

Proponente:

**INTRED S.p.a.**

Via P. Tamburini, 1 – 25136 Brescia (BS)

Riferimento:

PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE AL P.G.T.

Progetto:

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA NUOVA SEDE AZIENDALE DELLA DITTA INTRED S.P.A., NELL'AMBITO DEL COMPARTO "AT – C.2.1. IDEAL CLIMA – IDEAL STANDARD" – LOTTO 1, NELL'AREA OCCUPATA DALLA EX IDEAL STANDARD IN VIA MILANO E VIA VILLA GLORI

Elaborato:

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC**R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011**

N. COMMESSA:	DATA:	Documento:
2 5 0 1 6	agosto 2025	UNICO

REDAZIONE:  Ing. Silvano ROSSATO Geol. Claudio LEONCINI Geom. Giulio ZAMPINI Geom. Nicola CORDIOLI SEDE LEGALE: Viale Cristoforo Colombo, 131 37138 Verona Cod. Fisc. – P. IVA 0308 5450 231 UFFICIO TECNICO: Via Osteria Grande, 61 37066 Sommacampagna (VR) Tel. 045 510288 – Fax. 045 510514 e-mail: info@psv srl.com   Certificato N° 1280	A CURA DI: Dott. Geol. Claudio LEONCINI 	IL COMMITTENTE: INTRED S.p.a.
---	--	---

0	26/08/2025	Emesso per approvazione	L.M.	L.C.	L.C.
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato

Comune di Brescia

Provincia di Brescia

Proponente:



INTRED S.p.a.

Via P. Tamburini, 1 – 25136 Brescia (BS)

Riferimento:

PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE AL P.G.T.

Progetto:

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA NUOVA SEDE AZIENDALE DELLA DITTA INTRED S.P.A., NELL'AMBITO DEL COMPARTO "AT – C.2.1 IDEAL CLIMA – IDEAL STANDARD" – LOTTO 1, NELL'AREA OCCUPATA DALLA EX IDEAL STANDARD IN VIA MILANO E VIA VILLA GLORI

Elaborato:

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC

R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Redatta da:

Dott. Geol. Claudio LEONCINI

Sommacampagna, agosto 2025

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1 IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Pag. 1

INDICE

PREMESSA	3
RIFERIMENTI NORMATIVI	4
1. INTERVENTO IN PROGETTO	5
2. R1 – RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018.....	7
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	7
2.2 LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.....	11
2.3 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	14
2.4 INDAGINE GEOGNOSTICA.....	21
2.4.1 Sondaggi a carotaggio continuo	21
2.4.2 Prove SPT in foro di sondaggio.....	22
2.4.1 Prelievo di campioni rimaneggiati	25
2.4.2 Indagine sismica	27
2.5 MODELLO GEOLOGICO LOCALE	30
2.6 MODELLO GEOTECNICO LOCALE	30
3. R3 - RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ AI SENSI DELLA DGR 2616/2011 .	32
3.1 PIANIFICAZIONE COMUNALE – P.G.T. DEL COMUNE DI BRESCIA	32
3.2 RETE NATURA 2000	36
3.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	37
3.4 CARATTERI SISMOGENETICI DELL' AREA.....	41
3.5 SORGENTI SISMOGENETICHE	43
3.6 ZONAZIONE SISMICA	46
3.6.1 Azione sismica.....	51
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	54
5. ALLEGATI.....	55

PREMESSA

La presente relazione, condotta su incarico e per conto di **INTRED S.p.a.**, riguarda la caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica, dell'area di proprietà, sita all'interno del Lotto 1 del Comparto "AT- C.2.1 *Ideal Clima Ideal Standard*" in Via Milano a Brescia, oggetto di Piano Attuativo in variante al P.G.T., dove la Ditta intende realizzare il nuovo data center e la nuova sede aziendale.

In particolare, il presente studio si riferisce al progetto di variante, a cura dell'**Arch. Paolo Terramoccia** e dell'**Arch. Francesco Fogazzi**.

In conformità con quanto previsto dal **D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni"** e alla **Circ. Min. C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni"** che al punto 6.2.1 indica che *"la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio"*, lo scopo è stato quello di acquisire tutte le informazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico, utili alla definizione della fattibilità dell'opera in progetto ed individuare eventuali criticità appartenenti a tale ambito.

Inoltre, sono stati analizzati i vincoli e le criticità di ordine geologico che gravano sul sito in oggetto, come previsto dalla **D.G.R. IX/2616/2011**.

Pertanto, lo studio si è articolato nei seguenti punti:

- raccolta ed analisi delle Letteratura geologica esistente;
- esecuzione di **n. 4 sondaggi a carotaggio continuo** con prove SPT in foro e prelievo di campioni rimaneggiati;
- esecuzione di indagine geofisica con **n. 1 profilo di sismica passiva Re.Mi.**, e **n.1 test di Nakamura (HVSr)**;
- stesura della presente relazione tecnica che ha fatto riferimento alla necessità di produrre i seguenti documenti:
 - R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC;
 - R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Nella redazione della presente relazione ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa pregressa e vigente, in particolare:

- **D.M. LL.PP. 11.03.1988:** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- **Circ. Min. LL.PP. 24.09.1988 n. 30483:** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce; la stabilità dei pendii e delle scarpate, e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione";
- **Circ. Min. LL.PP. 09.01.1996 n. 218/24/3:** "Legge 2 febbraio 1974 n. 64. Decreto Min. LL.PP. 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";
- **Ordinanza O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003:** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- **D. Lgs. n. 152 del 03.04.2006:** Norme in materia ambientale;
- **Ordinanza O.P.C.M. n°3519 del 28.04.2006** "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- **D. Min. Infrastrutture e trasporti del 14.01.2008:** Nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC);
- **D. Lgs. n. 4 del 16.01.2008:** Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale;
- **Circ. Min. LL. PP. 2 febbraio 2009 n. 617** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- **D. Min. Infrastrutture e trasporti del 17.01.2018:** "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni (NTC)";
- **Min. Infrastrutture e trasporti - Circ. 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP.:** "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni'» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- **D.G.R. 30 novembre 2011 - n. IX/2616:** "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";
- **D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129:** "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)";
- **D.G.R. 30 marzo 2016 - n. X/5001:** "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)".

1. INTERVENTO IN PROGETTO

Il progetto consiste in una variante al P.G.T. vigente, per la ripermimetrazione dei Lotti del comparto "AT - C.2.1 Ideal Clima - Ideal Standard".

La seguente figura mostra il confronto fra il limite attuale e la proposta progettuale, in relazione alla quale, l'area di proprietà della ditta proponente INTRED S.p.a., è rappresentata da una porzione dell'**Ambito AT-C.2.1 U.M.I. 1** (cfr. *Figura 1*, in basso).

