzione superficiale del materasso alluvionale è caratterizzata dalla prevalenza di litotipi sabbiosi, con locali intercalazioni di lenti argilloso-limose le quali permettono la formazione di orizzonti freatici sospesi che, in funzione dei locali assetti litostratigrafici, si posizionano a profondità varie, spesso anche a pochi metri dal piano campagna. Tali orizzonti sospesi traggono la propria alimentazione dalla locale infiltrazione superficiale (acque di precipitazione meteorica ed acque irrigue) ed hanno generalmente un flusso diretto verso meridione, anche che localmente esso risulta condizionato dalle presenza delle principali incisioni fluviali che svolgono funzione drenante.

Più in profondità è presente una potente (50÷60 metri) sequenza di depositi sabbiosi con locali livelli ghiaiosi la quale ospita un acquifero a pelo libero (falda freatica di "fondo") di notevole importanza sia per il suo spessore che per la sua estensione areale; tale sequenza poggia su un orizzonte impermeabile continuo costituito da sedimenti argillosi compatti.

A profondità comprese tra 80 metri circa e 200 metri circa si rinvennero almeno quattro acquiferi artesiani di potenza anche pluridecimetrica e caratterizzati da una buona continuità laterale.

La sottostante unità del Villafranchiano è arealmente meno estesa, ma ha grande sviluppo verticale ed è sede di un secondo serbatoio idrico separato da quello ospitato nei depositi alluvionali da una potente sequenza argillosa ed argilloso-limosa. Qui gli acquiferi sono contraddistinti da un regime idrodinamico artesiani i quali possiedono un moto di movimento delle acque fortemente condizionato dalle strutture sepolte modellate sul basamento marino; quest'ultima unità risulta caratterizzata da un comportamento pressoché impermeabile.

4.2.2 Caratteri idrogeologici locali

Dal punto di vista idrogeologico locale, l'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di una prima falda freatica sita a profondità di ordine metrico dal piano campagna, come già espresso regolata principalmente dalle pratiche agricole irrigue nelle campagne circostanti l'abitato di Corsico ed in subordine dagli afflussi meteorici stagionali.

Nella *Carta d'inquadramento idrogeologico* allegata allo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale e redatta dal Dott. Geol. Daniela Barbano, dicembre 2009 (fig. 3), la soggiacenza della falda in corrispondenza dell'area è segnalata a quote assolute comprese tra 92 e 94 metri s.l.m., corrispondenti a profondità di circa 1.0÷2.0 metri dal piano campagna.

Durante l'esecuzione delle indagini in sito (luglio 2025) è stato possibile riscontrare direttamente la presenza di acqua in corrispondenza dei fori di prova a profondità di circa -1.0 metri dal piano campagna; tale dato è verosimilmente influenzato dalla presenza di acqua all'interno del Naviglio Pavese in quanto il livello dell'acqua nel canale risultava circa un metro inferiore rispetto alla sommità della sponda.

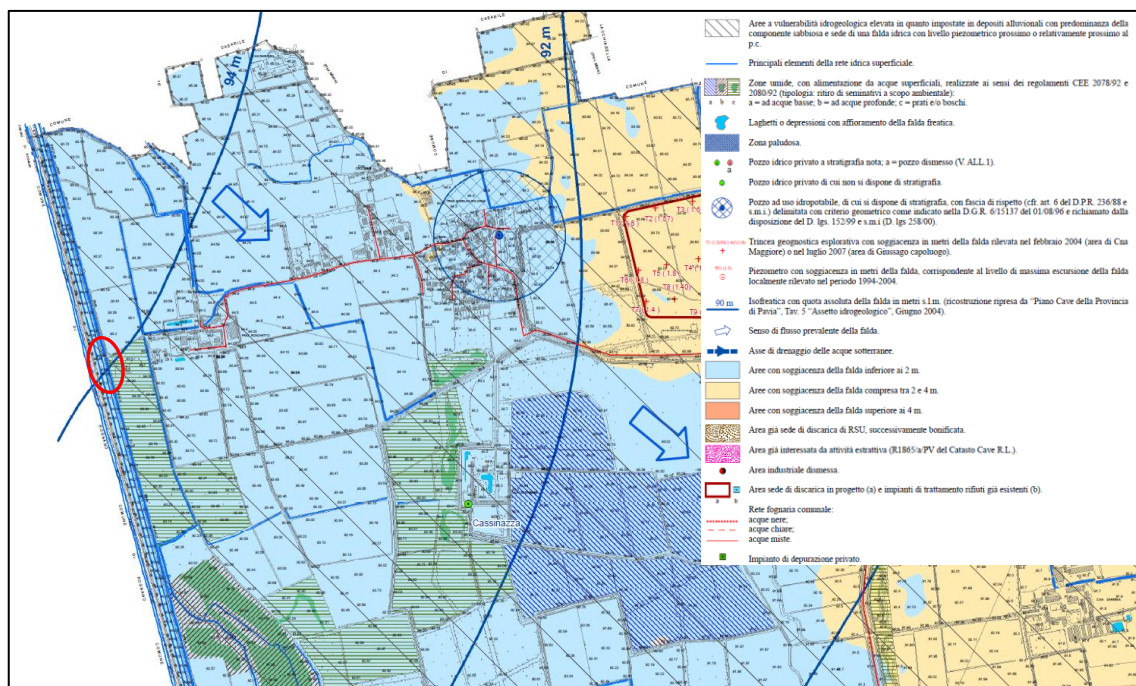
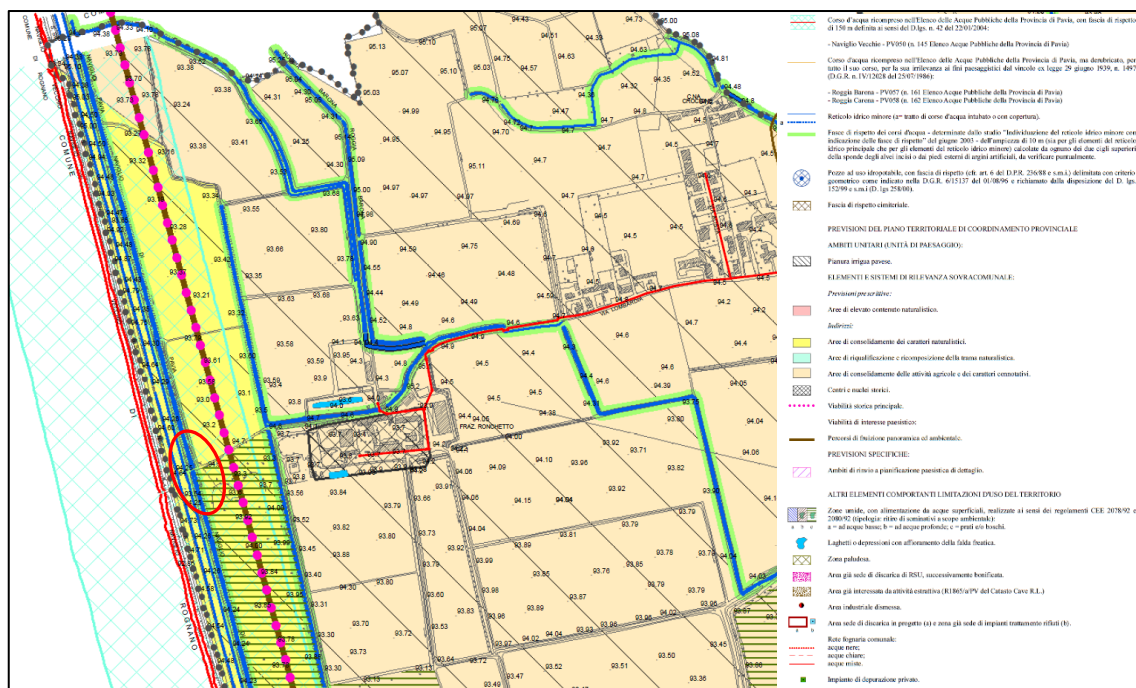


Figura 3: Estratto Carta d'inquadramento idrogeologico (P.G.T. Comune di Giussago).

Infine, nel settore in oggetto, secondo l'elaborazione analizzata, tale falda presenta una direzione generale di flusso con direttrice disposta in senso Nord-Ovest/Sud-Est, che risulta solo localmente debolmente condizionata da limitati abbassamenti dovuti all'attività di emungimento delle acque di falda da parte dei pozzi a servizio delle attività industriali ed agricole, condizioni che in ogni caso non determinano importanti zone di depressione della superficie piezometrica.

5.0 Fattibilità – Vincoli Geologici, Idrogeologici ed Idraulici

L'area in esame non ricade entro aree sottoposte a vincolo idrogeologico ma ricade entro aree sottoposte a vincolo idraulico, come riportato nella cartografia geologico-tecnica di riferimento: nella *Carta dei Vincoli e delle Limitazioni d'uso del territorio* (fig. 3) pertinente lo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale (Dr. Geol. Daniela Barbano, dicembre 2009), l'area risulta essere compresa nei vincoli di Polizia Idraulica pertinenti alle *“fasce di rispetto dei corsi d'acqua determinate dalla studio 'Individuazione del reticolo idrico minore con indicazione delle fasce di rispetto' del giugno 2003 dell'ampiezza di 10 m (sia per gli elementi del reticolo idrico principale che per gli elementi del reticolo idrico minore) calcolate da ognuno dei due cigli superiori delle sponde degli alvei incisi o dai piedi esterni di argini artificiali, da verificare puntualmente”*, per le quali valgono le norme vigenti di cui al R.D. 368/1904 (in particolare gli art. i 132, 133, 134, 135, 138) e R.D. 523/1904 (in particolare gli artt. 59, 96, 97, 98).



Nella cartografia *P.G.R.A.-Po* (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po), redatta in riferimento al D.Lgs. n.49 del 23.02.2010 ed attuativo della Direttiva Europea 2007/60/CE, revisione 2020 (fig. 5) il sedime risulta esterno alle aree allagabili individuate con scenari di pericolosità P1-L, P2-M e P3-H e conseguentemente alle aree a rischio R1, R2, R3 ed R4.



Figura 5: Estratto cartografia *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Po* (Geoportale della Lombardia).

Nella *Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano* (fig. 6) l'area in esame è classificata nella Classe 4 di Fattibilità Geologica, "fattibilità con gravi limitazioni" la quale *"include le zone che ricadono nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua ai sensi della D.g.r. n. 7/77868 del 25.01.2002, punti 3 e 5.1 e successive modificazioni. Nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua, che sono quelle indicate dallo studio 'Individuazione del reticolo idrico minore con indicazione delle fasce di rispetto' e quelle del Naviglio Vecchio e del Naviglio di Pavia, non definite da tale studio (e non riportate sulla carta dei vincoli e delle limitazioni e su quella di sintesi) vigono i vincoli di polizia idraulica e le normative stabilite dalla sopracitata D.g.r.. In particolare, si ricorda che nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua è fatto divieto di realizzare fabbricati anche se totalmente interrati, ivi comprese le recinzioni in muratura che si elevino oltre la quota del piano campagna."*

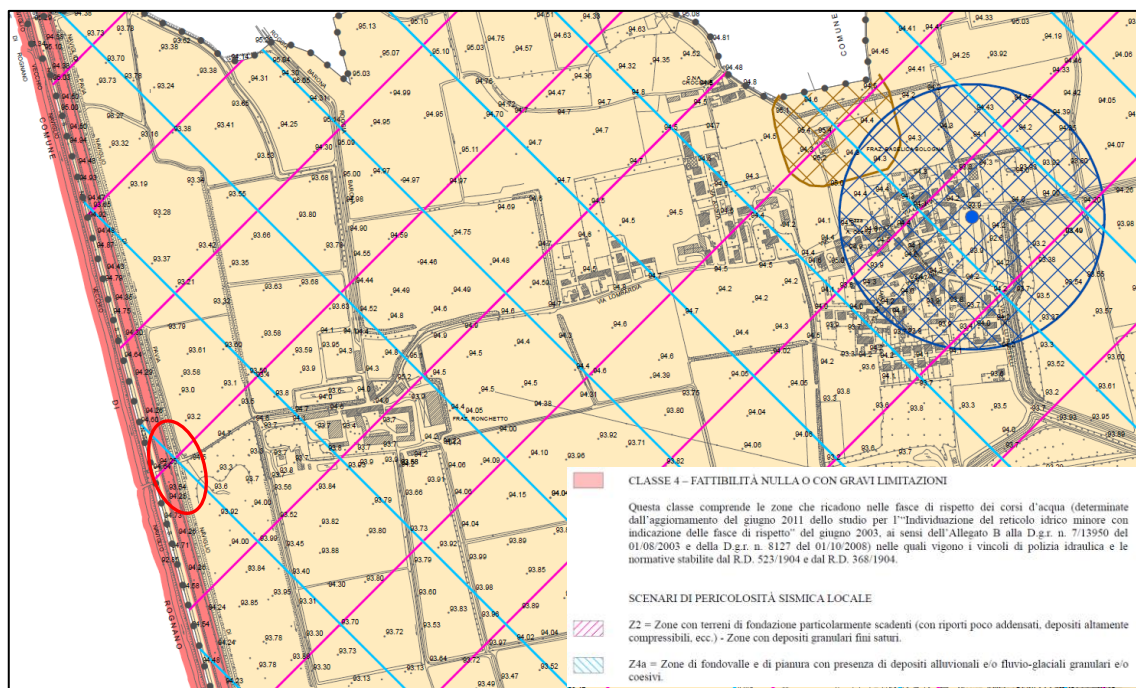


Figura 6: Estratto Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (P.G.T. Comune di Giussago).

In conclusione, considerando che l'intervento in progetto comporterà di fatto una messa in sicurezza della sponda dell'esistente canale, dal punto di vista della fattibilità geologica generale l'area è giudicata idonea ad accogliere l'intervento di programmato, fatte salve le prescrizioni di carattere geologico-geotecnico che verranno indicate nei paragrafi successivi, sulla base delle indagini puntuali svolte in sito.

6.0 Indagini geognostiche

Il programma di indagine, definito su disposizioni della spett. Committenza rappresentata dal Geom. Andrea Gabriele e dall'Ing. Marcello Paba, ha comportato le seguenti operazioni:

- n.4 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. (Dynamic Probing Super Heavy) tutte spinte fino alla profondità di -12.00m (P1, P2, P3 e P4) dalla quota dell'attuale piano della sponda;
- prelievo di n.8 campioni ambientali di terreno (n.2 campioni per ciascuna prova);
- n.1 base sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) della lunghezza complessiva di 60.0m (L1).

Di seguito si riporta la foto satellitare con l'ubicazione delle indagini (fig. 7) e successivamente se ne illustrano i dettagli e le modalità esecutive.



Figura 7: Foto satellitare con ubicazione punti di indagine.

6.1 PROVE PENETROMETRICHE

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un penetrometro semovente statico-dinamico PAGANI modello TG 63-150, dotato di opportuni elicoidi di ancoraggio e punta meccanica Begemann per le prove statiche e di apposito maglio a sgancio automatico per le prove dinamiche.

L'esecuzione delle prove dinamiche ha comportato la verifica del numero di colpi N del maglio necessari per infiggere verticalmente nel terreno, per intervalli consecutivi della lunghezza di 20 cm, l'apposita punta conica collegata ad una batteria di aste. Le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura in modalità dinamica sono le seguenti:

<i>Peso della massa battente</i>	<i>63.5 Kg</i>
<i>Altezza di caduta</i>	<i>75 cm</i>
<i>Superficie della punta</i>	<i>20 cm²</i>
<i>Diametro della punta</i>	<i>51 mm, con conicità 90°</i>
<i>Diametro delle aste</i>	<i>32 mm</i>
<i>Peso delle aste</i>	<i>6.31 Kg/m</i>
<i>Passo infissione</i>	<i>20 cm</i>

I risultati riscontrati in campagna vengono visualizzati attraverso grafici che riportano per ogni verticale di prova:

- il numero di colpi N_{20} necessari per avanzamenti della punta di 20 cm;
- i valori di resistenza dinamica alla punta (R_{pd}) assimilabili ai valori di R_p .
- i valori di resistenza N_{SPT} ricavati dai valori di N_{20} tramite la correlazione $N_{SPT} = 1.47 \cdot N_{20}$.

6.2 CAMPIONI AMBIENTALI

Per poter caratterizzare chimicamente i terreni, durante l'esecuzione delle prove sono stati prelevati campioni di terreno alle profondità indicate dalla Committenza (vedi tabella 1). In funzione del set analitico previsto per ogni prova è stato prelevato l'opportuno campione.

Per l'acquisizione dei campioni è stato impiegato un penetrometro semovente statico-dinamico PAGANI modello TG 63-200, dotato di apposito maglio a sgancio automatico.

Il campionamento è avvenuto a percussione con avanzamento a secco, tramite il medesimo maglio utilizzato per l'esecuzione prove dinamiche, di apposito campionatore in acciaio in cui è racchiusa una fustella in polycarbonato trasparente ed i prelievi pertanto sono avvenuti in singola aliquota mediante apposite fustelle (tipo GEOPROBE).



Figura 8: Fustella campionatrice in polycarbonato trasparente.

L'avanzamento a secco, ovvero senza l'ausilio di alcun fluido di perforazione, permette di mantenere inalterate le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni attraversati prevenendo nel contempo eventuali contaminazioni del sottosuolo.

Il sistema di campionamento direct-push ha pertanto previsto l'utilizzo del descritto campionatore aperto con carotaggio effettuato in continuo.

Al termine di ciascuna manovra, le aste vengono sfilate dal terreno tramite un rapido sistema di estrazione permettendo il recupero del campione, il quale viene restituito all'interno di una fustella in policarbonato trasparente che favorisce un'iniziale ispezione visiva (fig. 8); successivamente sono stati prelevati i previsti campioni ambientali puntuali per ogni punto di indagine, immediatamente inseriti in appositi contenitori in vetro precedentemente sterilizzati, con tappo a chiusura ermetica (campioni di terreno) ed infine etichettati.

Al termine di ciascun campionamento si è provveduto alla pulizia accurata di tutti gli strumenti utilizzati (setacci, teli, secchi e palette). I campioni sono stati immediatamente trasportati in appositi contenitori presso il laboratorio di analisi specializzato **MCM ECOSISTEMI S.r.l.**, con sede in Gariga di Podenzano (PC), loc. Faggiola, per le verifiche analitiche previste.

Nella tabella seguente si riporta l'elenco di tutti i campioni prelevati nel corso delle indagini con la loro denominazione e la relativa profondità di prelievo.

Punto di prova	Profondità di prelievo (m)	Denominazione campione
D.P.S.H. 1	0.0 ÷ 1.0	P1 (0.0-1.0 m)
	1.0 ÷ 2.0	P1 (1.0-2.0 m)
D.P.S.H. 2	0.0 ÷ 1.0	P2 (0.0-1.0 m)
	1.0 ÷ 2.0	P2 (1.0-2.0 m)
D.P.S.H. 3	0.0 ÷ 1.0	P3 (0.0-1.0 m)
	1.0 ÷ 2.0	P3 (1.0-2.0 m)
D.P.S.H. 4	0.0 ÷ 1.0	P4 (0.0-1.0 m)
	1.0 ÷ 2.0	P4 (1.0-2.0 m)

Tabella 1: Elenco campioni ambientali prelevati e relative profondità.