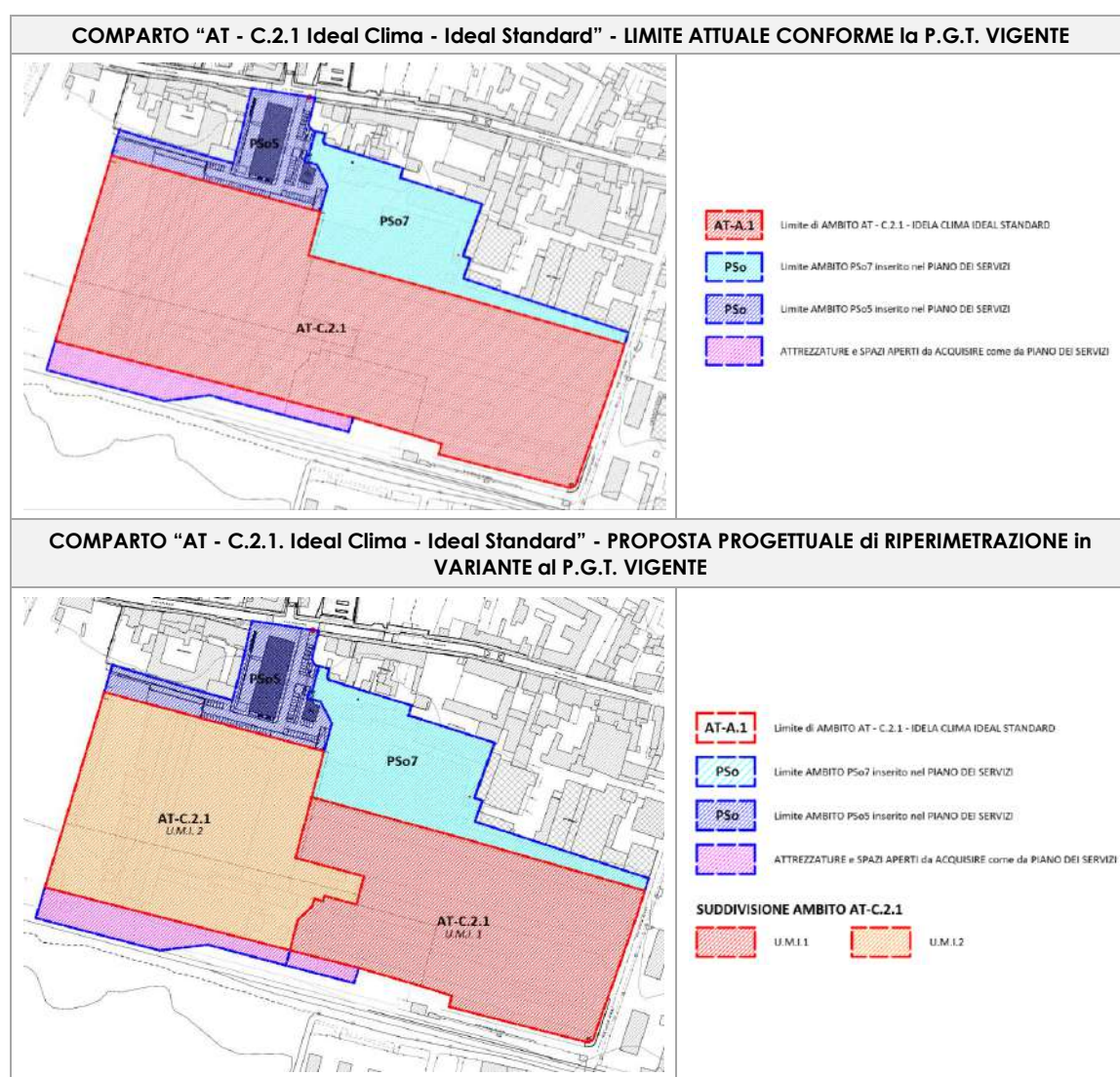


Figura 1: Estratto Tavola T06 – Inquadramento progetto di Variante – Planimetria generale con suddivisione del comparto in U.M.I. e lotti di sviluppo

In particolare, l'intervento in progetto prevede la realizzazione di un nuovo datacenter e della nuova sede della ditta INTRED S.p.a., in via Milano a Brescia.

Attualmente, l'area di proprietà, un tempo sede degli stabilimenti Ideal Standard, si presenta completamente sgombra, in quanto tutti i fabbricati sono stati demoliti.

Il progetto prevede la costruzione di un datacenter suddiviso in n. 4 blocchi da 1.500 mq ciascuno, un fabbricato di circa 560 mq adibito a volume tecnico A2A "calore ed energia" con dissipatori termici per connessione con la rete cittadina di teleriscaldamento ed una palazzina uffici della superficie di circa 1.300 mq. (cfr. Figura 2).

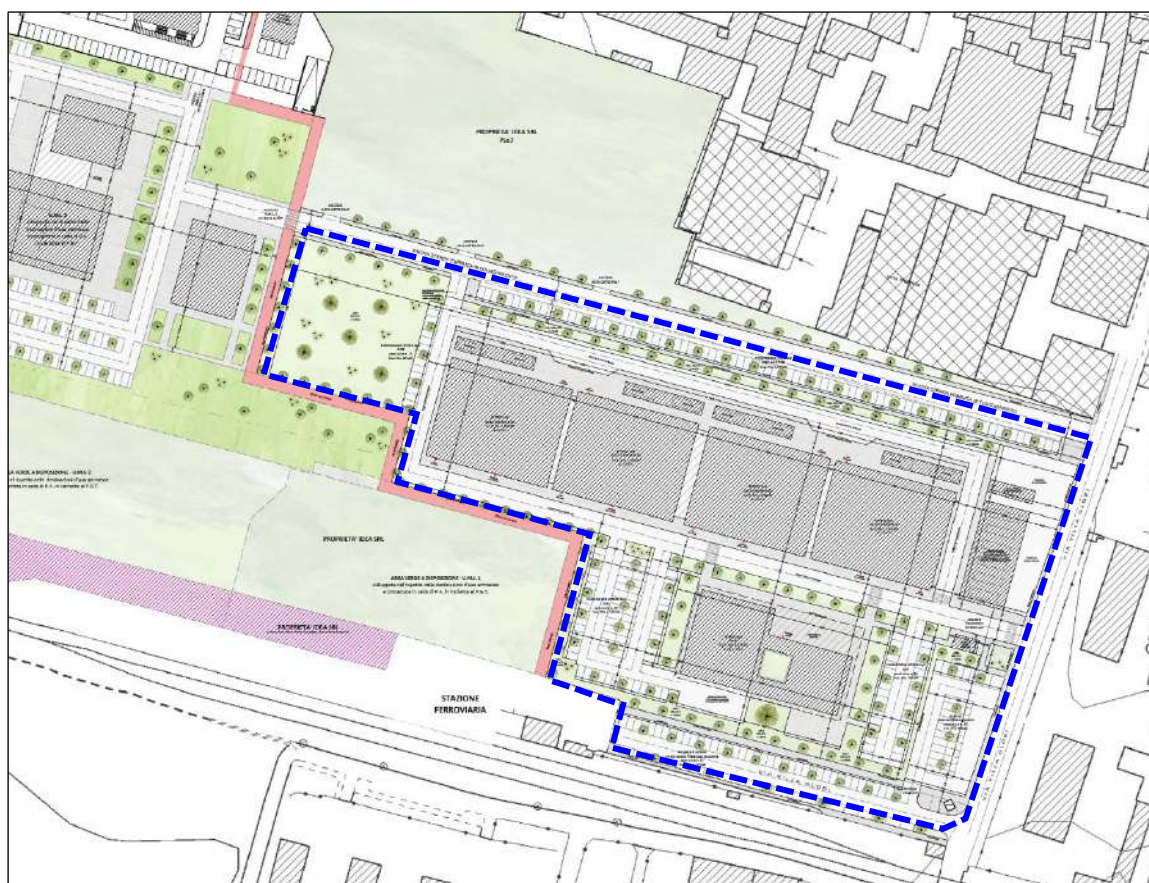


Figura 2: Planimetria generale dell'intervento

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Pag. 6

2. R1 – RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

2.1 Inquadramento territoriale

Il sito in studio è ubicato in corrispondenza della ex area industriale Ideal Standard, posta nel settore occidentale del Comune di Brescia, in Via Milano, circa 320 m ad Est della Tangenziale Ovest, e circa 2,3 Km a Nord-est del Casello autostradale di Brescia Ovest.

La quota topografica è circa pari a 142 m. s.l.m.



Figura 3: Ubicazione dell'area in studio: in rosso, il perimetro del Piano attuativo e, in giallo, il Lotto 1, di proprietà di INTRED S.p.a. (fonte: Google Earth)

Dal punto di vista cartografico, l'area è compresa nel Foglio n. 47 IV SE "Travagliato" della Carta Topografica d'Italia, edita dall'Istituto Geografico Militare, alla scala 1:25.000.

Per un maggior dettaglio, il riferimento è la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, redatta dalla Regione Lombardia, in particolare la Sezione D6B1 "Brescia".

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Pag. 7

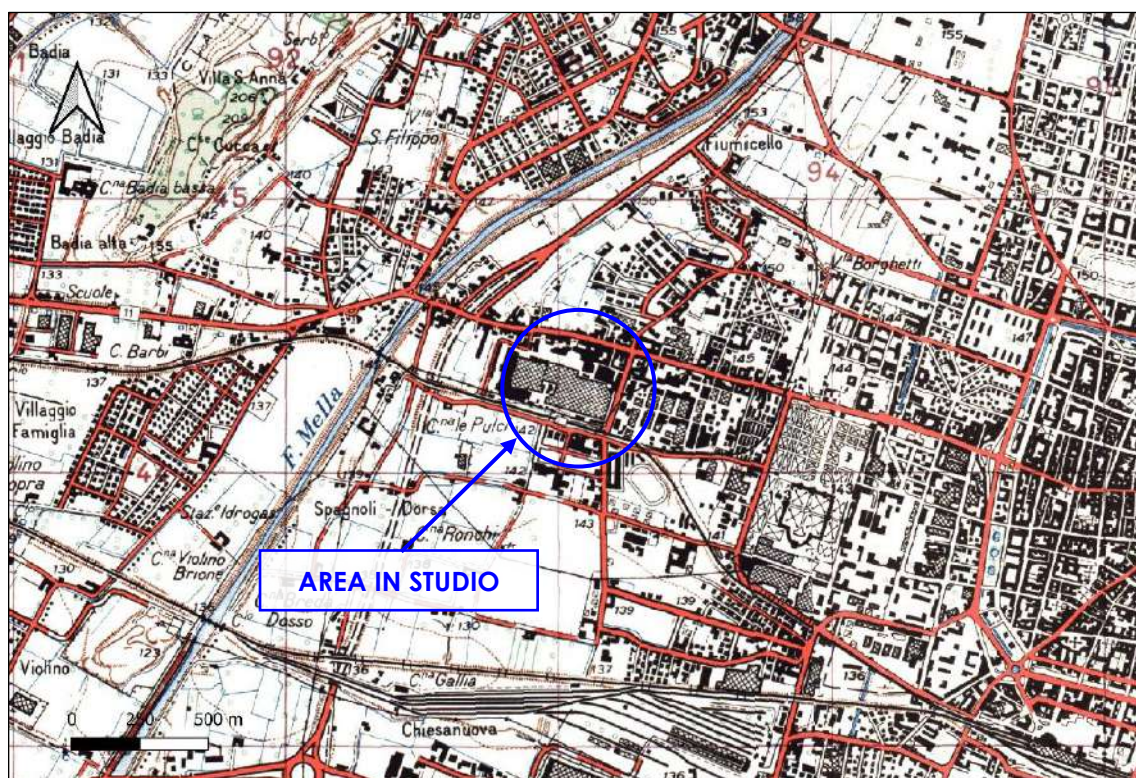


Figura 4: Estratto Carta I.G.M. - Foglio n.47 IV SE "Travagliato"

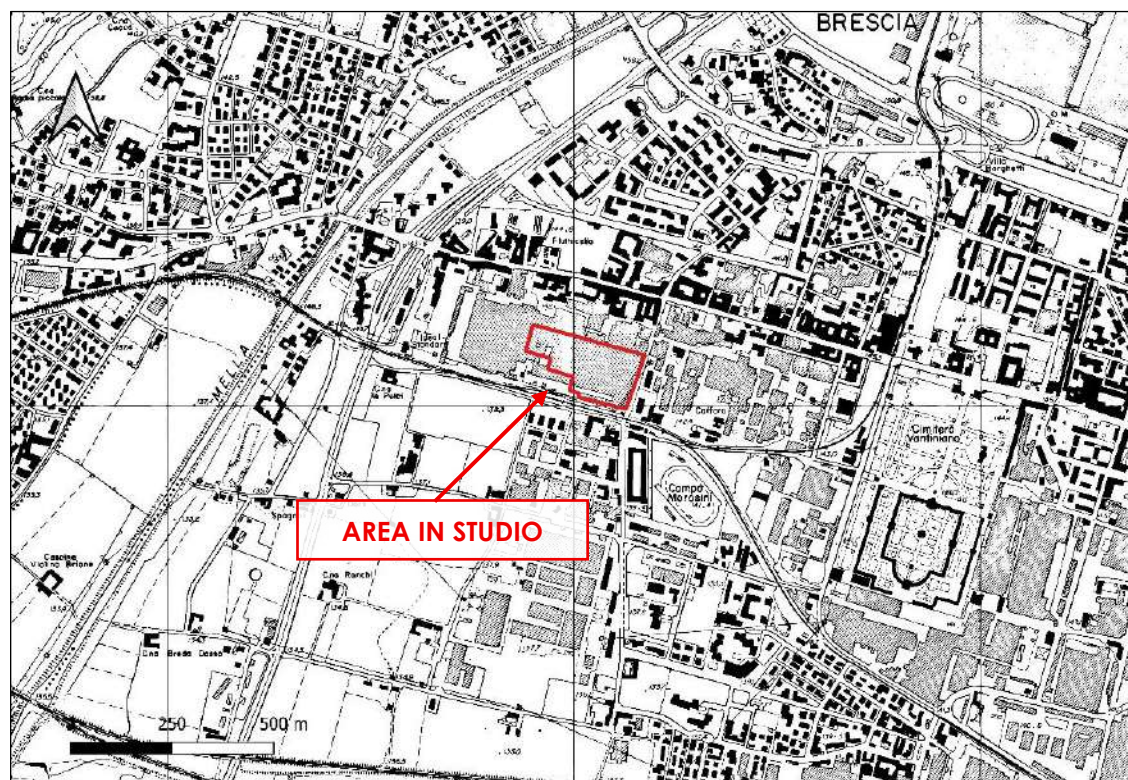


Figura 5: Estratto Carta Tecnica Regionale - Sezione D6B1 "Brescia"

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Pag. 8

Dal punto di vista catastale, l'area d'intervento, di proprietà della ditta INTRED S.p.a. è identificata al **Foglio 110, particella n. 336 - parte**, del Comune di Brescia.



Figura 6: Estratto mappa catastale – fonte Formaps

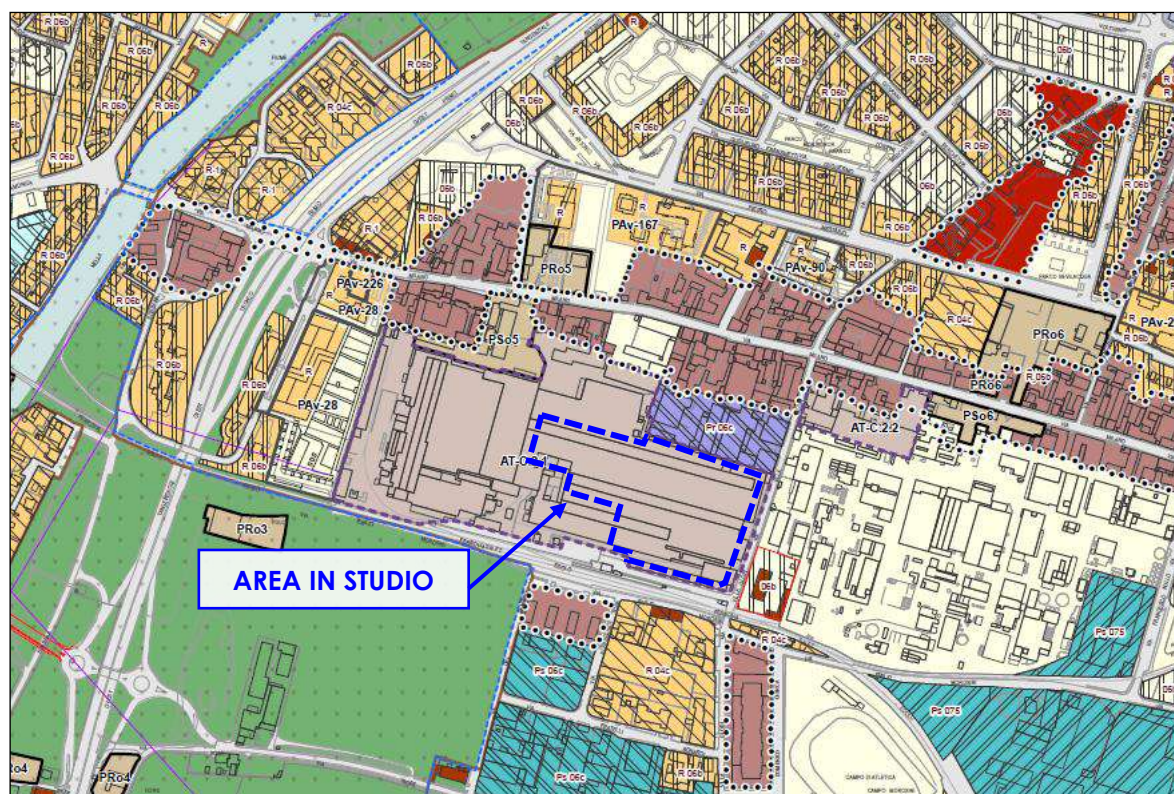
Per quanto riguarda la destinazione d'uso del sito, il P.G.T. vigente nel Comune di Brescia (approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 17/44571 del 09/02/2016), classifica l'area su cui insiste il lotto di interesse, come "ambito della città in trasformazione", ricadendo in "ambito di trasformazione disciplinato del Documento di Piano (NTA art. 83 b)".

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Pag. 9



Ambiti della città in trasformazione

- PR Progetti Speciali disciplinati del Piano delle Regole (NTA art.82)
- PS Progetti Speciali disciplinati del Piano dei Servizi (NTA art.63)
- AR Aree di rinaturalizzazione (NTA art.88)
- PAV Piani attuativi vigenti (NTA art.83a)
- AT Ambiti di Trasformazione con doppio regime (DdP-PdR) (NTA art.83b)
- AT Ambiti di trasformazione disciplinati del Documento di Piano (NTA art.83b)

Figura 7: Piano delle Regole – P.G.T. Comune di Brescia

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Pag. 10

2.2 Lineamenti geologici e geomorfologici

La città di Brescia si colloca allo sbocco della Val Trompia nella pianura padana; la forma di tale vallata si presenta, nella parte centrale e meridionale, piuttosto articolata ed asimmetrica, questo si traduce in una differente morfologia dei due versanti: dolcemente ondulato quello occidentale, con caratteri più aspri quello orientale.

I terrazzi alluvionali, appartenenti all'asta fluviale, del Fiume Mella sono stati, nel corso degli anni, oblitterati dall'attività antropica, che si è sviluppata anche a ridosso del Fiume stesso.

La struttura del conoide formato dal fiume Mella, venutosi a creare per la diminuzione della capacità di trasporto del corso d'acqua allo sbocco in pianura, si presenta molto articolata e non facilmente interpretabile. Un tempo, anche il Fiume Chiese confluiva verso la pianura a Sud di Brescia, passando con uno o più rami a Nord della collina di Castenedolo. In questo modo, si è venuta a creare una coalescenza dei due conoidi, con l'accumulo di una grossa quantità di ghiaie e sabbie nella zona compresa tra S. Polo e Castenedolo.

L'area in studio è morfologicamente posta nell'Alta Pianura Bresciana, costituita da una superficie pianeggiante, debolmente inclinata verso Sud-Est; la quota topografica è di circa 142 m.s.l.m.

Dal punto di vista litologico, questa porzione di pianura è rappresentata da **alluvioni antiche e recenti ghiaioso sabbiose**, appartenenti all'alveo del Fiume Mella, da medie a molto grossolane; tali depositi si raccordano ai depositi fluvioglaciali appartenenti al "*Livello fondamentale della Pianura*".