6.3 STENDIMENTO M.A.S.W.

L'acquisizione di campagna è stata condotta con il sismografo Pasi modello Gea 24 con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza). Sono stati utilizzati n.12 geofoni verticali da 4.5 Hz spazati di 5m con offset a 5m di distanza dal primo geofono, l'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 10 Kg.

Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (M.A.S.W.), il dataset è stato ottenuto mediante le seguenti modalità di acquisizione:

- Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)
 - n.12 geofoni verticali da 4.5 Hz
 - Energizzazione verticale su piastra quadrata in lega di alluminio

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASW 3C 7.2 beta e nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti scegliendo il più rappresentativo per le Onde di Rayleigh (ZVF). Una volta individuato il dataset da utilizzare è stato determinato lo spettro di velocità e successivamente è stata effettuata la modellazione.

È necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15%.

7.0 Caratterizzazione litostratigrafica

L'esame dei diagrammi di resistenza penetrometrica unitamente all'analisi di indagini geognostiche già eseguite nelle vicinanze dell'area di intervento hanno consentito di definire uno schema nel quale si identificano degli orizzonti litostratigrafici sovrapposti, aventi caratteristiche di resistenza alla penetrazione dinamica e parametri litologici e geomeccanici specifici.

Le variazioni dei parametri N_{20} ed R_{pd} , rilevate lungo le verticali di prova penetrometrica sono normalmente riconducibili sia a cambiamenti geolitologici e granulometrici dei terreni attraversati che al diverso stato di addensamento o consistenza degli stessi.

Con il ricorso a inevitabili schematizzazioni il modello litostratigrafico locale può essere così proposto:

LIVELLO I:

Limi sabbiosi debolmente argillosi da poco a mediamente addensati con locali ciottoli eterometrici, superficialmente sormontati e frammisti a materiali eterogenei di riporto; i valori caratteristici di N_{20} sono mediamente compresi tra **2 e 8**.

LIVELLO II:

Limi argillosi ed argille limose da molli a poco addensati, caratterizzati da valori di $N_{20}=1\div4$.

LIVELLO III:

Sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con ciottoli eterometrici in abbondante matrice fine argilloso-limosa, mediamente addensate, caratterizzate da $N_{20}=10\div15$ (**LIVELLO III-A**), passanti a ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose da mediamente addensate ad addensate con ciottoli eterometrici in più o meno abbondante matrice fine argilloso-limosa ed $N_{20}=15\div20$ (**LIVELLO III-B**).

Si precisa che la successione stratigrafica sopra illustrata deriva dalla interpretazione dei grafici penetrometrici, e quindi da valutazioni che potranno trovare conferma definitiva attraverso sondaggi a carotaggio continuo.

Con riferimento alla quota di inizio prova (corrispondente al piano campagna alla sommità della sponda alla data di esecuzione delle prospezioni), i rapporti stratigrafici nei diversi punti di indagine possono essere così schematizzati:

Punto di prova n°		P1	P2	P3	P4
Quota inizio prova		Sommità sponda SX			
Prof. da <u>piano prova</u> interfaccia strati (m)	I - II	-6.00	-6.40	-5.80	-6.20
	II - III-A	-8.20	-9.00	-7.80	-8.00
	III-A - III-B	-11.00	-10.40	-10.60	-10.80
Prof. fine prova (m da p. prova)		-12.00	-12.00	-12.00	-12.00

Tabella 2: Profondità interfacce strati riferite al piano campagna al momento delle prospezioni.

Durante l'esecuzione delle indagini in sito (luglio 2025) è stato possibile riscontrare direttamente la presenza di acqua in corrispondenza dei fori di prova a profondità di circa -1.0 metri dal piano campagna; tale dato è verosimilmente influenzato dalla presenza di acqua all'interno del Naviglio Pavese in quanto il livello dell'acqua nel canale risultava circa un metro inferiore rispetto alla sommità della sponda; in ogni caso, come precedentemente espresso, allo stesso modo nella *Carta Idrogeologica* allegata allo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale (Dr. Geol. Daniela Barbano, dicembre 2009), la superficie piezometrica è indicata a quote assolute comprese tra 92 e 94 metri s.l.m., corrispondenti a profondità di circa 1.0÷2.0 metri dal piano campagna.

8.0 Caratterizzazione geotecnica

La definizione dei parametri geotecnici che caratterizzano i livelli investigati è stata eseguita basandosi sui risultati delle prove realizzate in sito, utilizzando le principali correlazioni semi-empiriche e sperimentali note in letteratura. Partendo dai valori ottenuti (valori medi nominali) al modello litostratigrafico esposto al capitolo precedente si possono attribuire i valori caratteristici ai sensi del D.M.L.P.P. 17.01.2018 riportati nella seguente tabella.

LIVELLO		I	II	III-A	III-B
Comportamento geotecnico		incoerente	misto	incoerente	incoerente
Valori medio-minimi di N_{20}		3÷5	1÷2	10÷13	15÷18
Peso di volume secco γ [t/m ³]	γ_k stima della media	1.80	1.70	1.95	2.00
	γ_k stima del minimo	1.75	1.65	1.90	1.95
Peso di volume immerso γ_i [t /m ³]	$\gamma_{i,k}$ stima della media	0.80	0.70	0.95	1.00
	$\gamma_{i,k}$ stima del minimo	0.75	0.65	0.90	0.95
Densità relativa D_r [%]	D_{rk} stima della media	35.0	25.0	70.0	80.0
	D_{rk} stima del minimo	30.0	20.0	65.0	75.0
Coesione non drenata C_u [Kg/cm ²]	C_{uk} stima della media	-	0.40	-	-
	C_{uk} stima del minimo	-	0.30	-	-
Coesione efficace c' [Kg/cm ²]	c'_k stima della media	0.0	0.0	0.0	0.0
	c'_k stima del minimo	0.0	0.0	0.0	0.0
Angolo di attrito efficace ϕ' [°]	ϕ'_k stima della media	25.0	22.5	31.5	33.0
	ϕ'_k stima del minimo	24.0	21.5	30.0	32.0
Modulo Edometrico M [Kg/cm ²]	M_k stima della media	100.0	50.0	325.0	400.0
	M_k stima del minimo	80.0	35.0	275.0	350.0
Modulo Elastico E [Kg/cm ²]	E_k stima della media	150.0	100.0	375.0	450.0
	E_k stima del minimo	130.0	85.0	325.0	400.0
-Modulo Elastico non drenato E_u [Kg/cm ²]	$E_{u,k}$ stima della media	-	160.0	-	-
	$E_{u,k}$ stima del minimo	-	120.0	-	-
Coefficiente di Poisson ν	ν_k stima della media	0.30	0.35	0.25	0.20
	ν_k stima del minimo	0.35	0.40	0.30	0.25

Tabella 3: Valori caratteristici dei principali parametri geotecnici.

I valori sopra riportati sono stati determinati mediante una valutazione statistica cautelativa sia dei valori medi che dei valori minimi utilizzando il metodo di calcolo del 5° percentile:

- F_k (stima della media) = $\mu + t^{5\%} \cdot s / \sqrt{n}$
- F_k (stima del minimo) = $\mu \cdot [1 - 1.645 \cdot C.O.V.]$

μ = media dei valori; $t^{5\%}$ = t di student al 5° percentile; s = deviazione standard dei valori

n = numero di valori; C.O.V. = coefficiente di variazione pari a s / μ

Per la scelta dei parametri da utilizzare in fase di progettazione esecutiva si fa riferimento a quanto indicato nella Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 02.02.09 *“Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni”*, ovvero che è giustificato l'utilizzo dei valori caratteristici derivanti dall'approccio di calcolo statistico mediante la stima cautelativa dei valori medi quando l'opera interessa un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura stessa è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti, mentre si dovranno utilizzare quali valori caratteristici quelli derivanti dall'approccio di calcolo statistico mediante la stima cautelativa dei valori minimi nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni o nel caso in cui la struttura non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.

Nel caso in esame si ritiene plausibile utilizzare quali **valori caratteristici** quelli derivanti dall'approccio di calcolo statistico mediante **la stima cautelativa dei valori medi**, in quanto per il sostegno dell'opera in progetto sono previste come prima ipotesi fondazioni dirette a platea, fatto che permetterà il trasferimento delle azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti (resistenze compensate).

I parametri così derivati sono da considerare validi per gli scopi prefissati dalla presente indagine, per una loro definizione di maggior dettaglio sarà invece necessario ricorrere ad ulteriori e più specifiche indagini in sito ed analisi di laboratorio su campioni di terreno indisturbati.

9.0 Caratterizzazione ambientale

9.1 CAMPIONI AMBIENTALI DI TERRENO

Per poter caratterizzare chimicamente i terreni, durante le perforazioni sono stati prelevati campioni di terreno alle profondità ritenute significative (vedi tabella 4). In funzione del set analitico previsto per punto di prospezione è stato prelevato l'opportuno campione. Il prelievo è avvenuto in aliquota singola destinata al laboratorio MCM ECOSISTEMI S.r.l., con sede in Gariga di Podenzano (PC), Località Faggiola; i punti di prelievo ed il numero di campioni da prelevare sono stati stabiliti in modo da coprire in maniera ragionata l'area di indagine.

Le modalità esecutive sono state svolte secondo quanto previsto dalle normative ambientali vigenti e secondo quanto indicato nel presente elaborato. Le condizioni ambientali del sottosuolo sono state valutate, sia dal punto di vista visivo che olfattivo, già durante le operazioni di prelievo; successivamente sono stati prelevati i previsti campioni ambientali puntuali per ogni punto di indagine, immediatamente inseriti in appositi contenitori in vetro precedentemente sterilizzati, con tappo a chiusura ermetica (campioni di terreno) ed infine etichettati. Al termine di ciascun campionamento si è provveduto alla pulizia accurata di tutti gli strumenti utilizzati (setacci, teli, secchi e palette). I campioni sono stati immediatamente trasportati in appositi contenitori presso il laboratorio di analisi specializzato **MCM ECOSISTEMI S.r.l.**, con sede in Gariga di Podenzano (PC), loc. Faggiola per le verifiche analitiche previste. Nella tabella seguente si riporta l'elenco di tutti i campioni prelevati nel corso delle indagini con la loro denominazione, la relativa profondità di prelievo e la tipologia di analisi prevista.

Punto di prelievo	Profondità di prelievo (m)	Denominazione campione	Tipo analisi
P1	0.00 ÷ 1.00	P1 (0-1 m)	Metalli + C>12 + C≤12 + Amianto + BTEXS + IPA con confronto C.S.C. 152/06
	1.00 ÷ 2.00	P1 (1-2 m)	
P2	0.00 ÷ 1.00	P2 (0-1 m)	
	1.00 ÷ 2.00	P2 (1-2 m)	
P3	0.00 ÷ 1.00	P3 (0-1 m)	
	1.00 ÷ 2.00	P3 (1-2 m)	
P4	0.00 ÷ 1.00	P4 (0-1 m)	
	1.00 ÷ 2.00	P4 (1-2 m)	

Tabella 4: Elenco campioni ambientali prelevati, relative profondità e riferimento analisi eseguite.

9.2 ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO

9.2.1 Descrizione

Le analisi di laboratorio sui campioni di terreno prelevati hanno previsto il seguente set analitico, definito in accordo con la spett. Committenza:

- Residuo a 105 °C
- Sottovaglio 2cm
- Sottovaglio 2mm
- Arsenico
- Cadmio
- Cromo totale
- Cromo VI
- Rame
- Mercurio
- Nichel
- Piombo
- Zinco
- Idrocarburi leggeri C \leq 12
- Idrocarburi pesanti C $>$ 12
- BTEXS
- IPA
- Amianto

Gli esiti delle analisi di laboratorio sui campioni ambientali di terreno sono stati confrontati, sulla base della destinazione d'uso del sito di indagine, con i limiti normativi previsti dal D.lgs. 152/06 - Allegato 5 al Titolo V, Tabella 1, Colonna A "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" e Colonna B "siti ad uso commerciale e industriale".

I limiti previsti sono riportati nella tabella seguente.

PARAMETRI (TERRENI)	U.M.	D.Lgs. 152/06, All. 5 al Tit. V della Parte Quarta, Tabella 1	
		A per uso del suolo verde pubblico, privato e residenziale	B per uso del suolo comm./industriale
Arsenico	mg/kg	20	50
Cadmio	mg/kg	2	15
Cromo totale	mg/kg	150	800
Cromo VI	mg/kg	2	15
Rame	mg/kg	120	600
Mercurio	mg/kg	2	5
Nichel	mg/kg	120	500
Piombo	mg/kg	100	1000
Zinco	mg/kg	150	1500
Idrocarburi leggeri C _≤ 12	mg/kg	10	250
Idrocarburi pesanti C _{>} 12	mg/kg	50	750
Benzene	mg/kg	0.1	2
Etilbenzene	mg/kg	0.5	50
Stirene	mg/kg	0.5	50
Toluene	mg/kg	0.5	50
Xileni	mg/kg	0.5	50
Sommatoria organici aromatici	mg/kg	1	100
Benzo[a]antracene	mg/kg	0.5	10
Benzo[a]pirene	mg/kg	0.1	10
Benzo[b]fluorantene	mg/kg	0.5	10
Benzo[k]fluorantene	mg/kg	0.5	10
Benzo[g,h,i]perilene	mg/kg	0.1	10
Crisene	mg/kg	5	50
Dibenzo[a,e]pirene	mg/kg	0.1	10
Dibenzo[a,l]pirene	mg/kg	0.1	10
Dibenzo[a,i]pirene	mg/kg	0.1	10
Dibenzo[a,h]pirene	mg/kg	0.1	10
Dibenzo[a,h]antracene	mg/kg	0.1	10
Indeno[1,2,3-cd]pirene	mg/kg	0.1	5
Pirene	mg/kg	5	50
Sommatoria I.P.A.	mg/kg	10	100
Amianto	mg/kg	1000	1000

Tabella 5: Elenco parametri di riferimento dei campioni ambientali di terreno prelevati.

9.2.2 Esiti

Per quanto riguarda i terreni i risultati dimostrano, allo stato attuale, la compatibilità delle concentrazioni ricavate per tutti i campioni prelevati rispetto alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione previste sia per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale sia per i siti ad uso commerciale e industriale dal D.lgs. 152/06.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa dei risultati, mentre in allegato sono riportati i relativi rapporti di prova (All. 4).

Committente				Consorzio di Bonifica Est Ticino Villorresi							
Luogo di campionamento				Giussago (PV)							
Data di campionamento				27/06/2025							
Id. Campione				P1 0-1m	P1 1-2m	P2 0-1m	P2 1-2m	P3 0-1m	P3 1-2m	P4 0-1m	P4 1-2m
Rapporto di prova				4719	4720	4721	4722	4723	4724	4725	4726
Parametro	Udm	Lim A	Lim B	3994/25	3995/25	3996/25	3997/25	3998/25	3999/25	4000/25	4001/25
Arsenico	mg/kg (ss)	20	50	8.50	11.3	10.2	8.6	9.66	7.75	12.6	9.7
Benzene	mg/kg (ss)	0.1	2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	0.5	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	0.1	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	0.1	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	0.5	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	0.1	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	0.5	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	0.1	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	1	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Idrocarburi leggeri C=12	mg/kg (ss)	10	250	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	50	750	13	6.4	15	9.5	12	10	14	5.3
Cadmio	mg/kg (ss)	2	15	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Cobalto	mg/kg (ss)	20	250	5.60	7.11	7.31	9.64	7.72	7.72	9.16	10.2
Cromo totale	mg/kg (ss)	150	800	31.8	52.3	46.2	45.2	34.4	39.3	46.3	43.8
Crisene	mg/kg (ss)	5	50	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cromo VI	mg/kg (ss)	2	15	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Rame	mg/kg (ss)	120	600	20.9	21.6	18.4	23.8	18.3	17.6	15.9	19.4
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	0.1	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	0.1	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	0.1	10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Etilbenzene	mg/kg (ss)	0.5	50	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Mercurio	mg/kg (ss)	1	5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	0.1	5	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nichel	mg/kg (ss)	120	500	32.6	38.7	36.6	40.9	29.7	31.9	37.4	41.7
Piombo	mg/kg (ss)	100	1000	15.0	20.4	17.9	26.1	21.3	22.8	20.0	22.4
Pirene	mg/kg (ss)	5	50	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Scheletro	%	-	-	2.6	1.0	4.2	3.3	4.1	3.3	5.3	3.2
Selenio	mg/kg (ss)	3	15	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Stirene	mg/kg (ss)	0.5	50	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tallio	mg/kg (ss)	1	10	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Toluene	mg/kg (ss)	0.5	50	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Umidità	%	-	-	7.6	9.5	6.3	10.7	8.6	9.54	7.4	9.5
Vanadio	mg/kg (ss)	90	250	15.0	12.8	13.8	13.6	12.7	11.9	13.9	11.4
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	0.5	50	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Zinco	mg/kg (ss)	150	1500	41.2	46.7	39.7	41.8	36.3	40.2	41.5	36.5
Amianto (Crisotilo)	mg/kg (ss)	1000	1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)		-	-	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti

Tabella 6: Risultati analisi chimiche eseguite.

10.0 Caratterizzazione sismica

10.1 RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI SISMICI

Al fine di fornire i valori delle $V_{s,eq}$, necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata L1, di lunghezza pari a 60m con distanza intergeofonica pari a 5.0 metri.