Nello specifico, andando ad analizzare la Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 – Foglio n. 47 Brescia, nell'area di studio, affiorano "*alluvioni sabbioso-ghiaiose, terrazzate, post-glaciali antiche*"; *localmente possono esservi comprese anche alluvioni corrispondenti alle fasi glaciali tardo-wurmiane, ed alluvioni recenti (a¹)*".

Tali depositi alluvionali affiorano nel settore occidentale della città di Brescia, in prossimità del Fiume Mella e proseguono a Nord fino ad incunearsi nella bassa Val Trompia, in corrispondenza dello sbocco dello stesso Fiume nell'alta pianura bresciana.

Proseguendo verso Est, si passa invece a “alluvioni fluvioglaciali e fluviali, prevalentemente sabbiose e limose”, con strato d'alterazione brunastro di spessore limitato (Würm).

La caratterizzazione litostratigrafica dei depositi in profondità è stata desunta dall'esame di una serie di stratigrafie, redatte in occasione della perforazione di alcuni pozzi in zona e dalla consultazione di precedenti lavori riguardanti sia l'area in studio, che aree ad essa limitrofe.

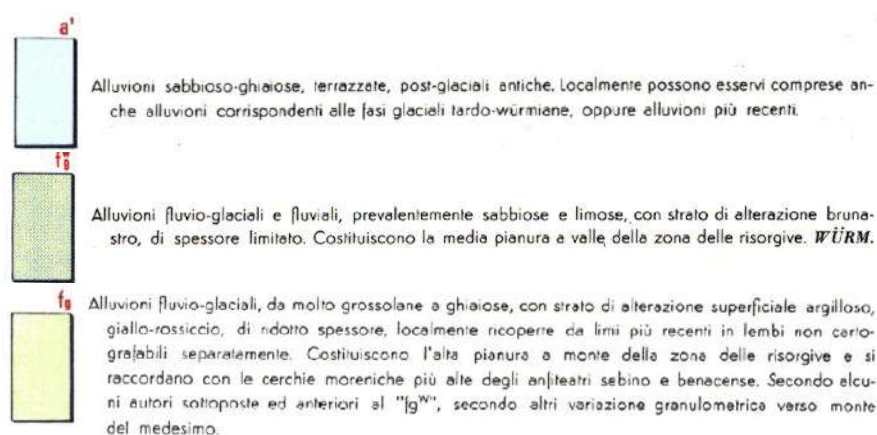
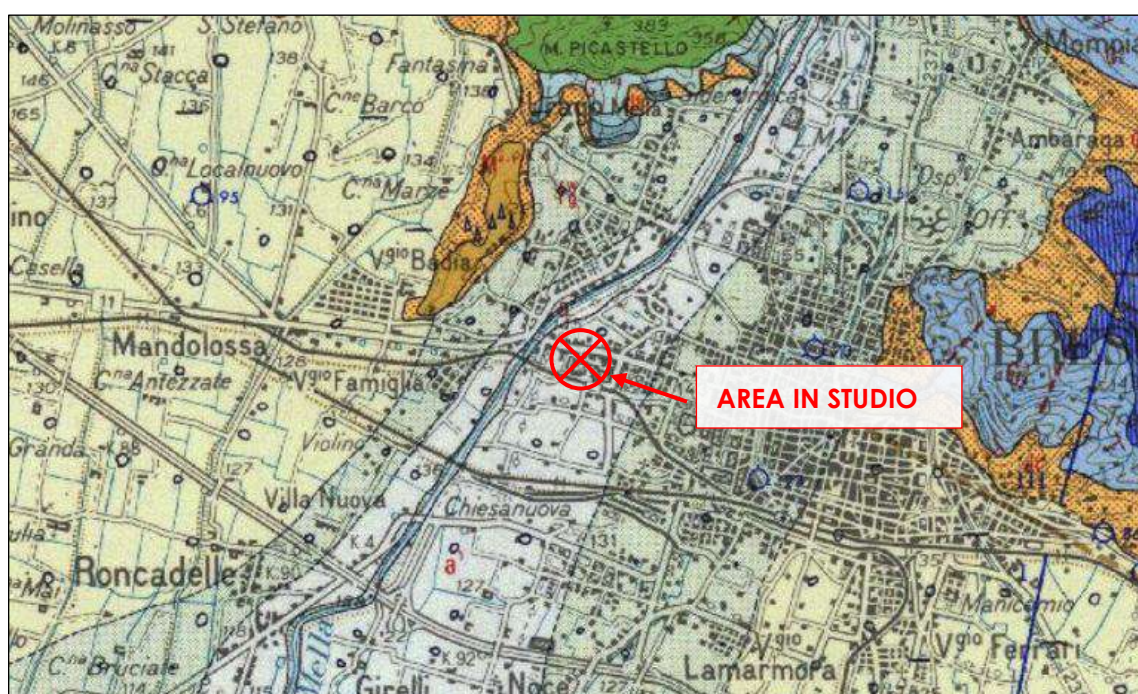


Figura 8: Estratto Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, foglio n°47 “Brescia”

La descrizione generale del sottosuolo può essere così schematizzata:

- a** - litozona ghiaioso-sabbiosa superficiale: ghiaie e sabbie più o meno limose, potenti mediamente 15 metri; localmente si osserva alla base un orizzonte lenticolare argilloso o limoso-argilloso, con sabbie, ciottoli e trovanti;
- b** - litozona ghiaioso-sabbioso-conglomeratica: ghiaie e sabbie più o meno cementate, localmente passanti a conglomerati compatti, potenti mediamente 10-15 metri;
- c** - prima litozona argillosa: argille e limi, talora sabbiosi, localmente più o meno ghiaiosi con ciottoli e trovanti, la cui potenza varia da pochi metri a più di dieci metri;
- d** - prima litozona conglomeratica e ghiaioso-sabbiosa: conglomerati, ghiaie e sabbie più o meno cementate passanti a conglomerati compatti, potenti mediamente 20-25 metri, interrotte localmente da lenti di argille e limi argillosi;
- e** - seconda litozona argillosa: argille e limi, talora sabbiosi, localmente più o meno ghiaiosi con ciottoli e trovanti, la cui potenza è inferiore a dieci metri; tale litozona sembra mancare di continuità;
- f** - seconda litozona conglomeratica e ghiaioso-sabbiosa: conglomerati con ghiaie e sabbie più o meno cementate, potenti mediamente circa 50 metri, interrotte localmente da lenti di argille e limi argillosi;
- g** - litozona ghiaioso-sabbiosa profonda: ghiaie e sabbie più o meno cementate con intercalazioni di argilla di potenza non nota.

Nel dettaglio, sulla base dei numerosi sondaggi / piezometri realizzati nel sito, nella pregressa fase di caratterizzazione ambientale, e spinti fino alla profondità massima di 35 m dal p.c., è possibile ricostruire la stratigrafia locale di massima, individuando livelli con caratteristiche uniformi dal punto di vista litologico.

Al di sotto del manto bituminoso e/o della soletta in calcestruzzo, si individua un **terreno di riporto**: si tratta di limo – argilloso, talvolta sabbioso, con frammenti di laterizio e ciottoli poligenici con spessori variabili compresi tra 1,5 m e 2,7 m.

Segue un potente deposito di **ghiaia eterometrica**, con ciottoli di forma variabile da sub-angolare a sub-arrotondata, litologia poligenica e matrice sabbiosa, talvolta limosa a tratti debolmente argillosa; questa litologia è presente in tutte le

verticali indagate e rappresenta la litologia principalmente riscontrata nei sondaggi.

Localmente, il materasso ghiaioso è intercalato da lenti di **argilla limosa – limo argilloso**, riscontrate a varie profondità e con spessori ridotti; tali lenti non evidenziano continuità laterale particolarmente estesa e non sono in grado di sorreggere un acquifero anche di limitate dimensioni; si incontrano, inoltre, lenti di limitato spessore di **sabbia e limo sabbioso**, generalmente inglobanti rara ghiaia fine.

L'estensione laterale delle lenti argilloso limose – limoso argillose e sabbiose è direttamente legata ai fenomeni deposizionali e alle fasi di diminuzione dell'energia delle alluvioni del Fiume Mella.

Infine, il **conglomerato** è stato riscontrato solo localmente, a profondità comprese tra 30 m e 35 m.

2.3 Idrografia e idrogeologia

Dal punto di vista idrografico, l'asta fluviale più importante nella zona è costituita dal Fiume Mella, affluente in sinistra idrografica del Fiume Oglio, che scorre con direzione Nord-Sud, ad Ovest dell'area in studio, ad una distanza di circa 500 - 600 m.

La rete idrografica superficiale è completata da un fitto reticolo di corsi d'acqua, per lo più artificiali, con funzione irrigua per le aree agricole e di raccolta delle acque piovane in concomitanza di intensi eventi piovosi, caratterizzati da alveo a cielo aperto in terra e frequentemente in calcestruzzo, intubati in corrispondenza di strade e zone urbanizzate.

La struttura idrogeologica della pianura bresciana, compresa tra l'Oglio e il Chiese, è determinata, essenzialmente, dagli eventi glaciali connessi con gli apparati del Lago d'Iseo e dagli eventi alluvionali legati ai corsi d'acqua maggiori (Denti, Lauzi, Sala, Scesi, 1989).