L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in lega di alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata agli estremi dello stendimento ad una distanza di 5.0 metri ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione (fig. 9):

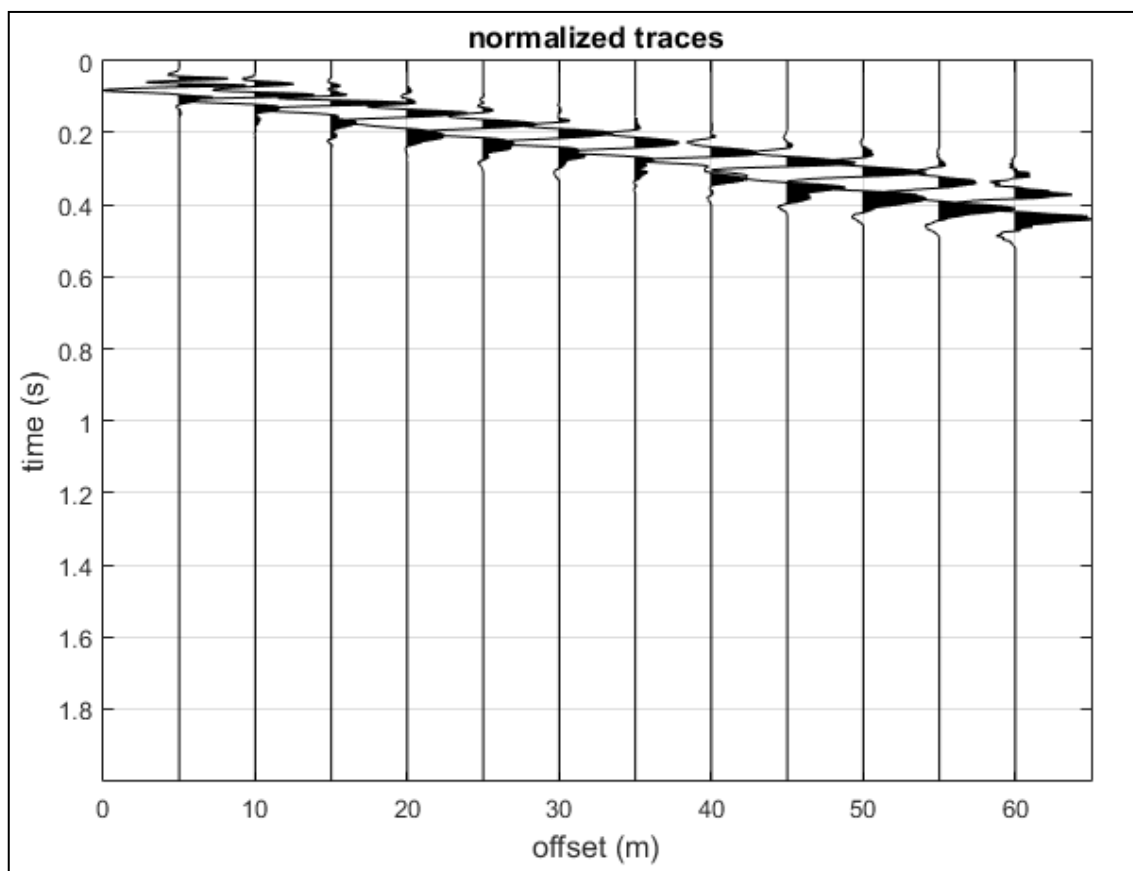


Figura 9: Sismogramma ZVF (onde Rayleigh) base sismica L1.

L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione (fig. 10) che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

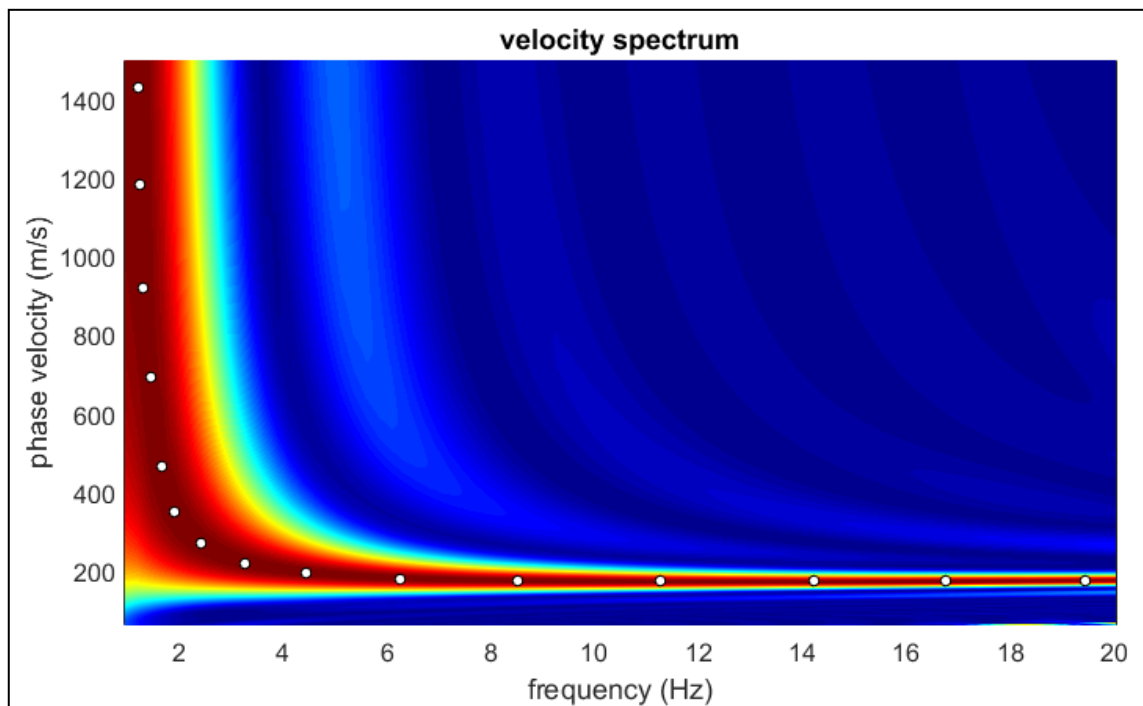


Figura 10: Spettro di velocità base sismica L1 con picking.

Dall'inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità, come indicato nella tabella seguente.

L1		
Spessore (m)	Profondità (m)	V_s (m/sec)
1.10	0.00-1.10	152
5.00	1.10-6.10	208
2.20	6.10-8.30	195
5.40	8.30-13.70	237
5.20	13.70-18.90	261
6.60	18.90-25.50	296
2.40	25.50-27.90	313
2.10	27.90-30.00	329

Tabella 7: Orizzonti individuati e relativi valori di V_s.

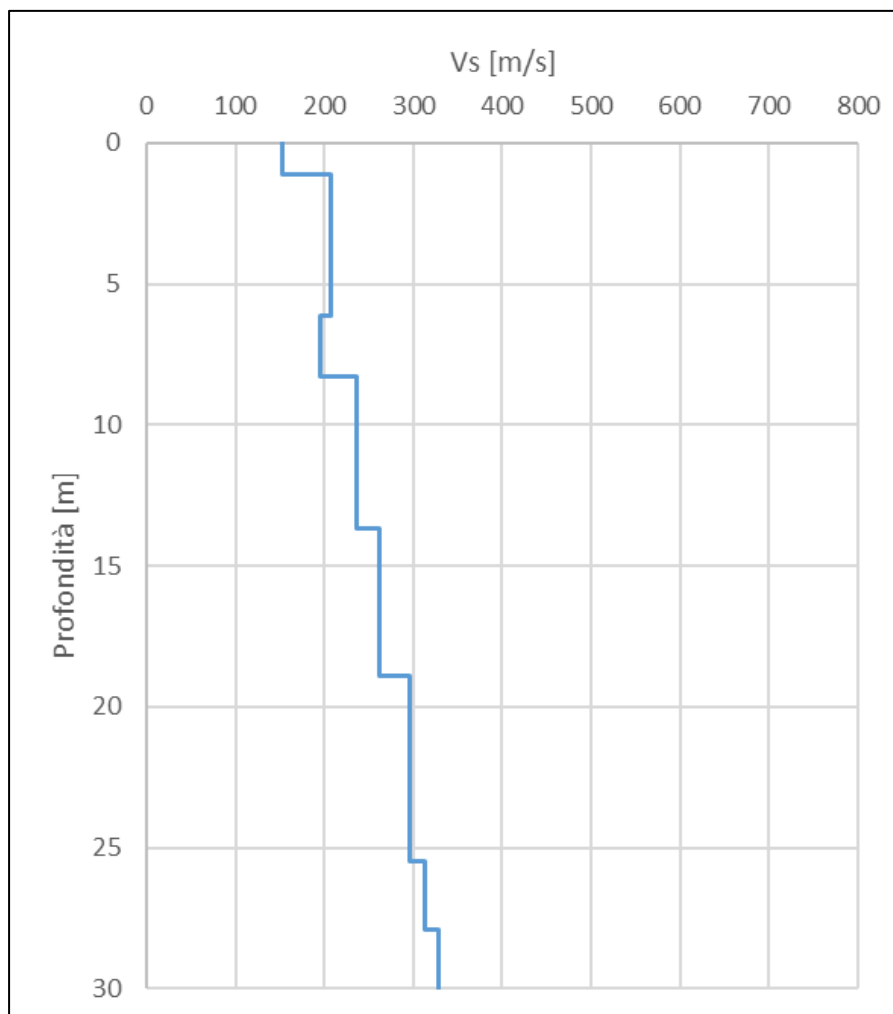


Figura 11: Diagramma delle velocità V_s riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1.

10.2 CARATTERISTICHE MACROSISMICHE DELL'AREA

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006 – *“Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”* riferita all'intero territorio nazionale, e recepita dalla Regione Lombardia tramite la D.G.R. n.X/2129 - 11.07.2014 il territorio comunale di Giussago risulta classificato in **zona sismica 3** a “sismicità bassa”, cui corrisponde un valore massimo di a_g pari a 0.15g (fig. 12).

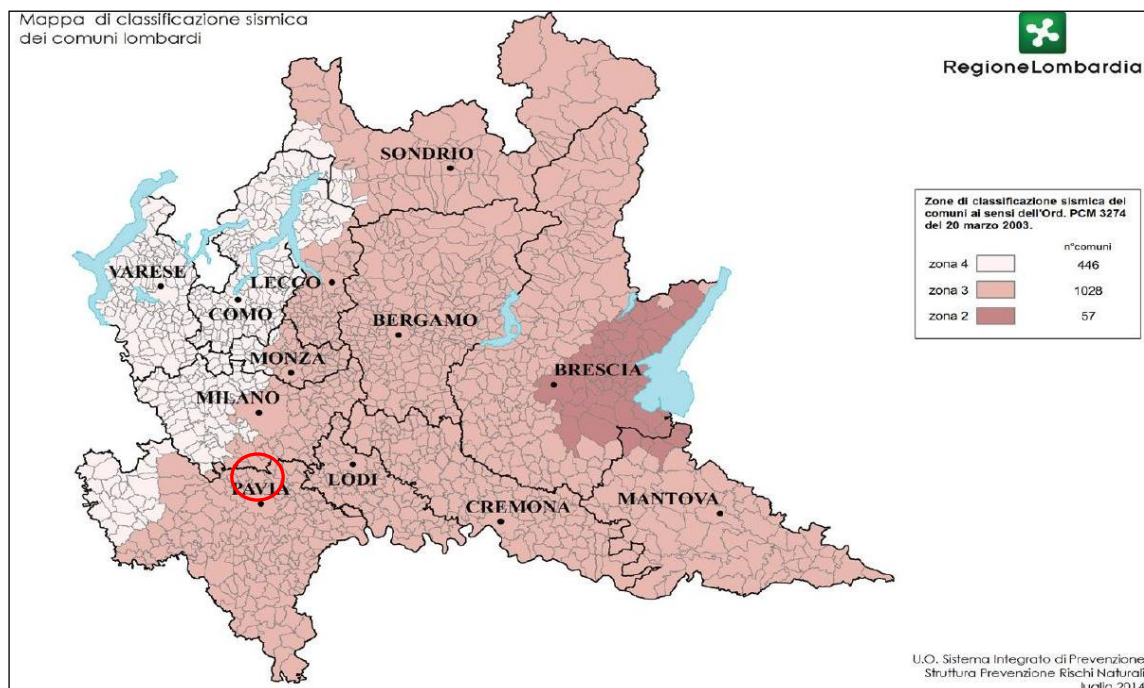


Figura 12: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia a seguito della D.G.R. n. X/2129.

Allo stesso modo i valori di a_g agli SLU dinamici, calcolati secondo il D.M. 17.01.2018 “*Norme tecniche per le costruzioni*” (e riportato nei successivi paragrafi) per le coordinate che identificano il sito ovvero lat. 45.30212° e long. 9.11338°, risulta compreso nel range $0.05 < a_g \leq 0.15g$ relativo alla **zona sismica 3** (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Allegato al Voto n.36 del 27.07.2007 – “*Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*”).

10.2.1 Pericolosità Sismica Locale (PSL)

L’area ricade interamente entro gli scenari di Pericolosità Sismica Locale Z2 “*zone con depositi granulari fini saturi*” e Z4a “*Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*”, come riportato nella carta della *Pericolosità Sismica Locale* pertinente lo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale (Dr. Geol. Daniela Barbano, dicembre 2009 - fig. 13).

Lo scenario Z2 è legato ad eventuali fenomeni di liquefazione e cedimenti del terreno mentre lo scenario Z4a è legato ad eventuali amplificazioni di sito di tipo litologico e geometrico e da normativa vigente, ricadendo il territorio comunale in Zona sismica 3, è richiesta una analisi con approfondimento di 2° livello per la determinazione dei fattori di amplificazione F_a .

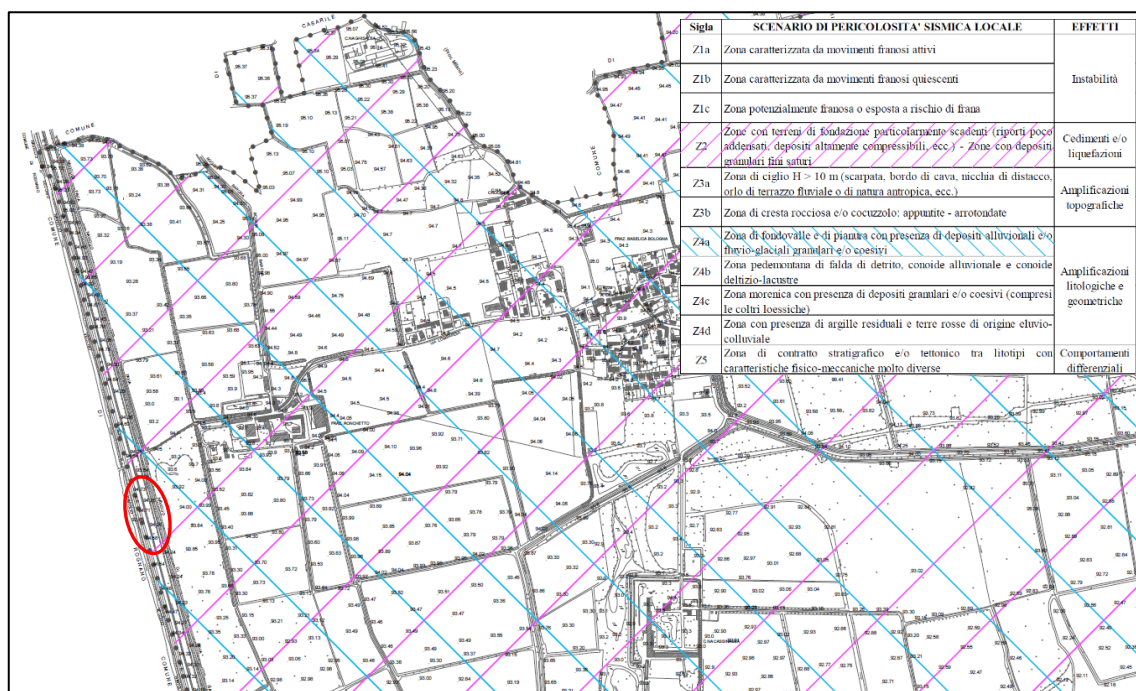


Figura 13: Estratto Carta della Pericolosità Sismica Locale (P.G.T. Comune di Giussago).

Al fine di stimare l'eventualità del fenomeno della liquefazione e l'entità dei fenomeni di cedimento sono stati svolti gli opportuni approfondimenti riportati negli appositi capitoli, mentre per la valutazione delle eventuali amplificazioni di tipo litologico/geometrico è stata realizzata in sito una base sismica M.A.S.W. le cui risultanze, riportate nei successivi capitoli unitamente alla descrizione delle modalità esecutive, hanno determinato i valori di F_a da confrontare con quelli di riferimento previsti dalla Regione Lombardia per il Comune di Giussago.

Pertanto, dal punto di vista della sismicità, l'area è giudicata idonea ad accogliere i previsti interventi edificatori, fatte salve le prescrizioni di carattere sismico che verranno indicate nei paragrafi successivi, sulla base della indagine puntuale svolta in sito.

10.3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La normativa prevede che le azioni sismiche di progetto agenti su una costruzione si definiscano a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, la quale è rappresentata dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_R espresso in anni) nel sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; tale probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” (P_{VR}).

Il D.M. 14.01.2008 ed il successivo D.M. 17.01.2018 hanno introdotto un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base la quale non risulta più associata alla zona sismica di appartenenza (criterio “zona dipendente”) ma viene definita mediante un approccio “sito dipendente”. Pertanto essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (free field) su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g	accelerazione orizzontale massima al sito;
F_0	valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
T^*_c	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alle NTC i suddetti valori vengono forniti in funzione delle coordinate geografiche del sito, per una griglia di punti prefissati sul territorio (*reticolo di riferimento*); per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi (siti di riferimento) del reticolo di riferimento tali valori si ottengono per interpolazione sui quattro vertici adiacenti.

Per la valutazione finale dell'azione sismica di progetto deve essere inoltre tenuta in considerazione la cosiddetta risposta sismica locale, peculiare delle condizioni stratigrafiche del sottosuolo e della morfologia della superficie topografica del sito in questione, le quali esercitano una diretta influenza sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Tale valutazione è conseguibile, con buona approssimazione, tramite la definizione della categoria di sottosuolo del terreno di fondazione e della categoria topografica del sito. Da queste ultime vengono infatti ricavati i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica (S_s ed S_T) che subentrano nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici definiti per la pericolosità sismica di base.

10.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (fig. 14) definite in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m. L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $V_{s,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo
 V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima
 N = Numero di strati
 H = Profondità del substrato sismico con $V_s > 800 \text{ m/s}$

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W. eseguito in corrispondenza dell'area di indagine. Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle $V_{s,eq}$ corrispondenti alle $V_{s,30}$ (il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30m di profondità) pari a **246.68 m/s**, riferiti all'attuale piano campagna; il terreno è pertanto classificabile in **categoria C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 14: Tabella 3.2.II “Categorie di sottosuolo” – D.M. 17.01.2018.

In riferimento alle categorie topografiche riportate nella tabella 3.2.III del D.M. (fig. 15), il sito può essere classificato nella **categoria T1** “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 15: Tabella 3.2.III “Categorie topografiche” – D.M. 17.01.2018.

10.5 ANALISI DI 2° LIVELLO

10.5.1 Effetti litologici – Stima del Fattore di Amplificazione F_a

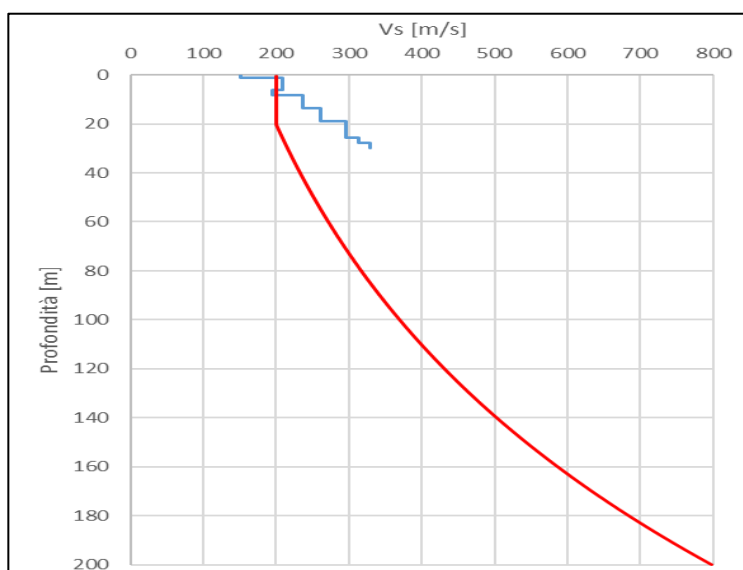
La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia è avvenuta mediante la procedura semplificata di 2° livello riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia; la sua applicazione richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito; e dell'andamento delle $V_{s,eq}$ con la profondità (spessore e velocità $V_{s,eq}$ di ciascuno strato); per la loro determinazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla esecuzione delle prove penetrometriche realizzate in sito unitamente ai dati relativi ad indagini geognostiche già realizzate ed alle stratigrafie delle indagini eseguite sul territorio comunale oltre che ai risultati emersi dall'esecuzione dell'indagine geofisica M.A.S.W..