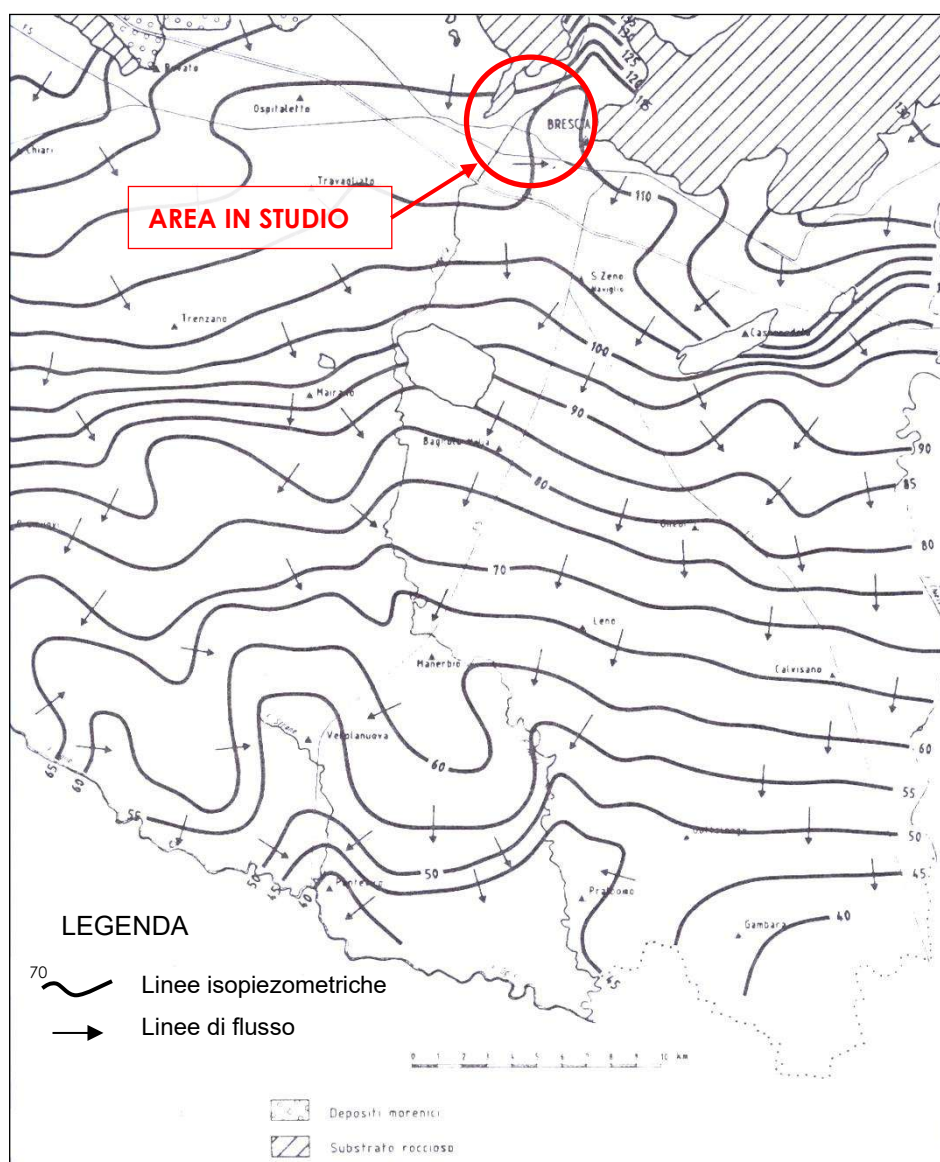


Figura 9: Studio idrogeologico della Pianura Bresciana fra il F. Oglio ed il F. Chiese. (E. Denti, S. Lauzi, P. Sala, L. Scesi)

Come è visibile nella Figura 9, è difficile dare una direzione di flusso univoca a scala provinciale, soprattutto in conseguenza delle perturbazioni locali dovute agli abbondanti emungimenti, operati sia a scopo industriale, sia irriguo.

Per quanto riguarda la situazione nella città di Brescia, si osservano direzioni di deflusso ipogeo che variano da NE-SW a NW-SE.

La natura del substrato ed il tipo di litologia superficiale forniscono buone indicazioni sulla permeabilità del sottosuolo.

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Pag. 15

Ai piedi dei rilievi si estende una zona a tessitura argillosa, derivata dalla disgregazione ed erosione dei substrati posti a quote superiori. La natura della fascia pedemontana e la pianura sottostante a carattere ghiaioso, con presenza di materiali grossolani, permette l'infiltrazione delle acque superficiali e degli eventuali inquinanti in esse disciolti, rendendo la falda freatica che attraversa queste zone piuttosto vulnerabile.

La tipologia idrogeologica di questa porzione di territorio è diretta conseguenza della suddivisione in litozone descritta nel precedente paragrafo, raggruppabili nelle seguenti unità idrogeologiche:

a - Zona non satura: è costituita da depositi non cementati, caratterizzati da alta permeabilità, o scarsamente cementati, caratterizzati da permeabilità media. All'interno della presente litozona, orizzonti lentiformi impermeabili possono essere responsabili della formazione di locali lenti sospese. In corrispondenza della città di Brescia è presente una falda libera da cui si attinge a scopo non potabile (falda freatica non protetta).

b - Primo orizzonte impermeabile e/o semi-permeabile: corrisponde alla prima litozona argillosa e rappresenta un livello di isolamento continuo e uniforme.

c - Primo acquifero saturo (prima falda protetta): costituita da depositi non o scarsamente cementati caratterizzati da permeabilità media o alta, mentre quelli cementati sono caratterizzati da permeabilità (media) variabile in funzione del grado di fratturazione. Tale falda ha carattere freatico prevalentemente nelle porzioni nord occidentali e in pressione nei settori meridionali. La superficie piezometrica varia da un massimo di 50 m da p.c. (settore settentrionale) ad un minimo di 20 m da p.c. (settore meridionale).

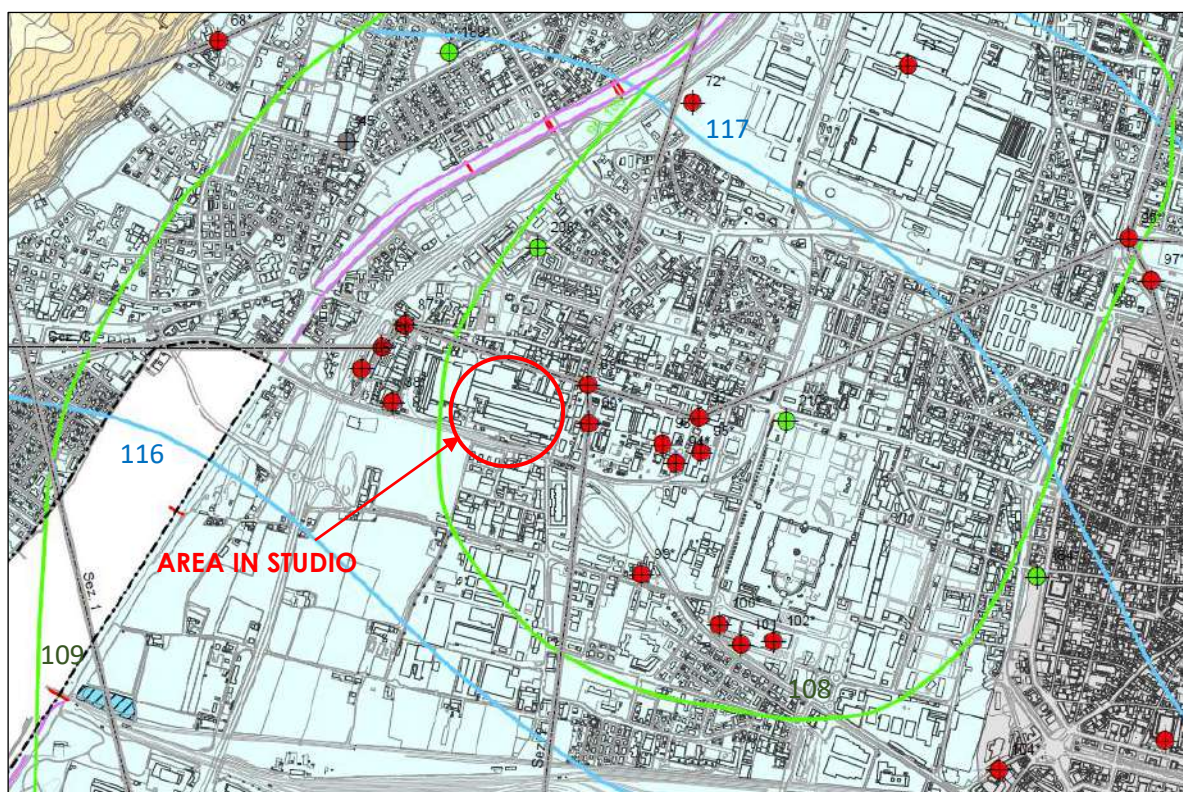
d - Secondo orizzonte impermeabile e/o semi-permeabile: corrisponde alla seconda litozona argillosa; tuttavia essa non presenta la stessa continuità areale della prima, per cui localmente mette in contatto la falda sottostante con il primo acquifero saturo.

e - Secondo acquifero saturo (seconda falda): costituita da depositi non o scarsamente cementati, caratterizzati da permeabilità media o alta, mentre quelli cementati sono caratterizzati da permeabilità (media) variabile in funzione del grado di fratturazione. Tali sedimenti sono saturi e ospitano una falda acquifera in pressione di tipo risaliente.

f - Falde profonde: costituite da depositi a buona permeabilità per porosità, talora intercalate da livelli argillosi a bassa permeabilità; la loro potenza e la continuità areale non è conosciuta.

Come si evince dallo stralcio della *Carta idrogeologica* del P.G.T. comunale, riportato nella seguente *Figura 10*, la falda misurata nel gennaio 1994 (linee azzurre), mostra una direzione di flusso generale da NNE a SSO e si attesta nei luoghi in studio, ad una quota compresa tra 116 m e 117 m s.l.m., ossia ad una profondità di 25 – 26 m dal p.c., considerato alla quota di 142 m s.l.m.

L'analisi delle isofreatiche relative al mese di maggio 1990 (linee verdi) indica una situazione ben diversa, con la piezometria fortemente condizionata dall'emungimento dei pozzi industriali posti nelle vicinanze del sito ed una quota della falda circa pari a 108 m s.l.m., ossia ad una profondità di 34 m dal p.c.



-  **Alluvioni attuali e recenti, Alluvioni antiche, Alluvioni fluvioglaciali e fluviali**
Ghiaie e sabbie prevalenti, con subordinate frazioni di limi e limi argillosi e orizzonti ghiaioso-sabbiosi localmente cementati.
- Si tratta dei depositi alluvionali che caratterizzano le zone di pianura del territorio comunale, costituiti da materiali porosi a tessitura prevalentemente grossolana (soprattutto ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa) che ospitano falde libere più o meno protette, alimentate per via diretta o attraverso i corsi d'acqua o dalle acque superficiali e di deflusso epidermico di versante. La loro permeabilità, mediamente elevata o molto elevata, è comunque variabile in funzione della granulometria e del grado di cementazione e può risultare localmente molto ridotta in superficie, per via della presenza di coltri di alterazione argillose o di coperture di natura limosa.
-  Pozzo comunale ad uso idropotabile (n=numero di riferimento; *=con stratigrafia).
-  Pozzo comunale ad uso irriguo (n=numero di riferimento; *=con stratigrafia).
-  Pozzo comunale dismesso (n=numero di riferimento; *=con stratigrafia).
-  Pozzo privato (n=numero di riferimento; *=con stratigrafia).
-  Linea isofreatica (quota in m s.l.m.) relativa a maggio 1990.
-  Linea isofreatica (quota in m s.l.m.) relativa a gennaio 1994.

Figura 10: Stralcio "Carta Idrogeologica" – P.G.T. Comune di Brescia

Nel dettaglio, durante la fase di indagine preliminare al piano di caratterizzazione del sito in studio, è stata rilevata la falda con soggiacenza ad una profondità compresa tra 25 m e 30 m dal p.c.

Nella Relazione redatta da Golder Associates S.r.l. nell'agosto 2006, si legge che il flusso idrico sotterraneo per la falda risultava generalmente orientato da Ovest nord-ovest verso Est sud-est, con un gradiente idraulico di circa 4 ‰ ed un deflusso fortemente condizionato dall'emungimento dei pozzi industriali nelle vicinanze del sito.

L'interpolazione dei valori assoluti di quota della falda, ricavati dai rilievi freaticometrici condotti tra il 2010 e il 2013, ha permesso l'elaborazione della carta delle isofreatiche (A.S.T.C. Remediation S.r.l.), consultabile nella seguente figura, da cui si evince la direzione di deflusso ipogeo Nord ovest – Sud est.

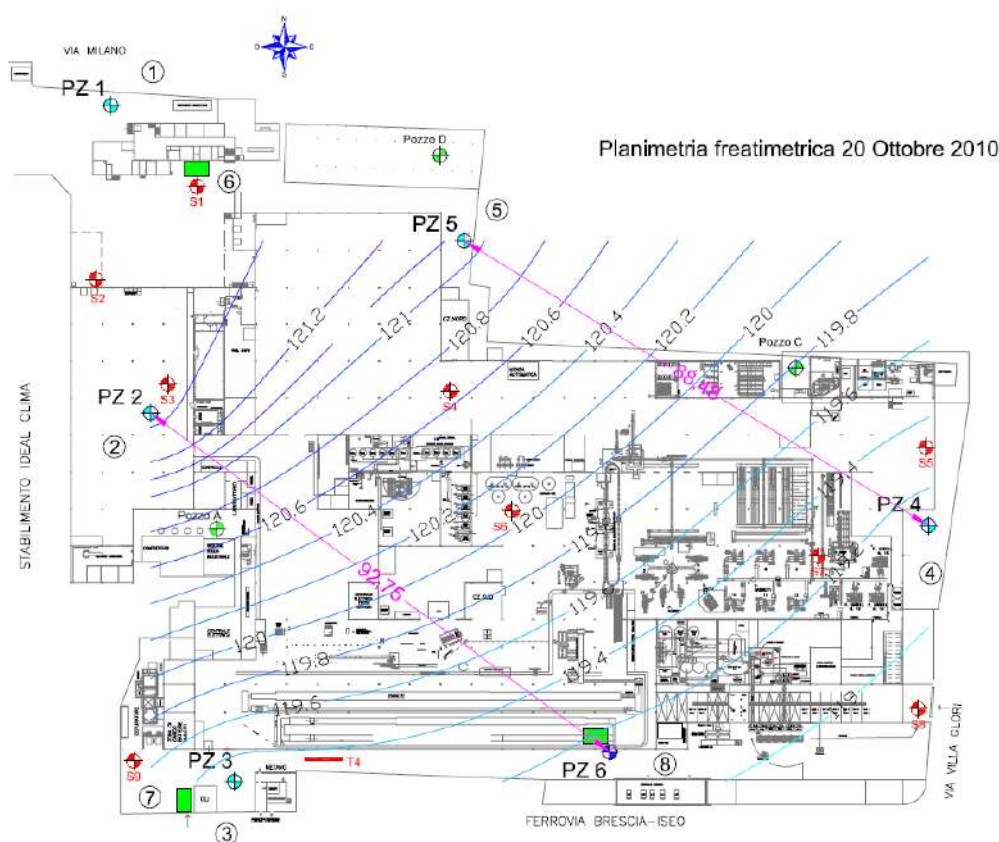


Figura 11: Planimetria della ricostruzione della morfologia piezometrica con l'indicazione della direzione prevalente di flusso – ottobre 2010

Infine, si può fare riferimento alle operazioni di Monitoraggio della matrice acque sotterranee della durata di un anno, a cadenza trimestrale, così stabilito dal *Decreto con determinazione motivata di conclusione positiva della conferenza di servizi decisoria relativa al Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di "Brescia Caffaro", indetta con nota del 21 febbraio 2024, con protocollo n. 33232.*

Nel corso delle operazioni di monitoraggio con campionamento trimestrale dei n. 6 piezometri presenti nell'ex sito Ideal standard, sono state registrate le seguenti misure di soggiacenza della falda, così come riassunte nella seguente tabella.

Piezometro	Quota b.p. (m s.l.m.)	Soggiacenza (m da b.p.)			
		12.08.2024	15.10.2024	23.01.2025	01.04.2025
PZ.1	142.21	19.25	19.80	20.72	20.74
PZ.2	142.16	17.88	17.79	19.29	19.01
PZ.3	142.13	19.31	19.88	20.76	20.83
PZ.4	142.04	19.38	19.96	20.8	20.88
PZ.5	142.17	18.84	18.47	19.89	19.67
PZ.6	142.30	19.42	20.02	20.84	20.94

Tabella 1: Misure di soggiacenza della falda nel sito ex Ideal standard

2.4 Indagine geognostica

2.4.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Nel mese di maggio 2025 sono stati realizzati **n. 4 sondaggi a carotaggio continuo** con andamento verticale, ubicati come indicato nella seguente figura.