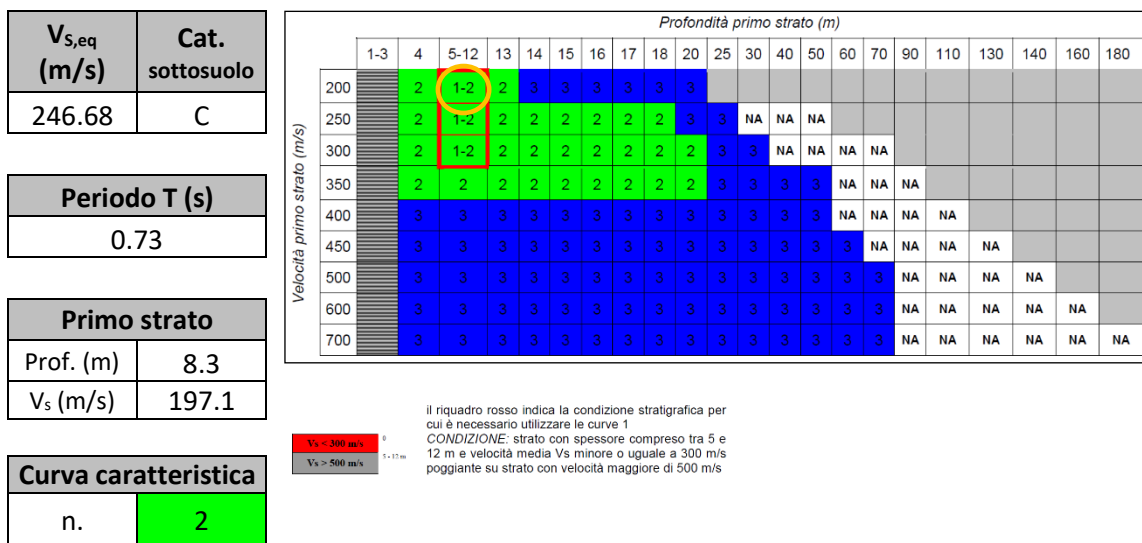
La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione (F_a) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli F_a calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore F_a . Tale valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani). Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle $V_{s,eq}$ ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. Successivamente ricavando lo spessore del primo "sismo-strato" con $V_{s,eq}$ pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri) si determina quali curve tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle $V_{s,eq}$ con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI
ai sensi della D.G.R. IX/2616 - 30.11.2011 di Regione Lombardia

Scheda "LITOLOGIA SABBIOSA"

L1		
Spess. (m)	Prof. (m)	V_s (m/s)
1.10	1.10	152
5.00	6.10	208
2.20	8.30	195
5.40	13.70	237
5.20	18.90	261
6.60	25.50	296
2.40	27.90	313
2.10	30.00	329





VERIFICA

Periodo	Valori F_a di sito	Valori F_a di soglia Comune di GIUSSAGO			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
$0.1 < T < 0.5$ s	1.11	1.40	1.80	2.20	2.00
$0.5 < T < 1.5$ s	1.96	1.70	2.40	4.20	3.10

La procedura ha permesso di stimare gli F_a con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarli con i corrispettivi valori di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 , che tiene conto della variabilità dei valori degli F_a ottenuti.

Dalla verifica deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di F_a calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore al valore di riferimento, pertanto, lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

10.6 PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano i parametri di riferimento, propri del sito in questione, per la definizione della pericolosità sismica di base ed i parametri sismici necessari per la valutazione delle azioni sismiche di progetto attese.

Nel caso in esame il sito presenta le seguenti coordinate (sistema di riferimento ED50):

Latitudine	Longitudine
45.30212°	9.11338°

Per il calcolo delle grandezze a_g , F_0 e T^*_c si devono considerare i seguenti parametri:

- **Classe d'uso: II** - Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Vita nominale V_N : ≥ 50 anni** (tabella 2.4.I - tipi di costruzioni classe 2): Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari.
- **Coefficiente d'uso C_U : 1.0** relativo alla classe d'uso II.
- **Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N * C_U = 50 * 1.0 = 50$ anni.**

Pertanto, a partire dai dati sopra riportati, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} vengono calcolati i valori a_g , F_0 , T^*_c e del periodo di ritorno $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$:

Stati limite		P_{VR}	Periodo di ritorno (anni)	a_g (g)	F_0	T^*_c (sec)
SLE	SLO	81%	30	0.020	2.553	0.170
	SLD	63%	50	0.025	2.564	0.196
SLU	SLV	10%	475	0.054	2.598	0.282
	SLC	5%	975	0.066	2.617	0.295

Da questi ultimi è possibile ricavare, sulla base della **CATEGORIA C** del suolo di fondazione, gli ulteriori parametri:

Stati limite		S_s	C_c	S_t	T_B (s)	T_c (s)	T_D (s)	F_v
SLE	SLO	1.50	1.883	1.00	0.107	0.321	1.678	0.49
	SLD	1.50	1.797	1.00	0.118	0.353	1.701	0.55
SLU	SLV	1.50	1.595	1.00	0.150	0.449	1.816	0.82
	SLC	1.50	1.570	1.00	0.155	0.464	1.866	0.91

Dove:

SLE = stati limite di esercizio:

- **SLO** = Stato Limite di Operatività;
- **SLD** = Stato Limite di Danno;

SLU = stati limite ultimi:

- **SLV** = Stato Limite di salvaguardia della Vita;
- **SLC** = Stato Limite di prevenzione del Collasso;

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

C_c = coefficiente di categoria di sottosuolo;

S_t = coefficiente di amplificazione topografica;

T_B = periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante spettro delle componenti orizzontali;

T_C = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante spettro delle componenti orizzontali;

T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante spettro delle componenti orizzontali;

F_v = fattore di amplificazione spettrale.

Per calcolare il valore di A_{max} (accelerazione massima) occorre moltiplicare il valore di a_g per i coefficienti di amplificazione sismica (S) tramite la relazione: $A_{max} = a_g \text{ (m/s}^2\text{)} \cdot S$; l'accelerazione massima deve essere fornita in m/s^2 , pertanto i valori nominali di a_g precedentemente calcolati vanno moltiplicati per 9.81 m/s^2 e successivamente moltiplicati per i coefficienti di amplificazione sismica $S = S_s \cdot S_t$.

Stati limite		a_g (g)	a_g (m/s ²)	S ($S_s \cdot S_t$)	A_{max} (g)	A_{max} (m/s ²)
SLE	SLO	0.020	0.196	1.50	0.030	0.294
	SLD	0.025	0.245	1.50	0.038	0.368
SLU	SLV	0.054	0.530	1.50	0.081	0.795
	SLC	0.066	0.647	1.50	0.099	0.971

Infine i coefficienti K_h (coefficiente sismico orizzontale) e K_v (coefficiente sismico verticale) assumono i seguenti valori:

Stati limite		K_h	K_v
SLE	SLO	-	-
	SLD	0.018	0.009
SLU	SLV	0.031	0.016
	SLC	-	-

11.0 Valutazione del potenziale di liquefazione

Il fenomeno della liquefazione interessa generalmente depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi sciolti, saturi e a granulometria uniforme, i quali a seguito di una sollecitazione sismica passano dallo stato solido a quello fluido, denotando una diminuzione della resistenza al taglio a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali (u), tale da generare deformazioni permanenti significative o persino dell'annullamento delle pressioni efficaci (σ') nel terreno.

La verifica della suscettibilità alla liquefazione deve essere effettuata quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda. Secondo il D.M. 17.01.2018 tale verifica può invece essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0.1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometriche esterne alle zone indicate nella figura 16, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in figura 17, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

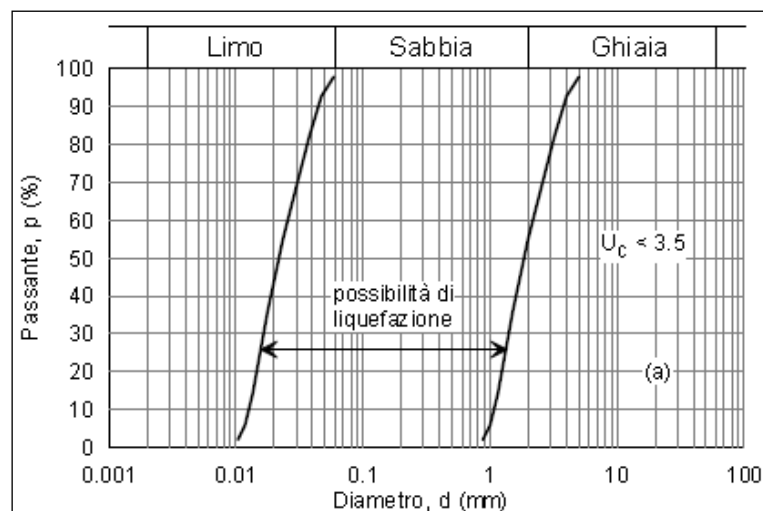


Figura 16: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con $U_c < 3.5$.

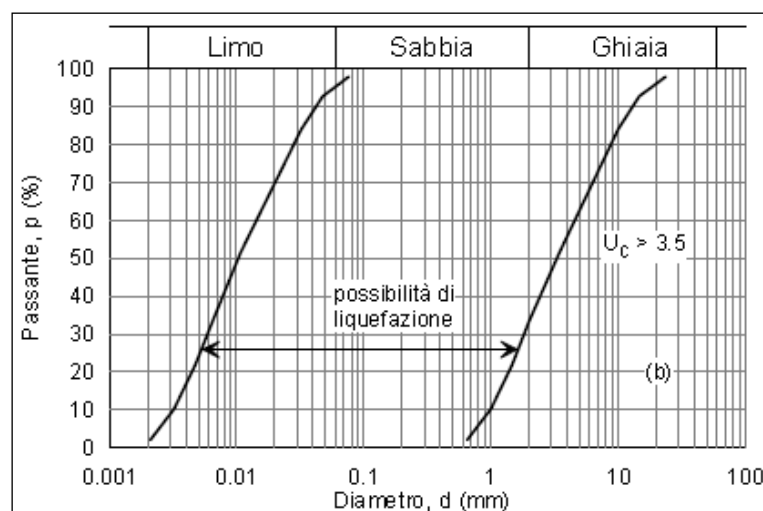


Figura 17: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con $U_c > 3.5$.

Nel caso in esame si esclude il rischio di liquefazione in quanto non sussiste la circostanza di cui al precedente punto 1.: l'accelerazione massima attesa allo stato limite SLC risulta $A_{\max} (g)$ pari a $0.081g < 0.1g$.

12.0 Fondazioni – Scelta della tipologia e verifica della capacità portante

Per la nuova struttura sono previste fondazioni superficiali di tipo a platea la cui profondità di imposta è prevista pari a 3.0 metri dall'attuale piano campagna alla sommità della sponda (corrispondente ad una profondità \geq a circa 0.75 metri dal fondo del canale in corrispondenza della sponda, pertanto in appoggio sui materiali limoso-sabbiosi del descritto livello I. Si segnala anche la probabile interferenza della falda freatica, la cui soggiacenza è di ordine plurimetrico (1.0÷2.0m da p.c.), con gli scavi fondazionali; dovranno pertanto essere presi gli opportuni accorgimenti tecnici in riferimento a tale aspetto, sia durante le operazioni di scavo che per la completa impermeabilizzazione di tutte le parti interrato della nuova struttura. Gli scavi dovranno essere eseguiti in periodi meteorologicamente favorevoli (le lavorazioni sono ovviamente previste in periodi non irrigui) prevedendo l'eventualità di ricorrere a dispositivi temporanei di aggotaggio (es. well point); dovranno inoltre essere tenute in considerazione le problematiche legate alla sottospinta idraulica.

Il calcolo del valore del carico limite fondazione-terreno e conseguentemente della resistenza di progetto R_d sia in condizioni statiche che dinamiche è avvenuto utilizzando la formula di Brinch-Hansen (1970) valida per fondazioni superficiali:

$$q_{lim.} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c \cdot z_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q \cdot z_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma \cdot z_\gamma$$

dove:

c = coesione del terreno;

γ = peso di volume del terreno;

D = approfondimento del piano di posa;

B = larghezza della fondazione;

$N_c - N_q - N_\gamma$ = coefficienti adimensionali di portanza funzioni di ϕ' ;

$s_c - s_q - s_\gamma$ = fattori di forma della fondazione;

$d_c - d_q - d_\gamma$ = fattori correttivi per l'approfondimento fondazionale;

$i_c - i_q - i_\gamma$ = fattori correttivi per l'inclinazione del carico fondazionale;

$b_c - b_q - b_\gamma$ = fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione;

$g_c - g_q - g_\gamma$ = fattori correttivi per l'inclinazione del piano campagna;

$z_c - z_q - z_\gamma$ = fattori correttivi per il terreno in condizioni sismiche (Paolucci & Pecker, 1997); l'introduzione di questi fattori sismici incide anche sui fattori correttivi $i_c - i_q - i_\gamma$ legati all'inclinazione del carico (considerato non più verticale) e sui fattori correttivi $s_c - s_q - s_\gamma$ i quali assumono valori leggermente differenti in presenza di carichi inclinati.

Utilizzando per le verifiche agli SLU secondo il D.M.LL.PP. 17.01.2018 l'approccio 2 combinazione A1+M1+R3, utilizzando pertanto i coefficienti parziali M1 per i parametri geotecnici del terreno della tabella 6.2.II e considerando i valori caratteristici del **livello I** ottenuti mediante la stima cautelativa dei valori medi, si avrà:

Livello I

$$\gamma_k = 0.80 \text{ t/m}^3$$

$$\varphi'_k = 25^\circ$$

Considerando un approfondimento minimo di -0.75m dal fondo del canale, per la geometria fondazionale in progetto, si avrà:

Livello di appoggio	D dal più vicino piano di calpestio (m)	B (m)	L (m)	q.lim. (Kg/cm ²) - A1+M1+R3	
				CONDIZIONI STATICHE SLU	CONDIZIONI DINAMICHE SLV
I	≥0.75	1.75	200.0	1.20	1.05

Tabella 8: Valori di q.lim. in kg/cm² agli SLU per l'ipotesi di configurazione fondazionale in progetto.

Da suddividere per il coefficiente parziale per le verifiche agli stati limite ultimi, riportato nella tabella 6.4.I del D.M.. Utilizzando il coefficiente parziale $\gamma_R = 2.3$ in condizioni statiche e $\gamma_R = 1.8$ in condizioni dinamiche in quanto se si portano in conto gli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del carico limite, il coefficiente parziale sulle resistenze (R3) può essere ridotto (cfr. par. 7.11.5.3.1- NTC 2018), si avranno i seguenti valori della resistenza di progetto R_d .

Livello di appoggio	D dal più vicino piano di calpestio (m)	B (m)	L (m)	R_d (Kg/cm ²) - A1+M1+R3	
				CONDIZIONI STATICHE SLU	CONDIZIONI DINAMICHE SLV
I	≥0.75	1.75	200.0	0.55	0.60

Tabella 9: Valori di R_d in kg/cm² agli SLU per l'ipotesi di configurazione fondazionale in progetto.

12.1 CEDIMENTI – S.L.E.

L'applicazione dei carichi fondazionali provocherà cedimenti nel terreno valutabili considerando la distribuzione della pressione del carico trasferito dalle fondazioni su un semispazio elastico, con il contributo degli strati al cedimento totale fino alla profondità in cui la tensione verticale dovuta al sovraccarico esterno è minore al 10% della tensione geostatica effettiva.

I cedimenti immediati sono stati calcolati con la seguente formula:

$$s = \sum_i \frac{1}{E_i} [\Delta\sigma_{zi} - \nu_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi})] \Delta l_i$$

dove:

S = cedimento

E_i = modulo elastico dello strato i

ν = modulo di Poisson dello strato i

$\Delta\sigma_{xi}$, $\Delta\sigma_{yi}$, $\Delta\sigma_{zi}$ = incremento di sollecitazione nello strato i, rispettivamente in direzione x, y e z.

Δl_i = Spessore dello strato i

I cedimenti di consolidazione attesi, per gli strati coesivi, possono essere calcolati con la seguente formula (Skempton):

$$S_c = \mu S_{ed}$$

dove:

$$S_{ed} = \sum \frac{\Delta\sigma_{zi}}{M_i} * \Delta h_i$$

$$\mu = A + \alpha (1 - A)$$

dove:

S_c = cedimento di consolidazione

μ = coefficiente di correzione

S_{ed} = cedimento edometrico

$\Delta\sigma_{zi}$ = aumento di tensione nello strato i in direzione z

M_i = modulo edometrico dello strato i

Δh_i = spessore dello strato i

A = coefficiente di Skempton

α = rapporto tra la tensione orizzontale e quella verticale

In base al D.M. 17.01.2018 è necessario stabilire la massima azione di progetto che causa il cedimento critico pari alla soglia massima tollerabile per la struttura, vale a dire occorre verificare che il cedimento massimo ammissibile S_c (che avviene con il Carico Limite C_d agli stati Limite d'Esercizio) deve essere maggiore del cedimento S_d che avviene con il carico di progetto E_d considerato (pertanto $E_d < C_d$). Solitamente per gli edifici e le strutture di uso più comune si impone un valore limite al cedimento complessivo pari a 2.5 cm per fondazioni in appoggio su litotipi sabbiosi e 4 cm per fondazioni in appoggio su litotipi argillosi in modo tale da evitare cedimenti differenziali di elevata entità.

Il calcolo dei cedimenti è avvenuto pertanto a partire dai valori delle resistenze di progetto calcolate al paragrafo precedente, verificando che i cedimenti del terreno risultassero inferiori al valore limite massimo di progetto (S_c) di 2.50 cm per il cedimento assoluto.

Per l'ipotesi di geometria fondazionale in progetto considerata e nelle condizioni litostratigrafiche riscontrate, si avrà:

Prof. piano di appoggio (cm)	B (cm)	L (cm)	Resistenza di Progetto (R_d) Stati Limite Ultimi (Kg/cmq)		Cedimento immediato S_i (cm)	Cedimento di consolidaz. S_{cd} (cm)	Cedimento totale S (cm)	Cedimento massimo ammissibile S_c (cm)
≥75	175	20000	Cond.statiche SLU	0.55	0.80	0.15	0.95	2.50
			Cond.dinamiche SLU	0.60	0.90	0.20	1.10	

Tabella 10: Valori dei cedimenti delle fondazioni in funzione delle resistenze di progetto per la prevista configurazione fondazionale.