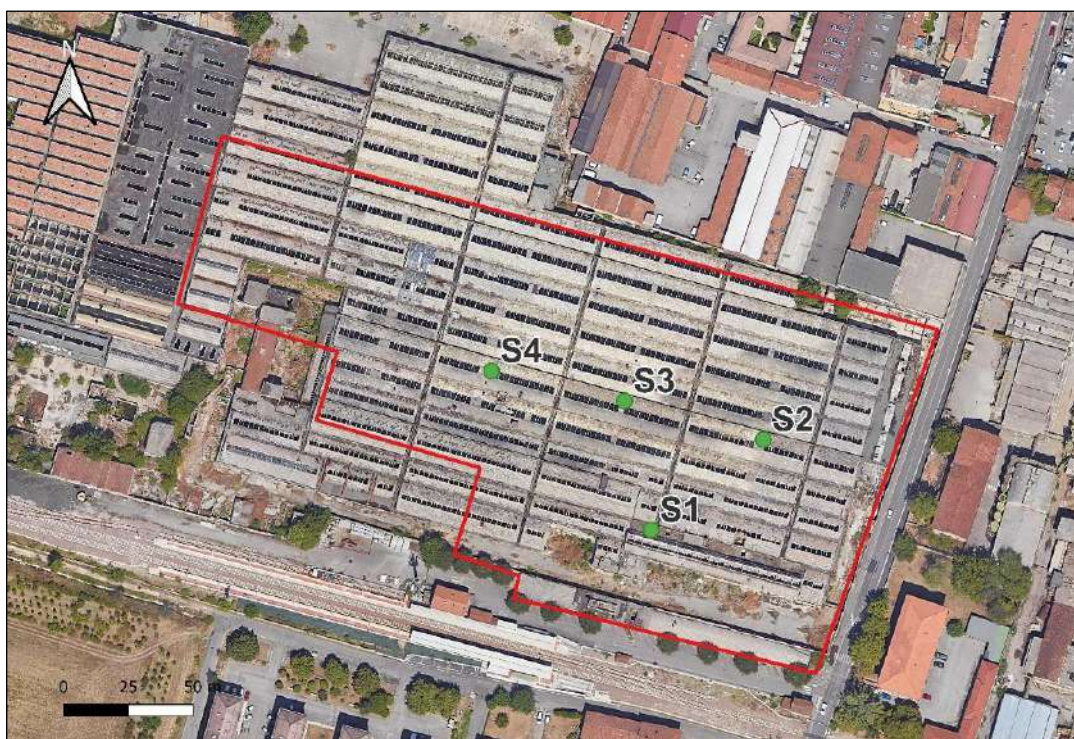


Figura 12: Ubicazione dei sondaggi eseguiti su foto aerea (fonte Google Earth)

La profondità raggiunta da ciascun sondaggio è stata di:

- **S.1** = -30,0 ml da p.c.
- **S.2** = -15,0 ml da p.c.
- **S.3** = -15,0 ml da p.c.
- **S.4** = -15,0 ml da p.c.

Tutte le operazioni di perforazione sono state eseguite da operatori della Ditta **Pergeo S.r.l.** di Remedello (BS), con l'ausilio di una sonda di perforazione "Fraste FS 300" montata su autocarro Iveco "Euro trakker".

L'analisi delle carote di terreno estratte nel corso dei sondaggi geognostici ha evidenziato la presenza uniforme di terreni prevalentemente ghiaiosi con matrice sabbiosa o sabbioso-leggermente limosa, localmente intercalati da lenti di limi sabbiosi argillosi di spessore metrico.

2.4.2 Prove SPT in foro di sondaggio

La prova SPT (Standard Penetration Test) si effettua facendo penetrare nel terreno, a percussione, una punta aperta di tipo Raymond, montata all'estremità di una batteria di aste cave, attraverso una massa battente di peso e altezza di caduta standardizzate.

Tuttavia, nel caso specifico, per la presenza di depositi ghiaiosi, le prove sono state eseguite utilizzando la **punta conica chiusa** anziché la punta aperta standardizzata.

La prova SPT consiste nel rilevare il numero di colpi (rispettivamente N1, N2 e N3) necessari per infiggere la punta per tre tratti successivi di 15 cm ciascuno. La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dal numero di colpi richiesti per l'attraversamento degli ultimi due tratti, per complessivi 30 cm ($N_{SPT} = N2 + N3$).

Il dispositivo di infissione è costituito da un maglio del peso di 63,5 Kg, che cade liberamente da un'altezza di 76 cm. La prova penetrometrica dinamica viene interrotta in presenza di una delle seguenti condizioni (rifiuto):

- $N1 > 60$ colpi
- $N2 + N3 > 100$ colpi

La prova SPT è, allo stato attuale, la più conosciuta e la più praticata al mondo e pertanto ha trovato un vastissimo campo di applicazione in geotecnica.

Il numero di colpi ottenuto per infiggere il campionatore (N_{SPT}) permette di valutare lo stato di addensamento e/o la consistenza dei depositi attraversati dal sondaggio e, quindi, mediante le opportune correlazioni esistenti, di caratterizzare geotecnicamente gli stessi.

La valutazione dei parametri geotecnici può essere affinata attraverso la normalizzazione dei risultati della prova con l'introduzione di fattori correttivi che tengono conto della pressione efficace del terreno sovrastante, del dispositivo utilizzato per la prova, della lunghezza del dispositivo di prova e delle caratteristiche del foro e del campionatore.

L'insieme di questi fattori concorre a determinare il valore dell'effettiva energia trasmessa dal maglio al campionatore e, quindi, l'esito della prova stessa; si assume, pertanto, un rendimento energetico medio dei macchinari pari al 60%.

All'interno di ognuno dei fori dei 4 sondaggi, sono state effettuate diverse prove SPT a punta conica, al fine di valutare il grado di addensamento o consistenza dei terreni attraversati, per un totale di complessive **n. 32 prove SPT**.

Nelle tabelle che seguono, vengono riportati i risultati del **numero di N_{SPT}** registrati alle diverse quote, con il corrispondente **grado di addensamento o consistenza** in relazione al tipo litologico, sulla base delle raccomandazioni AGI del 1977.

Viene, inoltre, riportato il valore dell'**angolo di attrito interno**, come valore medio calcolato in base alle formule indicate da diversi autori (Peck-Hanson-Thornburn secondo Wolff, la Road Bridge Specification, la Japanese National Railway, Kulhawy e Mayne e De Mello).

Invece, la **coesione non drenata C_u** , quando indicata, viene calcolata con la formula di Terzaghi e Peck.

Sond/ Prova SPT	Profondità m da p.c.	Nspt	Addensamento AGI 1977	ϕ (°)	M MPa
S.1-1	3,00 – 3,45	R	-	-	-
S.1-2	6,00 – 6,45	40	Addensato	32	27
S.1-3	9,00 – 9,45	21	Moderatamente addensato	31	12
S.1-4	12,00 – 12,45	18	Moderatamente addensato	29	10
S.1-5	15,00 – 15,45	63	Addensato	>35	29
S.1-6	18,00 – 18,45	R	-	-	-
S.1-7	21,00 – 21,45	68	Addensato	>35	27
S.1-8	24,00 – 24,45	38	Moderatamente addensato	27	10
S.1-9	27,00 – 27,45	R	-	-	-

Tabella 2: Parametri geotecnici ricavati dalle prove SPT eseguite nel Sondaggio **S.1**

Sond/ Prova SPT	Profondità m da p.c.	Nspt	Addensamento AGI 1977	ϕ (°)	M MPa
S.2-1	1,50 – 1,95	11	Moderatamente addensato	30	8
S.2-2	3,00 – 3,45	91	Molto addensato	>35	65
S.2-3	4,50 – 4,95	60	Molto addensato	>35	43
S.2-4	6,00 – 6,45	R	-	-	-
S.2-5	7,50 – 7,95	9	Poco addensato	30	6
S.2-6	9,00 – 9,45	37	Addensato	31	22
S.2-7	10,50 – 10,95	43	Addensato	32	25
S.2-8	13,50 – 13,95	39	Moderatamente addensato	30	19

Tabella 3: Parametri geotecnici ricavati dalle prove SPT eseguite nel Sondaggio S.2

Sond/ Prova SPT	Profondità m da p.c.	Nspt	Addensamento AGI 1977	ϕ (°)	M MPa
S.3-1	3,00 – 3,45	47	Addensato	33	33
S.3-2	4,50 – 4,95	44	Addensato	33	31
S.3-3	6,00 – 6,45	17	Moderatamente addensato	29	11
S.3-4	7,50 – 7,95	17	Moderatamente addensato	32	11
S.3-5	9,00 – 9,45	28	Moderatamente addensato	30	17
S.3-6	10,50 – 10,95	29	Moderatamente addensato	30	17
S.3-7	12,00 – 12,45	11	Poco addensato	26	6

Tabella 4: Parametri geotecnici ricavati dalle prove SPT eseguite nel Sondaggio S.3

Sond/ Prova SPT	Profondità m da p.c.	Nspt	Addensamento o consistenza AGI 1977	ϕ (°)	Cu kPa	M MPa
S.4-1	1,50 – 1,95	5	Moderat. consistente	-	35	3
S.4-2	3,00 – 3,45	6	Poco addensato	29	-	4
S.4-3	4,50 – 4,95	24	Moderatamente addensato	31	-	17
S.4-4	6,00 – 6,45	20	Moderatamente addensato	30	-	13
S.4-5	7,50 – 7,95	18	Moderatamente addensato	30	-	12
S.4-6	9,00 – 9,45	21	Moderatamente addensato	30	-	12
S.4-7	10,50 – 10,95	16	Moderatamente addensato	29	-	9
S.4-8	13,50 – 13,95	22	Moderatamente addensato	30	-	11

Tabella 5: Parametri geotecnici ricavati dalle prove SPT eseguite nel Sondaggio S.4

A fine testo in *Allegato 2* ed *Allegato 3* sono consultabili le descrizioni dettagliate delle successioni stratigrafiche dei sondaggi e la relativa documentazione fotografica.

2.4.1 Prelievo di campioni rimaneggiati

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo, in data 07/05/2025, sono stati raccolti e successivamente analizzati dal laboratorio (**Laboratorio Geotecnico GEOLAB S.r.l.**), complessivamente **n. 3 campioni rimaneggiati** in sacchetto.

Nella tabella seguente vengono indicati i campioni prelevati dal Sondaggio S.1, con la rispettiva profondità di campionamento rispetto al p.c.