Confrontando i valori di cedimento trovati con il valore ammissibile assunto pari a 2.50 cm si conclude che affinché venga soddisfatta la verifica agli stati limite di esercizio le resistenze di progetto R_d potranno essere quelle determinate e riportate nella tabella seguente, le quali rappresentano le resistenze del sistema geotecnico (carico limite) agli SLE nell'ipotesi di cedimenti ≤ 2.50 cm per l'ipotesi di tipologia fondazionale analizzata ed impostata nell'ambito del descritto livello I.

Prof. piano di appoggio (cm)	B (cm)	L (cm)	Carico Limite (C _d) Stati Limite d'Esercizio (Kg/cm ²)		Cedimento immediato S _i (cm)	Cedimento di consolidaz. S _{cd} (cm)	Cedimento totale S (cm)	Cedimento massimo ammissibile S _c (cm)
≥75	175	20000	Cond.statiche SLU	0.55	0.80	0.15	0.95	2.50
			Cond.dinamiche SLU	0.60	0.90	0.20	1.10	

Tabella 11: Valori del carico limite agli S.L.E. statici e dinamici in funzione dei cedimenti per la prevista configurazione fondazionale.

I valori dei cedimenti riportati dovranno essere giudicati compatibili da parte dei Progettisti, previe le opportune considerazioni relative alle caratteristiche delle strutture, tenendo conto che il cedimento differenziale è in genere considerato circa il 50% di quello assoluto. Si segnala infine come le fondazioni con piano di appoggio superficiale su materiali argillosi possano risentire delle problematiche legate alle escursioni volumetriche determinate dalle variazioni stagionali del grado di umidità naturale. Tale fenomeno potrebbe comportare blande deformazioni delle strutture di appoggio.

12.2 COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

La determinazione della reazione di sottofondo (Modulo Winkler) per terreni incoerenti come il livello II in esame deriverà in prima approssimazione dall'applicazione delle formule:

$$\kappa_r = \kappa_{ps} \cdot \left(\frac{B + 0,3}{2B} \right)^2$$

dove κ_{ps} (in Kg/cm³) è il coefficiente relativo ad una piastra circolare con diametro 30cm, mentre B è espresso in metri.

Per terreni come il livello I in esame κ_{ps} sarà:

LIVELLO I: 2.50÷4.10 kg/cm³

Ulteriori precisazioni potranno derivare dalla realizzazione di specifiche prove di carico su piastra.

12.3 STABILITÀ DEGLI SCAVI

Per la realizzazione delle opere in progetto, al fine di raggiungere le previste e necessarie quote di imposta del fondo dell'alveo si renderanno necessari scavi della profondità massima dell'ordine di 1.0 metri.

La stabilità delle fronti di sbancamento nelle fasi del cantiere verrà garantita adottando scarpate con inclinazione $\leq 45^\circ$ (1/1) sull'orizzontale (2/3) nel caso di materiali marcatamente incoerenti e/o di riporto), purché si provveda solertemente alla costruzione delle opere definitive in c.a.. Nel caso in cui gli scavi dovessero risultare necessariamente verticali si dovrà ricorrere ad opere provvisorie di contenimento.

Come già espresso dovrà essere tenuta in considerazione la possibile interferenza della falda con gli scavi di fondazione e con le opere di nuova realizzazione, nel caso di esecuzione degli stessi in concomitanza dei periodi irrigui e/o intensamente piovosi. Essi dovranno pertanto essere eseguiti in periodi meteorologicamente favorevoli (le lavorazioni sono ovviamente previste in periodi non irrigui) prevedendo l'eventualità di ricorrere a dispositivi temporanei di aggotaggio (es. well point); dovranno inoltre essere eventualmente tenute in considerazione le problematiche legate alla sottospinta idraulica.

13.0 Terre e Rocce da scavo

Per l'eventuale riutilizzo dei materiali di risulta degli scavi si potrà fare riferimento al D.P.R. n.120 del 13.06.2017 (che riunisce e sostituisce gli articoli n.184, n.185 e n.186 del D.Lgs. n.152 del 03.04.2006 ed il D.M. n.161 del 10.08.2012, disciplinato dall'articolo n.41-bis della L. n.98 del 09.08.2013) o, in caso contrario, essi dovranno essere gestiti come rifiuto secondo quanto previsto dalla parte IV del D.Lgs. n.152 del 03.04.2006.

Varzi (PV), luglio 2025



Dott. Geol. Marco SALA



Committente: Consorzio di Bonifica Est Ticino Villorresi	A cura di: Dott. Geol. Marco SALA Via Della Maiolica n.4 27057 Varzi (PV)	CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI TRATTI DI SPONDE ED ALZAI DEI NAVIGLI MARTESANA, PAVIA E BEREGUARDO LOTTO FUNZIONALE 2 NAVIGLIO DI PAVIA RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA IN COMUNE DI GIUSSAGO E MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAI Corografia generale con ubicazione area in esame	Data: Luglio 2025 Scala: 1:10.000
		ALL.1	



Legenda

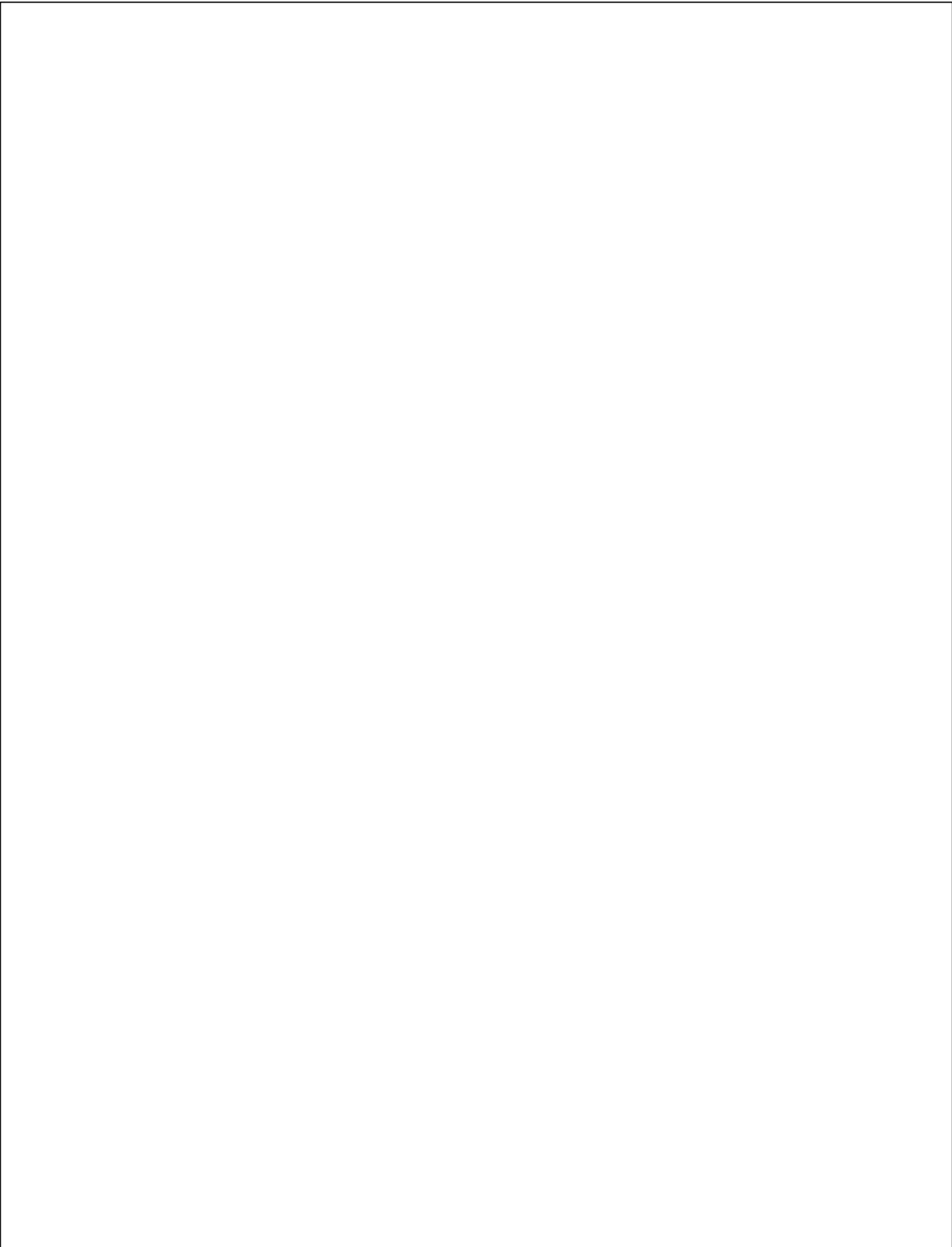
- Tratto di sponda
oggetto di intervento

Linea sismica M.A.S.W. con
interdistanza geofonica di 5.0m
- Prova penetrometrica
dinamica D.P.S.H. +
prelievo campione ambientale

Punto di energizzazione



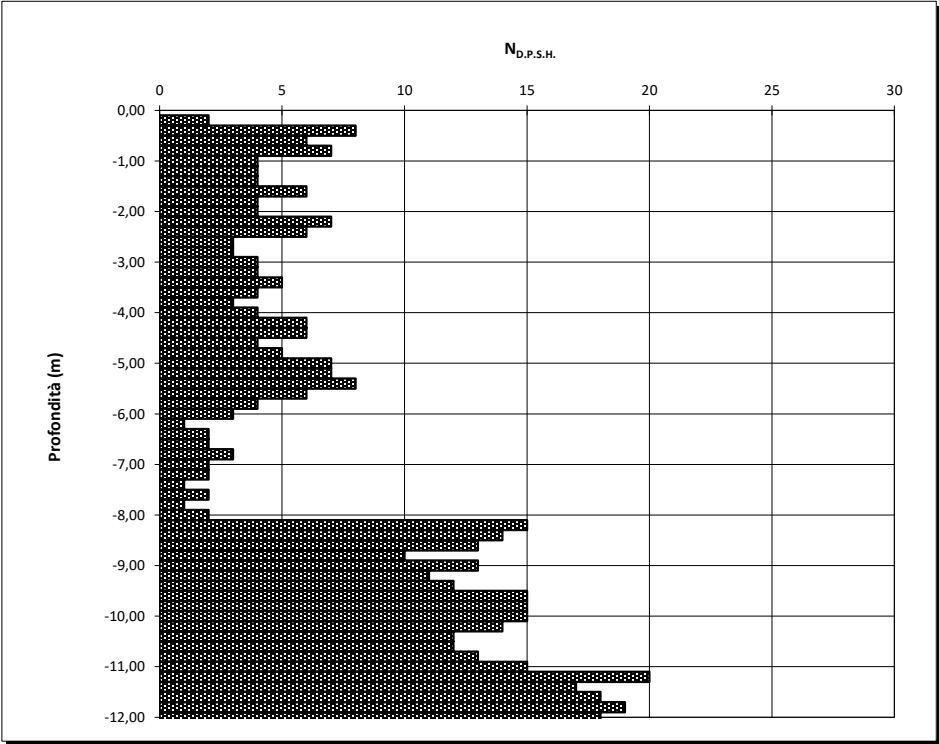
Committente: Consorzio di Bonifica Est Ticino Villorese	A cura di: Dott. Geol. Marco SALA Via Della Maiolica n.4 27057 Varzi (PV)	CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI TRATTI DI SPONDE ED ALZAIE DEI NAVIGLI MARTESANA, PAVIA E BEREGUARDO LOTTO FUNZIONALE 2 NAVIGLIO DI PAVIA RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA IN COMUNE DI GIUSSAGO E MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAIA		Data: Luglio 2025
		Foto satellitare con ubicazione punti di indagine	ALL.2	Scala: 1:2.000



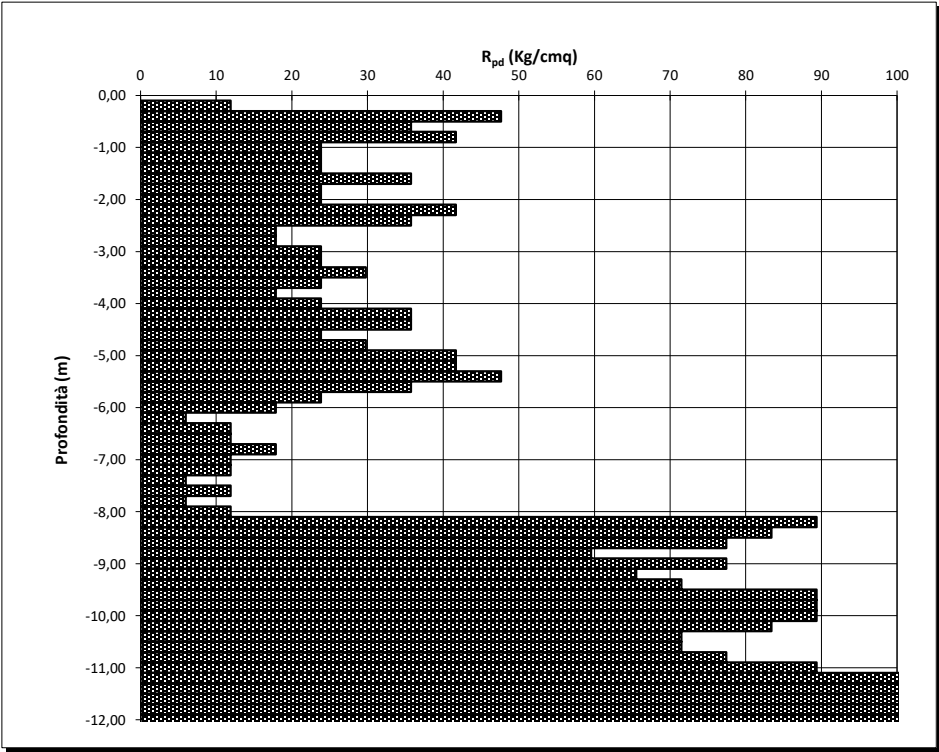
Committente: Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi	A cura di: Dott. Geol. Marco SALA Via Della Maiolica n.4 27057 Varzi (PV)	CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI TRATTI DI SPONDE ED ALZAIE DEI NAVIGLI MARTESANA, PAVIA E BEREGUARDO LOTTO FUNZIONALE 2 NAVIGLIO DI PAVIA RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA IN COMUNE DI GIUSSAGO E MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAIA		Data: Luglio 2025
		Grafici prove penetrometriche	ALL.3	Scala: //

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 1

Località: Giussagp (PV) - Nav. Pavese Progr. km 18+000/19+000 Data: 27.06.2025
Committente: Consorzio di Bonifica EST TICINO VILLORESI Quota inizio: ino strada sponda SX



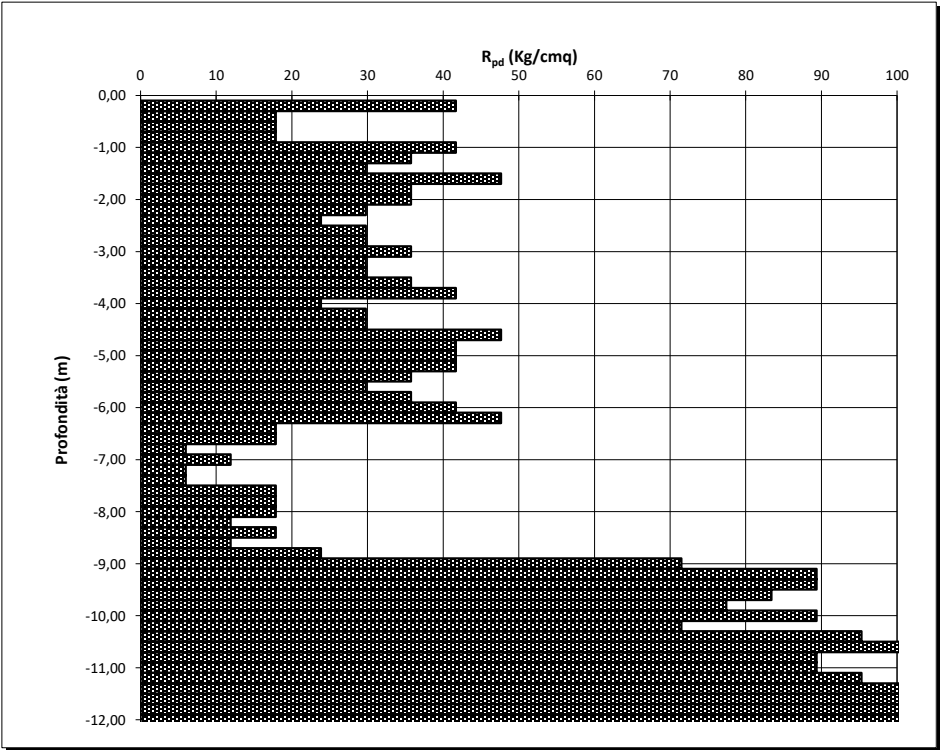
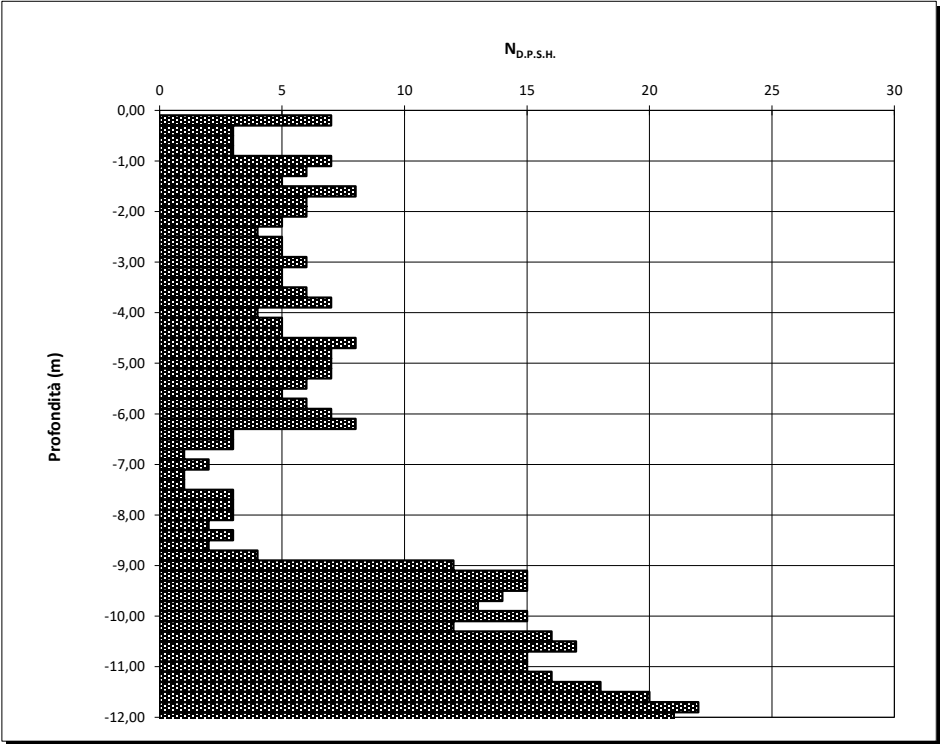
Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	2	12	3
-0,40	8	48	12
-0,60	6	36	9
-0,80	7	42	10
-1,00	4	24	6
-1,20	4	24	6
-1,40	4	24	6
-1,60	6	36	9
-1,80	4	24	6
-2,00	4	24	6
-2,20	7	42	10
-2,40	6	36	9
-2,60	3	18	4
-2,80	3	18	4
-3,00	4	24	6
-3,20	4	24	6
-3,40	5	30	7
-3,60	4	24	6
-3,80	3	18	4
-4,00	4	24	6
-4,20	6	36	9
-4,40	6	36	9
-4,60	4	24	6
-4,80	5	30	7
-5,00	7	42	10
-5,20	7	42	10
-5,40	8	48	12
-5,60	6	36	9
-5,80	4	24	6
-6,00	3	18	4
-6,20	1	6	1
-6,40	2	12	3
-6,60	2	12	3
-6,80	3	18	4
-7,00	2	12	3
-7,20	2	12	3
-7,40	1	6	1
-7,60	2	12	3
-7,80	1	6	1
-8,00	2	12	3
-8,20	15	89	22
-8,40	14	83	21
-8,60	13	77	19
-8,80	10	60	15
-9,00	13	77	19
-9,20	11	66	16
-9,40	12	71	18
-9,60	15	89	22
-9,80	15	89	22
-10,00	15	89	22
-10,20	14	83	21
-10,40	12	71	18
-10,60	12	71	18
-10,80	13	77	19
-11,00	15	89	22
-11,20	20	119	29
-11,40	17	101	25
-11,60	18	107	26
-11,80	19	113	28
-12,00	18	107	26



Foro ostruito in superficie.

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 2

Località: Giussagp (PV) - Nav. Pavese Progr. km 18+000/19+000 Data: 27.06.2025
Committente: Consorzio di Bonifica EST TICINO VILLORESI Quota inizio: ino strada sponda SX

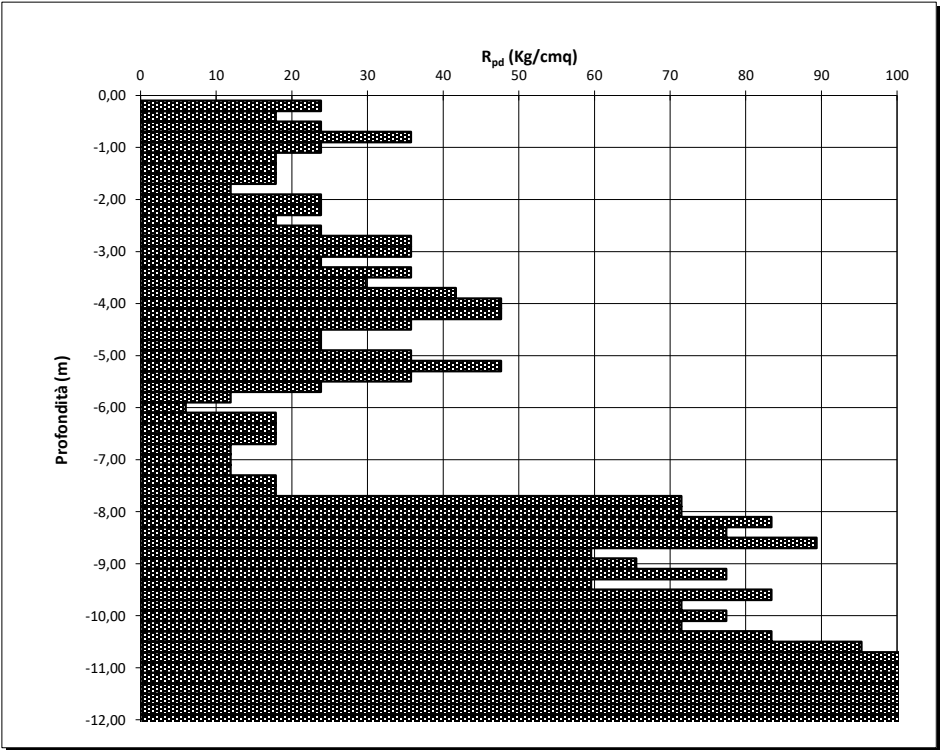
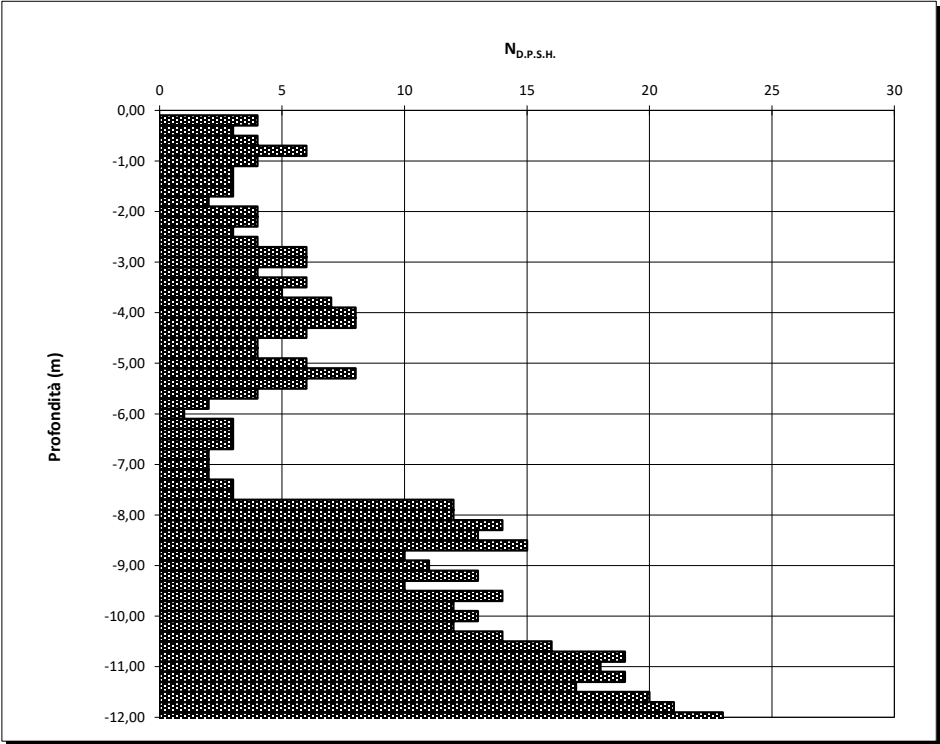


Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	7	42	10
-0,40	3	18	4
-0,60	3	18	4
-0,80	3	18	4
-1,00	7	42	10
-1,20	6	36	9
-1,40	5	30	7
-1,60	8	48	12
-1,80	6	36	9
-2,00	6	36	9
-2,20	5	30	7
-2,40	4	24	6
-2,60	5	30	7
-2,80	5	30	7
-3,00	6	36	9
-3,20	5	30	7
-3,40	5	30	7
-3,60	6	36	9
-3,80	7	42	10
-4,00	4	24	6
-4,20	5	30	7
-4,40	5	30	7
-4,60	8	48	12
-4,80	7	42	10
-5,00	7	42	10
-5,20	7	42	10
-5,40	6	36	9
-5,60	5	30	7
-5,80	6	36	9
-6,00	7	42	10
-6,20	8	48	12
-6,40	3	18	4
-6,60	3	18	4
-6,80	1	6	1
-7,00	2	12	3
-7,20	1	6	1
-7,40	1	6	1
-7,60	3	18	4
-7,80	3	18	4
-8,00	3	18	4
-8,20	2	12	3
-8,40	3	18	4
-8,60	2	12	3
-8,80	4	24	6
-9,00	12	71	18
-9,20	15	89	22
-9,40	15	89	22
-9,60	14	83	21
-9,80	13	77	19
-10,00	15	89	22
-10,20	12	71	18
-10,40	16	95	24
-10,60	17	101	25
-10,80	15	89	22
-11,00	15	89	22
-11,20	16	95	24
-11,40	18	107	26
-11,60	20	119	29
-11,80	22	131	32
-12,00	21	125	31

Foro ostruito in superficie.

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 3

Località: Giussagp (PV) - Nav. Pavese Progr. km 18+000/19+000 Data: 27.06.2025
Committente: Consorzio di Bonifica EST TICINO VILLORESI Quota inizio: ino strada sponda SX

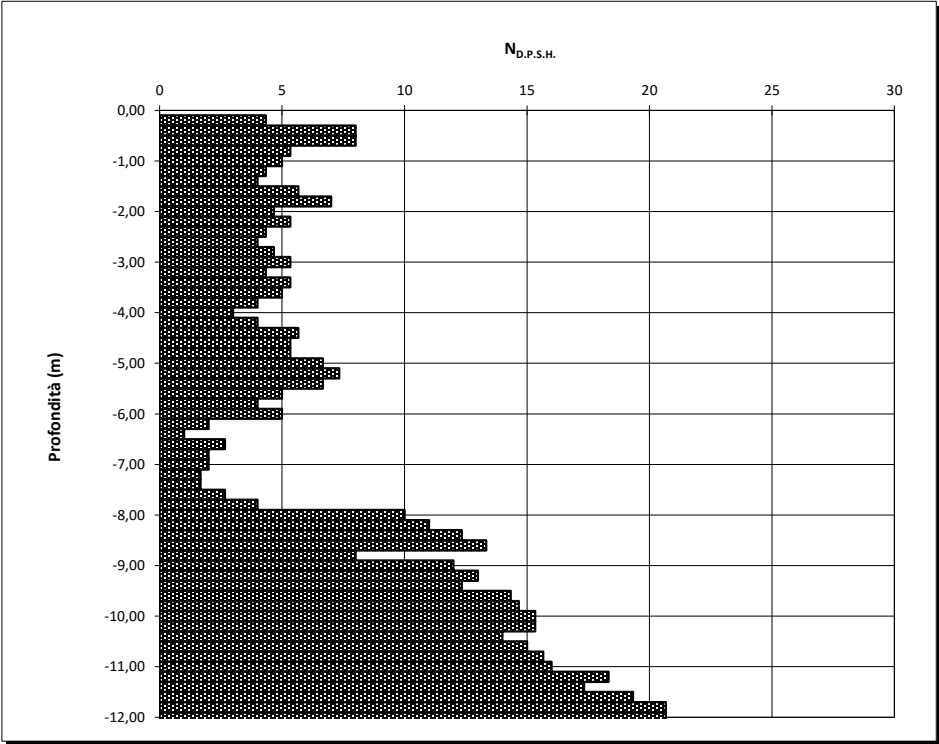


Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	4	24	6
-0,40	3	18	4
-0,60	4	24	6
-0,80	6	36	9
-1,00	4	24	6
-1,20	3	18	4
-1,40	3	18	4
-1,60	3	18	4
-1,80	2	12	3
-2,00	4	24	6
-2,20	4	24	6
-2,40	3	18	4
-2,60	4	24	6
-2,80	6	36	9
-3,00	6	36	9
-3,20	4	24	6
-3,40	6	36	9
-3,60	5	30	7
-3,80	7	42	10
-4,00	8	48	12
-4,20	8	48	12
-4,40	6	36	9
-4,60	4	24	6
-4,80	4	24	6
-5,00	6	36	9
-5,20	8	48	12
-5,40	6	36	9
-5,60	4	24	6
-5,80	2	12	3
-6,00	1	6	1
-6,20	3	18	4
-6,40	3	18	4
-6,60	3	18	4
-6,80	2	12	3
-7,00	2	12	3
-7,20	2	12	3
-7,40	3	18	4
-7,60	3	18	4
-7,80	12	71	18
-8,00	12	71	18
-8,20	14	83	21
-8,40	13	77	19
-8,60	15	89	22
-8,80	10	60	15
-9,00	11	66	16
-9,20	13	77	19
-9,40	10	60	15
-9,60	14	83	21
-9,80	12	71	18
-10,00	13	77	19
-10,20	12	71	18
-10,40	14	83	21
-10,60	16	95	24
-10,80	19	113	28
-11,00	18	107	26
-11,20	19	113	28
-11,40	17	101	25
-11,60	20	119	29
-11,80	21	125	31
-12,00	23	137	34

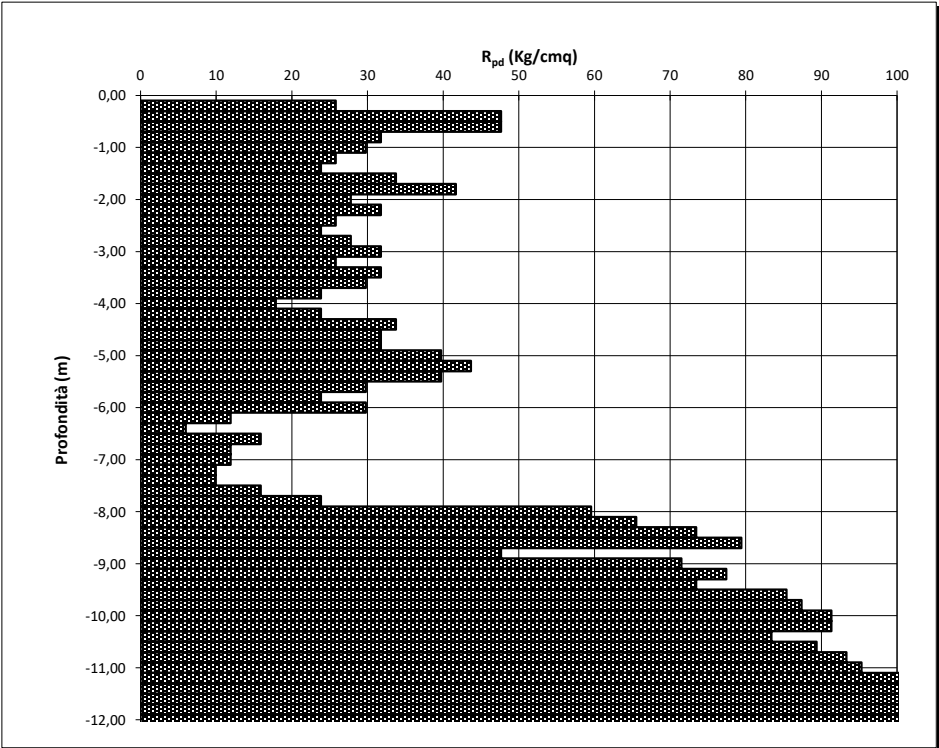
Foro ostruito in superficie.

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 4

Località: Giussagp (PV) - Nav. Pavese Progr. km 18+000/19+000 Data: 27.06.2025
Committente: Consorzio di Bonifica EST TICINO VILLORESI Quota inizio: ino strada sponda SX



Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	4	26	6
-0,40	8	48	12
-0,60	8	48	12
-0,80	5	32	8
-1,00	5	30	7
-1,20	4	26	6
-1,40	4	24	6
-1,60	6	34	8
-1,80	7	42	10
-2,00	5	28	7
-2,20	5	32	8
-2,40	4	26	6
-2,60	4	24	6
-2,80	5	28	7
-3,00	5	32	8
-3,20	4	26	6
-3,40	5	32	8
-3,60	5	30	7
-3,80	4	24	6
-4,00	3	18	4
-4,20	4	24	6
-4,40	6	34	8
-4,60	5	32	8
-4,80	5	32	8
-5,00	7	40	10
-5,20	7	44	11
-5,40	7	40	10
-5,60	5	30	7
-5,80	4	24	6
-6,00	5	30	7
-6,20	2	12	3
-6,40	1	6	1
-6,60	3	16	4
-6,80	2	12	3
-7,00	2	12	3
-7,20	2	10	2
-7,40	2	10	2
-7,60	3	16	4
-7,80	4	24	6
-8,00	10	60	15
-8,20	11	66	16
-8,40	12	73	18
-8,60	13	79	20
-8,80	8	48	12
-9,00	12	71	18
-9,20	13	77	19
-9,40	12	73	18
-9,60	14	85	21
-9,80	15	87	22
-10,00	15	91	23
-10,20	15	91	23
-10,40	14	83	21
-10,60	15	89	22
-10,80	16	93	23
-11,00	16	95	24
-11,20	18	109	27
-11,40	17	103	25
-11,60	19	115	28
-11,80	21	123	30
-12,00	21	123	30



Foro ostruito in superficie.

Committente: Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi	A cura di: Dott. Geol. Marco SALA Via Della Maiolica n.4 27057 Varzi (PV)	CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI TRATTI DI SPONDE ED ALZAIE DEI NAVIGLI MARTESANA, PAVIA E BEREGUARDO LOTTO FUNZIONALE 2 NAVIGLIO DI PAVIA RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA IN COMUNE DI GIUSSAGO E MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAIA		Data: Luglio 2025
		Rapporti di prova analisi chimiche	ALL.4	Scala: //

Rapporto di Prova n. 4719-25

Numero campione	3994/25
Matrice	Terreno
Data accettazione	27/06/2025
Committente	Dott. Marco Sala GEOLOGO - GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE – GEOTECNICA Via della Maiolica, 4 27057 Varzi (PV)
Produttore	
Luogo di campionamento	Giussago (PV)
Prelevato da	Committente
Data di campionamento	27/06/2025
Metodo di campionamento	non dichiarato
Verbale di campionamento	
N.commissa/Ordine	
Identificativo campione	P1 0-1

RISULTATI ANALITICI

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Umidità	%	7.6±1.5	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25
<i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 e s.m.i. Met II.2</i>						
<u>Amianto</u>						
Amianto (Crisotilo)	* mg/kg (ss)	<1000	1000	1000	1000	30/06/25 - 02/07/25
<i>M.U. 1978:06</i>						
<u>Composti organici aromatici</u>						
Benzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	2	30/06/25 - 02/07/25
Etilbenzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	01/07/25 - 03/07/25
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	<0.03	0.03	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Stirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Toluene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018</i>						
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	100	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018 (Calcolo)</i>						
<u>Determinazione qualitativa amianto con tecnica MOLP</u>						
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)	*	Assenti	-	-	-	30/06/25 - 02/07/25
<i>DM 06/09/1994 GU SG n° 288 10/12/1994 SO n° 156 All.3</i>						
<u>Gravimetria</u>						
Scheletro	%	2.6±0.5	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25

segue Rapporto di Prova n. 4719 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
<u>Idrocarburi</u>						
Idrocarburi leggeri C≤12	mg/kg (ss)	<1	1	10	250	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007</i>						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	13±3	5	50	750	01/07/25 - 03/07/25
<i>ISO 16703:2004</i>						
<u>Idrocarburi policiclici aromatici</u>						
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Crisene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	5	01/07/25 - 03/07/25
Pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	10	100	01/07/25 - 03/07/25
<i>EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018</i>						
<u>Metalli e metalloidi</u>						
Cromo VI	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 02/07/25
<i>CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986</i>						
Arsenico	mg/kg (ss)	8.50±1.70	0.2	20	50	01/07/25 - 03/07/25
Cadmio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 03/07/25
Cobalto	mg/kg (ss)	5.60±1.12	0.2	20	250	01/07/25 - 03/07/25
Cromo totale	mg/kg (ss)	31.8±6.4	0.2	150	800	01/07/25 - 03/07/25
Mercurio	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	5	01/07/25 - 03/07/25
Nichel	mg/kg (ss)	32.6±6.5	0.2	120	500	01/07/25 - 03/07/25

segue Rapporto di Prova n. 4719 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Piombo	mg/kg (ss)	15.0±3.0	0.2	100	1000	01/07/25 - 03/07/25
Rame	mg/kg (ss)	20.9±4.2	0.2	120	600	01/07/25 - 03/07/25
Selenio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	3	15	01/07/25 - 03/07/25
Tallio	* mg/kg (ss)	<0.2	0.2	1	10	01/07/25 - 03/07/25
Vanadio	* mg/kg (ss)	15.0±3.0	0.2	90	250	01/07/25 - 03/07/25
Zinco	* mg/kg (ss)	41.2±8.2	0.2	150	1500	01/07/25 - 03/07/25

EPA 200.8 1994

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. Il campione, se non deperibile o esaurito nel corso della prova e su richiesta del committente, è conservato per 30 giorni dalla data di emissione del rapporto di prova. Ove non espressamente indicato, il recupero valutato in fase di validazione è da intendersi compreso tra il 70% e il 130% e non è stato utilizzato nei calcoli. L'incertezza estesa è associata alla misura con fattore di copertura K=2 e un livello di fiducia del 95%. LOQ: Limite di quantificazione. Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA.

Benzo(a)antracene+Benzo(a)pirene+Benzo(b)fluorantene+Benzo(k)fluorantene+Benzo(g,h,i)perilene+Crisene+Dibenzo(a,e)pirene+Dibenzo(a,l)pirene+Dibenzo(a,i)pirene+Dibenzo(a,h)pirene

Limite A: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. A

Limite B: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. B

Il nominativo/ragione sociale del Cliente, la matrice e l'identificazione del campione, la data, il luogo, il metodo e il numero di verbale di campionamento, il nominativo o la ragione sociale di chi ha effettuato il prelievo del campione, il numero di commessa e/o di ordine e il produttore in caso di campioni di rifiuto sono forniti dalla Committente. Il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo. I risultati di prova si riferiscono al campione così come ricevuto.

Gariga di Podenzano, 07/07/2025

Il Responsabile di Laboratorio
Dott. Chim. Filippo Picchioni



Rapporto di Prova n. 4720-25

Numero campione	3995/25
Matrice	Terreno
Data accettazione	27/06/2025
Committente	Dott. Marco Sala GEOLOGO - GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE – GEOTECNICA Via della Maiolica, 4 27057 Varzi (PV)
Produttore	
Luogo di campionamento	Giussago (PV)
Prelevato da	Committente
Data di campionamento	27/06/2025
Metodo di campionamento	non dichiarato
Verbale di campionamento	
N.commissa/Ordine	
Identificativo campione	P1 1-2

RISULTATI ANALITICI

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Umidità	%	9.5±1.9	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25
<i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 e s.m.i. Met II.2</i>						
<u>Amianto</u>						
Amianto (Crisotilo)	* mg/kg (ss)	<1000	1000	1000	1000	30/06/25 - 02/07/25
<i>M.U. 1978:06</i>						
<u>Composti organici aromatici</u>						
Benzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	2	30/06/25 - 02/07/25
Etilbenzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	01/07/25 - 03/07/25
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	<0.03	0.03	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Stirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Toluene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018</i>						
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	100	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018 (Calcolo)</i>						
<u>Determinazione qualitativa amianto con tecnica MOLP</u>						
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)	*	Assenti	-	-	-	30/06/25 - 02/07/25
<i>DM 06/09/1994 GU SG n° 288 10/12/1994 SO n° 156 All.3</i>						
<u>Gravimetria</u>						
Scheletro	%	1.0±0.2	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25

segue Rapporto di Prova n. 4720 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
<u>Idrocarburi</u>						
Idrocarburi leggeri C≤12	mg/kg (ss)	<1	1	10	250	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007</i>						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	6.4±1.3	5	50	750	01/07/25 - 03/07/25
<i>ISO 16703:2004</i>						
<u>Idrocarburi policiclici aromatici</u>						
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Crisene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	5	01/07/25 - 03/07/25
Pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	10	100	01/07/25 - 03/07/25
<i>EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018</i>						
<u>Metalli e metalloidi</u>						
Cromo VI	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 02/07/25
<i>CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986</i>						
Arsenico	mg/kg (ss)	11.3±2.3	0.2	20	50	01/07/25 - 03/07/25
Cadmio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 03/07/25
Cobalto	mg/kg (ss)	7.11±1.42	0.2	20	250	01/07/25 - 03/07/25
Cromo totale	mg/kg (ss)	52.3±10.5	0.2	150	800	01/07/25 - 03/07/25
Mercurio	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	5	01/07/25 - 03/07/25
Nichel	mg/kg (ss)	38.7±7.7	0.2	120	500	01/07/25 - 03/07/25

segue Rapporto di Prova n. 4720 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Piombo	mg/kg (ss)	20.4±4.1	0.2	100	1000	01/07/25 - 03/07/25
Rame	mg/kg (ss)	21.6±4.3	0.2	120	600	01/07/25 - 03/07/25
Selenio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	3	15	01/07/25 - 03/07/25
Tallio	* mg/kg (ss)	<0.2	0.2	1	10	01/07/25 - 03/07/25
Vanadio	* mg/kg (ss)	12.8±2.6	0.2	90	250	01/07/25 - 03/07/25
Zinco	* mg/kg (ss)	46.7±9.3	0.2	150	1500	01/07/25 - 03/07/25

EPA 200.8 1994

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. Il campione, se non deperibile o esaurito nel corso della prova e su richiesta del committente, è conservato per 30 giorni dalla data di emissione del rapporto di prova. Ove non espressamente indicato, il recupero valutato in fase di validazione è da intendersi compreso tra il 70% e il 130% e non è stato utilizzato nei calcoli. L'incertezza estesa è associata alla misura con fattore di copertura K=2 e un livello di fiducia del 95%. LOQ: Limite di quantificazione Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA.

Benzo(a)antracene+Benzo(a)pirene+Benzo(b)fluorantene+Benzo(k)fluorantene+Benzo(g,h,i)perilene+Crisene+Dibenzo(a,e)pirene+Dibenzo(a,l)pirene+Dibenzo(a,i)pirene+Dibenzo(a,h)pirene

Limite A: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. A

Limite B: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. B

Il nominativo/ragione sociale del Cliente, la matrice e l'identificazione del campione, la data, il luogo, il metodo e il numero di verbale di campionamento, il nominativo o la ragione sociale di chi ha effettuato il prelievo del campione, il numero di commessa e/o di ordine e il produttore in caso di campioni di rifiuto sono forniti dalla Committente. Il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo. I risultati di prova si riferiscono al campione così come ricevuto.

Gariga di Podenzano, 07/07/2025

Il Responsabile di Laboratorio
Dott. Chim. Filippo Picchioni



Rapporto di Prova n. 4721 -25

Numero campione	3996/25
Matrice	Terreno
Data accettazione	27/06/2025
Committente	Dott. Marco Sala GEOLOGO - GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE – GEOTECNICA Via della Maiolica, 4 27057 Varzi (PV)
Produttore	
Luogo di campionamento	Giussago (PV)
Prelevato da	Committente
Data di campionamento	27/06/2025
Metodo di campionamento	non dichiarato
Verbale di campionamento	
N.commissa/Ordine	
Identificativo campione	P2 0-1

RISULTATI ANALITICI

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Umidità	%	6.3±1.3	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25
<i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 e s.m.i. Met II.2</i>						
<u>Amianto</u>						
Amianto (Crisotilo)	* mg/kg (ss)	<1000	1000	1000	1000	30/06/25 - 02/07/25
<i>M.U. 1978:06</i>						
<u>Composti organici aromatici</u>						
Benzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	2	30/06/25 - 02/07/25
Etilbenzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	01/07/25 - 03/07/25
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	<0.03	0.03	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Stirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Toluene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018</i>						
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	100	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018 (Calcolo)</i>						
<u>Determinazione qualitativa amianto con tecnica MOLP</u>						
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)	*	Assenti	-	-	-	30/06/25 - 02/07/25
<i>DM 06/09/1994 GU SG n° 288 10/12/1994 SO n° 156 All.3</i>						
<u>Gravimetria</u>						
Scheletro	%	4.2±0.8	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25

segue Rapporto di Prova n. 4721 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
<u>Idrocarburi</u>						
Idrocarburi leggeri C≤12	mg/kg (ss)	<1	1	10	250	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007</i>						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	15±3	5	50	750	01/07/25 - 03/07/25
<i>ISO 16703:2004</i>						
<u>Idrocarburi policiclici aromatici</u>						
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Crisene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	5	01/07/25 - 03/07/25
Pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	10	100	01/07/25 - 03/07/25
<i>EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018</i>						
<u>Metalli e metalloidi</u>						
Cromo VI	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 02/07/25
<i>CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986</i>						
Arsenico	mg/kg (ss)	10.2±2.0	0.2	20	50	01/07/25 - 03/07/25
Cadmio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 03/07/25
Cobalto	mg/kg (ss)	7.31±1.46	0.2	20	250	01/07/25 - 03/07/25
Cromo totale	mg/kg (ss)	46.2±9.2	0.2	150	800	01/07/25 - 03/07/25
Mercurio	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	5	01/07/25 - 03/07/25
Nichel	mg/kg (ss)	36.6±7.3	0.2	120	500	01/07/25 - 03/07/25

segue Rapporto di Prova n. 4721 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Piombo	mg/kg (ss)	17.9±3.6	0.2	100	1000	01/07/25 - 03/07/25
Rame	mg/kg (ss)	18.4±3.7	0.2	120	600	01/07/25 - 03/07/25
Selenio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	3	15	01/07/25 - 03/07/25
Tallio	* mg/kg (ss)	<0.2	0.2	1	10	01/07/25 - 03/07/25
Vanadio	* mg/kg (ss)	13.8±2.8	0.2	90	250	01/07/25 - 03/07/25
Zinco	* mg/kg (ss)	39.7±7.9	0.2	150	1500	01/07/25 - 03/07/25

EPA 200.8 1994

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. Il campione, se non deperibile o esaurito nel corso della prova e su richiesta del committente, è conservato per 30 giorni dalla data di emissione del rapporto di prova. Ove non espressamente indicato, il recupero valutato in fase di validazione è da intendersi compreso tra il 70% e il 130% e non è stato utilizzato nei calcoli. L'incertezza estesa è associata alla misura con fattore di copertura K=2 e un livello di fiducia del 95%. LOQ: Limite di quantificazione Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA.

Benzo(a)antracene+Benzo(a)pirene+Benzo(b)fluorantene+Benzo(k)fluorantene+Benzo(g,h,i)perilene+Crisene+Dibenzo(a,e)pirene+Dibenzo(a,l)pirene+Dibenzo(a,i)pirene+Dibenzo(a,h)pirene

Limite A: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. A

Limite B: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. B

Il nominativo/ragione sociale del Cliente, la matrice e l'identificazione del campione, la data, il luogo, il metodo e il numero di verbale di campionamento, il nominativo o la ragione sociale di chi ha effettuato il prelievo del campione, il numero di commessa e/o di ordine e il produttore in caso di campioni di rifiuto sono forniti dalla Committente. Il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo. I risultati di prova si riferiscono al campione così come ricevuto.

Gariga di Podenzano, 07/07/2025

Il Responsabile di Laboratorio
Dott. Chim. Filippo Picchioni



Rapporto di Prova n. 4722 -25

Numero campione 3997/25
Matrice Terreno
Data accettazione 27/06/2025
Committente Dott. Marco Sala GEOLOGO - GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE – GEOTECNICA
Via della Maiolica, 4
27057 Varzi (PV)
Produttore
Luogo di campionamento Giussago (PV)
Prelevato da Committente
Data di campionamento 27/06/2025
Metodo di campionamento non dichiarato
Verbale di campionamento
N.commissa/Ordine
Identificativo campione P2 1-2

RISULTATI ANALITICI

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Umidità	%	10.7±2.1	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25
<i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 e s.m.i. Met II.2</i>						
Amianto						
Amianto (Crisotilo)	* mg/kg (ss)	<1000	1000	1000	1000	30/06/25 - 02/07/25
<i>M.U. 1978:06</i>						
Composti organici aromatici						
Benzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	2	30/06/25 - 02/07/25
Etilbenzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	01/07/25 - 03/07/25
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	<0.03	0.03	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Stirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Toluene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018</i>						
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	100	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018 (Calcolo)</i>						
Determinazione qualitativa amianto con tecnica MOLP						
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)	*	Assenti	-	-	-	30/06/25 - 02/07/25
<i>DM 06/09/1994 GU SG n° 288 10/12/1994 SO n° 156 All.3</i>						
Gravimetria						
Scheletro	%	3.3±0.7	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25

segue Rapporto di Prova n. 4722 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
<u>Idrocarburi</u>						
Idrocarburi leggeri C≤12	mg/kg (ss)	<1	1	10	250	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007</i>						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	9.5±1.9	5	50	750	01/07/25 - 03/07/25
<i>ISO 16703:2004</i>						
<u>Idrocarburi policiclici aromatici</u>						
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Crisene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	5	01/07/25 - 03/07/25
Pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	10	100	01/07/25 - 03/07/25
<i>EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018</i>						
<u>Metalli e metalloidi</u>						
Cromo VI	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 02/07/25
<i>CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986</i>						
Arsenico	mg/kg (ss)	8.6±1.7	0.2	20	50	01/07/25 - 03/07/25
Cadmio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 03/07/25
Cobalto	mg/kg (ss)	9.64±1.93	0.2	20	250	01/07/25 - 03/07/25
Cromo totale	mg/kg (ss)	45.2±9.0	0.2	150	800	01/07/25 - 03/07/25
Mercurio	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	5	01/07/25 - 03/07/25
Nichel	mg/kg (ss)	40.9±8.2	0.2	120	500	01/07/25 - 03/07/25

segue Rapporto di Prova n. 4722 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Piombo	mg/kg (ss)	26.1±5.2	0.2	100	1000	01/07/25 - 03/07/25
Rame	mg/kg (ss)	23.8±4.8	0.2	120	600	01/07/25 - 03/07/25
Selenio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	3	15	01/07/25 - 03/07/25
Tallio	* mg/kg (ss)	<0.2	0.2	1	10	01/07/25 - 03/07/25
Vanadio	* mg/kg (ss)	13.6±2.7	0.2	90	250	01/07/25 - 03/07/25
Zinco	* mg/kg (ss)	41.8±8.4	0.2	150	1500	01/07/25 - 03/07/25

EPA 200.8 1994

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. Il campione, se non deperibile o esaurito nel corso della prova e su richiesta del committente, è conservato per 30 giorni dalla data di emissione del rapporto di prova. Ove non espressamente indicato, il recupero valutato in fase di validazione è da intendersi compreso tra il 70% e il 130% e non è stato utilizzato nei calcoli. L'incertezza estesa è associata alla misura con fattore di copertura K=2 e un livello di fiducia del 95%. LOQ: Limite di quantificazione Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA.

Benzo(a)antracene+Benzo(a)pirene+Benzo(b)fluorantene+Benzo(k)fluorantene+Benzo(g,h,i)perilene+Crisene+Dibenzo(a,e)pirene+Dibenzo(a,l)pirene+Dibenzo(a,i)pirene+Dibenzo(a,h)pirene

Limite A: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. A

Limite B: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. B

Il nominativo/ragione sociale del Cliente, la matrice e l'identificazione del campione, la data, il luogo, il metodo e il numero di verbale di campionamento, il nominativo o la ragione sociale di chi ha effettuato il prelievo del campione, il numero di commessa e/o di ordine e il produttore in caso di campioni di rifiuto sono forniti dalla Committente. Il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo. I risultati di prova si riferiscono al campione così come ricevuto.

Gariga di Podenzano, 07/07/2025

Il Responsabile di Laboratorio
Dott. Chim. Filippo Picchioni



Rapporto di Prova n. 4723-25

Numero campione 3998/25
Matrice Terreno
Data accettazione 27/06/2025
Committente Dott. Marco Sala GEOLOGO - GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE – GEOTECNICA
Via della Maiolica, 4
27057 Varzi (PV)
Produttore
Luogo di campionamento Giussago (PV)
Prelevato da Committente
Data di campionamento 27/06/2025
Metodo di campionamento non dichiarato
Verbale di campionamento
N.commissa/Ordine
Identificativo campione P3 0-1

RISULTATI ANALITICI

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Umidità	%	8.6±1.7	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25
<i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 e s.m.i. Met II.2</i>						
Amianto						
Amianto (Crisotilo)	* mg/kg (ss)	<1000	1000	1000	1000	30/06/25 - 02/07/25
<i>M.U. 1978:06</i>						
Composti organici aromatici						
Benzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	2	30/06/25 - 02/07/25
Etilbenzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	01/07/25 - 03/07/25
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	<0.03	0.03	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Stirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Toluene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018</i>						
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	100	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018 (Calcolo)</i>						
Determinazione qualitativa amianto con tecnica MOLP						
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)	*	Assenti	-	-	-	30/06/25 - 02/07/25
<i>DM 06/09/1994 GU SG n° 288 10/12/1994 SO n° 156 All.3</i>						
Gravimetria						
Scheletro	%	4.1±0.8	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25

DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 Met II.1

segue Rapporto di Prova n. 4723 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
<u>Idrocarburi</u>						
Idrocarburi leggeri C≤12	mg/kg (ss)	<1	1	10	250	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007</i>						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	12±2	5	50	750	01/07/25 - 03/07/25
<i>ISO 16703:2004</i>						
<u>Idrocarburi policiclici aromatici</u>						
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Crisene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	5	01/07/25 - 03/07/25
Pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	10	100	01/07/25 - 03/07/25
<i>EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018</i>						
<u>Metalli e metalloidi</u>						
Cromo VI	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 02/07/25
<i>CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986</i>						
Arsenico	mg/kg (ss)	9.66±1.93	0.2	20	50	01/07/25 - 03/07/25
Cadmio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 03/07/25
Cobalto	mg/kg (ss)	7.72±1.54	0.2	20	250	01/07/25 - 03/07/25
Cromo totale	mg/kg (ss)	34.4±6.9	0.2	150	800	01/07/25 - 03/07/25
Mercurio	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	5	01/07/25 - 03/07/25
Nichel	mg/kg (ss)	29.7±5.9	0.2	120	500	01/07/25 - 03/07/25

segue Rapporto di Prova n. 4723 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Piombo	mg/kg (ss)	21.3±4.3	0.2	100	1000	01/07/25 - 03/07/25
Rame	mg/kg (ss)	18.3±3.7	0.2	120	600	01/07/25 - 03/07/25
Selenio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	3	15	01/07/25 - 03/07/25
Tallio	* mg/kg (ss)	<0.2	0.2	1	10	01/07/25 - 03/07/25
Vanadio	* mg/kg (ss)	12.7±2.5	0.2	90	250	01/07/25 - 03/07/25
Zinco	* mg/kg (ss)	36.3±7.3	0.2	150	1500	01/07/25 - 03/07/25

EPA 200.8 1994

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. Il campione, se non deperibile o esaurito nel corso della prova e su richiesta del committente, è conservato per 30 giorni dalla data di emissione del rapporto di prova. Ove non espressamente indicato, il recupero valutato in fase di validazione è da intendersi compreso tra il 70% e il 130% e non è stato utilizzato nei calcoli. L'incertezza estesa è associata alla misura con fattore di copertura K=2 e un livello di fiducia del 95%. LOQ: Limite di quantificazione Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA.

Benzo(a)antracene+Benzo(a)pirene+Benzo(b)fluorantene+Benzo(k)fluorantene+Benzo(g,h,i)perilene+Crisene+Dibenzo(a,e)pirene+Dibenzo(a,l)pirene+Dibenzo(a,i)pirene+Dibenzo(a,h)pirene

Limite A: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. A

Limite B: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. B

Il nominativo/ragione sociale del Cliente, la matrice e l'identificazione del campione, la data, il luogo, il metodo e il numero di verbale di campionamento, il nominativo o la ragione sociale di chi ha effettuato il prelievo del campione, il numero di commessa e/o di ordine e il produttore in caso di campioni di rifiuto sono forniti dalla Committente. Il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo. I risultati di prova si riferiscono al campione così come ricevuto.

Gariga di Podenzano, 07/07/2025

Il Responsabile di Laboratorio
Dott. Chim. Filippo Picchioni



Rapporto di Prova n. 4724 -25

Numero campione	3999/25
Matrice	Terreno
Data accettazione	27/06/2025
Committente	Dott. Marco Sala GEOLOGO - GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE – GEOTECNICA Via della Maiolica, 4 27057 Varzi (PV)
Produttore	
Luogo di campionamento	Giussago (PV)
Prelevato da	Committente
Data di campionamento	27/06/2025
Metodo di campionamento	non dichiarato
Verbale di campionamento	
N.commissa/Ordine	
Identificativo campione	P3 1-2

RISULTATI ANALITICI

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Umidità	%	9.54±1.91	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25
<i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 e s.m.i. Met II.2</i>						
<u>Amianto</u>						
Amianto (Crisotilo)	* mg/kg (ss)	<1000	1000	1000	1000	30/06/25 - 02/07/25
<i>M.U. 1978:06</i>						
<u>Composti organici aromatici</u>						
Benzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	2	30/06/25 - 02/07/25
Etilbenzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	01/07/25 - 03/07/25
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	<0.03	0.03	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Stirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Toluene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018</i>						
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	100	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018 (Calcolo)</i>						
<u>Determinazione qualitativa amianto con tecnica MOLP</u>						
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)	*	Assenti	-	-	-	30/06/25 - 02/07/25
<i>DM 06/09/1994 GU SG n° 288 10/12/1994 SO n° 156 All.3</i>						
<u>Gravimetria</u>						
Scheletro	%	3.3±0.7	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25

segue Rapporto di Prova n. 4724 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
<u>Idrocarburi</u>						
Idrocarburi leggeri C≤12	mg/kg (ss)	<1	1	10	250	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007</i>						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	10±2	5	50	750	01/07/25 - 03/07/25
<i>ISO 16703:2004</i>						
<u>Idrocarburi policiclici aromatici</u>						
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Crisene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	5	01/07/25 - 03/07/25
Pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	10	100	01/07/25 - 03/07/25
<i>EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018</i>						
<u>Metalli e metalloidi</u>						
Cromo VI	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 02/07/25
<i>CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986</i>						
Arsenico	mg/kg (ss)	7.75±1.55	0.2	20	50	01/07/25 - 03/07/25
Cadmio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 03/07/25
Cobalto	mg/kg (ss)	7.72±1.54	0.2	20	250	01/07/25 - 03/07/25
Cromo totale	mg/kg (ss)	39.3±7.9	0.2	150	800	01/07/25 - 03/07/25
Mercurio	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	5	01/07/25 - 03/07/25
Nichel	mg/kg (ss)	31.9±6.4	0.2	120	500	01/07/25 - 03/07/25

segue Rapporto di Prova n. 4724 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Piombo	mg/kg (ss)	22.8±4.6	0.2	100	1000	01/07/25 - 03/07/25
Rame	mg/kg (ss)	17.6±3.5	0.2	120	600	01/07/25 - 03/07/25
Selenio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	3	15	01/07/25 - 03/07/25
Tallio	* mg/kg (ss)	<0.2	0.2	1	10	01/07/25 - 03/07/25
Vanadio	* mg/kg (ss)	11.9±2.4	0.2	90	250	01/07/25 - 03/07/25
Zinco	* mg/kg (ss)	40.2±8.0	0.2	150	1500	01/07/25 - 03/07/25

EPA 200.8 1994

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. Il campione, se non deperibile o esaurito nel corso della prova e su richiesta del committente, è conservato per 30 giorni dalla data di emissione del rapporto di prova. Ove non espressamente indicato, il recupero valutato in fase di validazione è da intendersi compreso tra il 70% e il 130% e non è stato utilizzato nei calcoli. L'incertezza estesa è associata alla misura con fattore di copertura K=2 e un livello di fiducia del 95%. LOQ: Limite di quantificazione. Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA.

Benzo(a)antracene+Benzo(a)pirene+Benzo(b)fluorantene+Benzo(k)fluorantene+Benzo(g,h,i)perilene+Crisene+Dibenzo(a,e)pirene+Dibenzo(a,l)pirene+Dibenzo(a,i)pirene+Dibenzo(a,h)pirene

Limite A: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. A

Limite B: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. B

Il nominativo/ragione sociale del Cliente, la matrice e l'identificazione del campione, la data, il luogo, il metodo e il numero di verbale di campionamento, il nominativo o la ragione sociale di chi ha effettuato il prelievo del campione, il numero di commessa e/o di ordine e il produttore in caso di campioni di rifiuto sono forniti dalla Committente. Il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo. I risultati di prova si riferiscono al campione così come ricevuto.

Gariga di Podenzano, 07/07/2025

Il Responsabile di Laboratorio
Dott. Chim. Filippo Picchioni



Rapporto di Prova n. 4725-25

Numero campione	4000/25
Matrice	Terreno
Data accettazione	27/06/2025
Committente	Dott. Marco Sala GEOLOGO - GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE – GEOTECNICA Via della Maiolica, 4 27057 Varzi (PV)
Produttore	
Luogo di campionamento	Giussago (PV)
Prelevato da	Committente
Data di campionamento	27/06/2025
Metodo di campionamento	non dichiarato
Verbale di campionamento	
N.commissa/Ordine	
Identificativo campione	P4 0-1

RISULTATI ANALITICI

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Umidità	%	7.4±1.5	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25
<i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 e s.m.i. Met II.2</i>						
<u>Amianto</u>						
Amianto (Crisotilo)	* mg/kg (ss)	<1000	1000	1000	1000	30/06/25 - 02/07/25
<i>M.U. 1978:06</i>						
<u>Composti organici aromatici</u>						
Benzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	2	30/06/25 - 02/07/25
Etilbenzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	01/07/25 - 03/07/25
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	<0.03	0.03	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Stirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Toluene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018</i>						
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	100	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018 (Calcolo)</i>						
<u>Determinazione qualitativa amianto con tecnica MOLP</u>						
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)	*	Assenti	-	-	-	30/06/25 - 02/07/25
<i>DM 06/09/1994 GU SG n° 288 10/12/1994 SO n° 156 All.3</i>						
<u>Gravimetria</u>						
Scheletro	%	5.3±1.1	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25

segue Rapporto di Prova n. 4725 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
<u>Idrocarburi</u>						
Idrocarburi leggeri C≤12	mg/kg (ss)	<1	1	10	250	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007</i>						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	14±3	5	50	750	01/07/25 - 03/07/25
<i>ISO 16703:2004</i>						
<u>Idrocarburi policiclici aromatici</u>						
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Crisene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	5	01/07/25 - 03/07/25
Pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	10	100	01/07/25 - 03/07/25
<i>EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018</i>						
<u>Metalli e metalloidi</u>						
Cromo VI	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 02/07/25
<i>CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986</i>						
Arsenico	mg/kg (ss)	12.6±2.5	0.2	20	50	01/07/25 - 03/07/25
Cadmio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 03/07/25
Cobalto	mg/kg (ss)	9.16±1.83	0.2	20	250	01/07/25 - 03/07/25
Cromo totale	mg/kg (ss)	46.3±9.3	0.2	150	800	01/07/25 - 03/07/25
Mercurio	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	5	01/07/25 - 03/07/25
Nichel	mg/kg (ss)	37.4±7.5	0.2	120	500	01/07/25 - 03/07/25

segue Rapporto di Prova n. 4725 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Piombo	mg/kg (ss)	20.0±4.0	0.2	100	1000	01/07/25 - 03/07/25
Rame	mg/kg (ss)	15.9±3.2	0.2	120	600	01/07/25 - 03/07/25
Selenio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	3	15	01/07/25 - 03/07/25
Tallio	* mg/kg (ss)	<0.2	0.2	1	10	01/07/25 - 03/07/25
Vanadio	* mg/kg (ss)	13.9±2.8	0.2	90	250	01/07/25 - 03/07/25
Zinco	* mg/kg (ss)	41.5±8.3	0.2	150	1500	01/07/25 - 03/07/25

EPA 200.8 1994

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. Il campione, se non deperibile o esaurito nel corso della prova e su richiesta del committente, è conservato per 30 giorni dalla data di emissione del rapporto di prova. Ove non espressamente indicato, il recupero valutato in fase di validazione è da intendersi compreso tra il 70% e il 130% e non è stato utilizzato nei calcoli. L'incertezza estesa è associata alla misura con fattore di copertura K=2 e un livello di fiducia del 95%. LOQ: Limite di quantificazione. Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA.

Benzo(a)antracene+Benzo(a)pirene+Benzo(b)fluorantene+Benzo(k)fluorantene+Benzo(g,h,i)perilene+Crisene+Dibenzo(a,e)pirene+Dibenzo(a,l)pirene+Dibenzo(a,i)pirene+Dibenzo(a,h)pirene

Limite A: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. A

Limite B: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. B

Il nominativo/ragione sociale del Cliente, la matrice e l'identificazione del campione, la data, il luogo, il metodo e il numero di verbale di campionamento, il nominativo o la ragione sociale di chi ha effettuato il prelievo del campione, il numero di commessa e/o di ordine e il produttore in caso di campioni di rifiuto sono forniti dalla Committente. Il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo. I risultati di prova si riferiscono al campione così come ricevuto.

Gariga di Podenzano, 07/07/2025

Il Responsabile di Laboratorio
Dott. Chim. Filippo Picchioni



Rapporto di Prova n. 4726-25

Numero campione	4001/25
Matrice	Terreno
Data accettazione	27/06/2025
Committente	Dott. Marco Sala GEOLOGO - GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE – GEOTECNICA Via della Maiolica, 4 27057 Varzi (PV)
Produttore	
Luogo di campionamento	Giussago (PV)
Prelevato da	Committente
Data di campionamento	27/06/2025
Metodo di campionamento	non dichiarato
Verbale di campionamento	
N.commissa/Ordine	
Identificativo campione	P4 1-2

RISULTATI ANALITICI

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Umidità	%	9.5±1.9	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25
<i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 e s.m.i. Met II.2</i>						
Amianto						
Amianto (Crisotilo)	* mg/kg (ss)	<1000	1000	1000	1000	30/06/25 - 02/07/25
<i>M.U. 1978:06</i>						
Composti organici aromatici						
Benzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	2	30/06/25 - 02/07/25
Etilbenzene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	01/07/25 - 03/07/25
m+p+o-Xilene	mg/kg (ss)	<0.03	0.03	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Stirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
Toluene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	50	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018</i>						
Sommatoria solventi organici aromatici (escluso Benzene)	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	100	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018 (Calcolo)</i>						
Determinazione qualitativa amianto con tecnica MOLP						
Determinazione qualitativa delle fibre di amianto (MOLP)	*	Assenti	-	-	-	30/06/25 - 02/07/25
<i>DM 06/09/1994 GU SG n° 288 10/12/1994 SO n° 156 All.3</i>						
Gravimetria						
Scheletro	%	3.2±0.6	0.1	-	-	27/06/25 - 30/06/25

segue Rapporto di Prova n. 4726 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
<u>Idrocarburi</u>						
Idrocarburi leggeri C≤12	mg/kg (ss)	<1	1	10	250	30/06/25 - 02/07/25
<i>EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007</i>						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg (ss)	5.3±1.1	5	50	750	01/07/25 - 03/07/25
<i>ISO 16703:2004</i>						
<u>Idrocarburi policiclici aromatici</u>						
Benzo(a)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(a)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(b)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(ghi)perilene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Benzo(k)fluorantene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.5	10	01/07/25 - 03/07/25
Crisene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	10	01/07/25 - 03/07/25
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	0.1	5	01/07/25 - 03/07/25
Pirene	mg/kg (ss)	<0.01	0.01	5	50	01/07/25 - 03/07/25
Sommatoria IPA #	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	10	100	01/07/25 - 03/07/25
<i>EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018</i>						
<u>Metalli e metalloidi</u>						
Cromo VI	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 02/07/25
<i>CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986</i>						
Arsenico	mg/kg (ss)	9.7±1.9	0.2	20	50	01/07/25 - 03/07/25
Cadmio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	2	15	01/07/25 - 03/07/25
Cobalto	mg/kg (ss)	10.2±2.0	0.2	20	250	01/07/25 - 03/07/25
Cromo totale	mg/kg (ss)	43.8±8.8	0.2	150	800	01/07/25 - 03/07/25
Mercurio	mg/kg (ss)	<0.1	0.1	1	5	01/07/25 - 03/07/25
Nichel	mg/kg (ss)	41.7±8.3	0.2	120	500	01/07/25 - 03/07/25

segue Rapporto di Prova n. 4726 -25

Parametro / Metodo analitico	Unità di misura	Risultato/Incertezza	LOQ	Limite A	Limite B	Data inizio/fine analisi
Piombo	mg/kg (ss)	22.4±4.5	0.2	100	1000	01/07/25 - 03/07/25
Rame	mg/kg (ss)	19.4±3.9	0.2	120	600	01/07/25 - 03/07/25
Selenio	mg/kg (ss)	<0.2	0.2	3	15	01/07/25 - 03/07/25
Tallio	* mg/kg (ss)	<0.2	0.2	1	10	01/07/25 - 03/07/25
Vanadio	* mg/kg (ss)	11.4±2.3	0.2	90	250	01/07/25 - 03/07/25
Zinco	* mg/kg (ss)	36.5±7.3	0.2	150	1500	01/07/25 - 03/07/25

EPA 200.8 1994

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio. Il campione, se non deperibile o esaurito nel corso della prova e su richiesta del committente, è conservato per 30 giorni dalla data di emissione del rapporto di prova. Ove non espressamente indicato, il recupero valutato in fase di validazione è da intendersi compreso tra il 70% e il 130% e non è stato utilizzato nei calcoli. L'incertezza estesa è associata alla misura con fattore di copertura K=2 e un livello di fiducia del 95%. LOQ: Limite di quantificazione. Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA.

Benzo(a)antracene+Benzo(a)pirene+Benzo(b)fluorantene+Benzo(k)fluorantene+Benzo(g,h,i)perilene+Crisene+Dibenzo(a,e)pirene+Dibenzo(a,l)pirene+Dibenzo(a,i)pirene+Dibenzo(a,h)pirene

Limite A: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. A

Limite B: Limiti D.Lgs. 152/06 Tab.1 All.5 Parte IV Titolo 5 - Col. B

Il nominativo/ragione sociale del Cliente, la matrice e l'identificazione del campione, la data, il luogo, il metodo e il numero di verbale di campionamento, il nominativo o la ragione sociale di chi ha effettuato il prelievo del campione, il numero di commessa e/o di ordine e il produttore in caso di campioni di rifiuto sono forniti dalla Committente. Il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo. I risultati di prova si riferiscono al campione così come ricevuto.

Gariga di Podenzano, 07/07/2025

Il Responsabile di Laboratorio

Dott. Chim. Filippo Picchioni





Foto 1: Punto di prova/campionamento ambientale D.P.S.H. 1.



Foto 2: Punto di prova/campionamento ambientale D.P.S.H. 2.

Committente: Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi	A cura di: Dott. Geol. Marco SALA Via Della Maiolica n.4 27057 Varzi (PV)	CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI TRATTI DI SPONDE ED ALZAIE DEI NAVIGLI MARTESANA, PAVIA E BEREGUARDO LOTTO FUNZIONALE 2 NAVIGLIO DI PAVIA RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA IN COMUNE DI GIUSSAGO E MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAIA		Data: Luglio 2025
		Documentazione fotografica	ALL.5	Scala: //



Foto 3: Punto di prova/campionamento ambientale D.P.S.H. 3.



Foto 4: Punto di prova/campionamento ambientale D.P.S.H. 4.

Committente: Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi	A cura di: Dott. Geol. Marco SALA Via Della Maiolica n.4 27057 Varzi (PV)	CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI TRATTI DI SPONDE ED ALZAIE DEI NAVIGLI MARTESANA, PAVIA E BEREGUARDO LOTTO FUNZIONALE 2 NAVIGLIO DI PAVIA RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA IN COMUNE DI GIUSSAGO E MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAIA		Data: Luglio 2025
		Documentazione fotografica	ALL.5	Scala: //

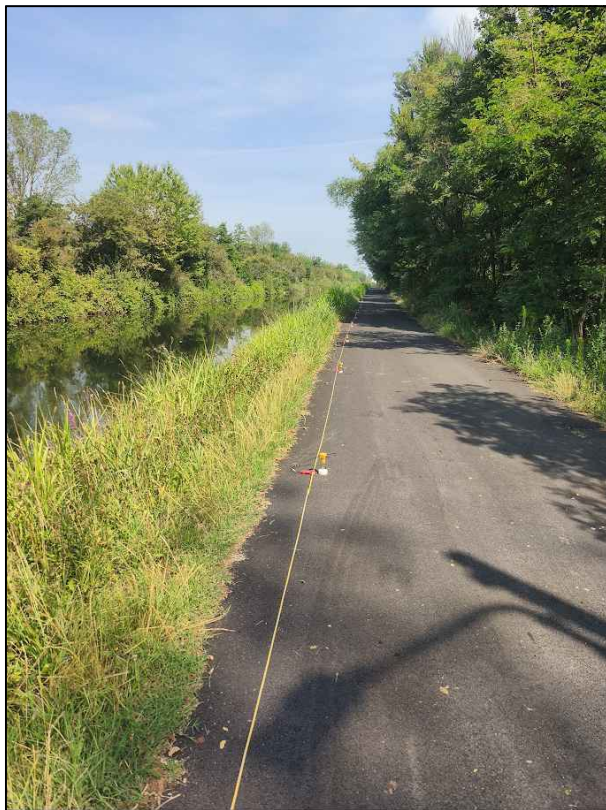


Foto 5: Stendimento sismico M.A.S.W. L1.

Committente: Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi	A cura di: Dott. Geol. Marco SALA Via Della Maiolica n.4 27057 Varzi (PV)	CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI TRATTI DI SPONDE ED ALZAIE DEI NAVIGLI MARTESANA, PAVIA E BEREGUARDO LOTTO FUNZIONALE 2 NAVIGLIO DI PAVIA RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA SPONDA SINISTRA IN COMUNE DI GIUSSAGO E MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA ALZAIA		Data: Luglio 2025
		Documentazione fotografica	ALL.5	Scala: //