SONDAGGIO	CAMPIONE	CODICE	PROFONDITÀ	
			da [m]	a [m]
S.1	C1	251226	1,5	1,8
	C2	251227	6,0	6,5
	C3	251228	12,1	12,4

Tabella 6: Quote di prelievo dei campioni dal Sondaggio S.1



Figura 13: Foto dei campioni prelevati dal Sondaggio S.1

Per quanto riguarda le analisi di laboratorio, sui n. 3 campioni di terreno prelevati sono state eseguite le seguenti determinazioni:

- analisi delle dimensioni delle particelle di un terreno (ASTM D 422/1994) per i campioni S.1-C1 e S.1-C3 e determinazione della distribuzione granulometrica (CNR n. 23/1971) per il campione S.1-C2; i campioni sono

stati sottoposti, quindi, ad analisi granulometrica o analisi delle dimensioni delle particelle per setacciatura; nei n. 3 campioni analizzati S.1-C1, S.1-C2 e S.1-C3, è stato riscontrato un passante al setaccio ASTM 200 rispettivamente di 83,5 %, 21,3 % e 64,9 %;

- determinazione della massa volumica dei granuli solidi (UNI EN ISO 17892-3/2016) su n. 2 campioni prelevati:

S.1-C1	S.1-C3
2,70 Mg/m ³	2,69 Mg/m ³

- limite liquido, limite plastico e indice di plasticità dei terreni (ASTM D 4318/1995), relativamente al solo campione S.1-C1, per i quale si riportano i seguenti risultati.

Limite liquido LL	35
Limite plastico LP	20
Indice di plasticità IP	15

In *Allegato 4* sono consultabili i Report delle analisi di laboratorio relativi ai n. 3 campioni.

2.4.2 Indagine sismica

A completamento della conoscenza della zona in studio, maturata attraverso le indagini dirette realizzate in sito e la disponibilità di un'ampia bibliografia, con il supporto di molteplici studi eseguiti dallo scrivente in aree contermini, nel mese di maggio 2025 è stata realizzata un'indagine geofisica, costituita da **n.1 profilo di sismica passiva Re.Mi.** e **n.1 Test di Nakamura (HVSr).**

Nella figura seguente si riporta l'ubicazione delle indagini.

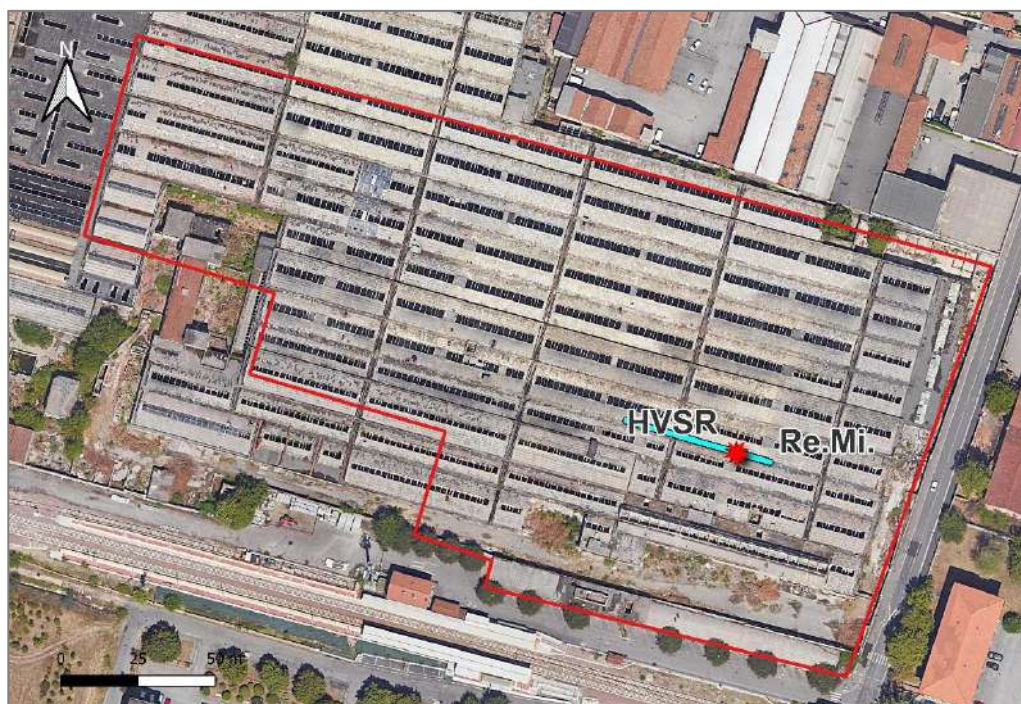


Figura 14: Ubicazione delle prove sismiche

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si fa riferimento alle indagini geofisiche eseguite in sito: come sopra accennato si tratta di, **n.1 profilo Re.Mi.** di 46 m di lunghezza, con spaziatura geofonica di 2 m, e di **n. 1 Test di Nakamura.**

Con il profilo Re.Mi. si è ricostruito il modello verticale in V_s per calcolare il parametro $V_{s,eq}$ o $V_{s,30}$ ed attribuire al sito la categoria di sottosuolo che gli compete; con il secondo si è ottenuta la curva di risposta elastica del terreno, per valutare la frequenza di risonanza dell'area, che è funzione della struttura geologica.

L'analisi dei dati sismici lineari Re.Mi. identifica uno spettro f_k poco energetico, in cui la dispersività risulta diffusa; la curva di dispersione che viene campionata asseconda il trend osservabile a velocità più elevate e identifica un ambiente connotato da incremento di velocità con la profondità.

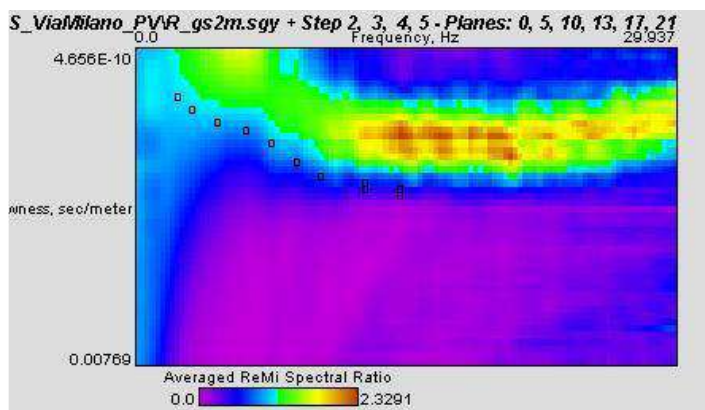


Figura 15: Spettro cumulato indagini Re.Mi.

La modellazione diretta, ottimizzata a n. 5 strati, ha fornito una verticale sismo-stratigrafica che è costituita da sismo-orizzonti molto rigidi di sottosuolo. Le V_s sono proprie di sedimenti di elevata energia, con velocità comprese tra 300 e 700 m/s per i primi 30 m, che crescono rapidamente tra 0 e 23 m. Le velocità V_s in profondità si stabilizzano intorno a 700 m/s e, rinfrancati dall'esito del test HVSR, si può anche estendere la modellazione all'identificazione di un contrasto sismico a circa 44 m di profondità dal p.c.

I valori di $V_{s,30}$ calcolati per 4 profondità del piano fondazionale (da 0 a 3 m) sono superiori a 360 m/s (413 - 444 m/s) e quindi la categoria da adottare per i calcoli delle azioni sismiche è sicuramente la **Categoria B: "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"**

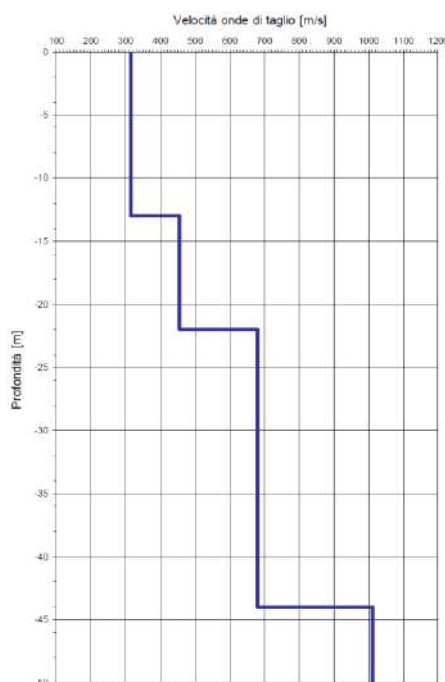


Figura 16: Profilo verticale delle V_s

Il test di Nakamura o HVSR, ha registrato il rumore di fondo per una ventina di minuti. Il rapporto spettrale che è conseguito all'analisi statistica delle finestre selezionate (tra 5 e 60 sec.) presenta due picchi generati da due contatti sismo-stratigrafici. Quello alla frequenza di **3.6 Hz**, potrebbe verosimilmente coincidere con l'orizzonte posto a 44 m della sismo-verticale passiva Re.Mi.; invece, quello a frequenza di **~0.6 Hz** è sicuramente più profondo e, prevedendo una modellazione con curva esponenziale di aumento di velocità con la profondità, potrebbe corrispondere ad un contrasto collocato addirittura a ~370 m di profondità.

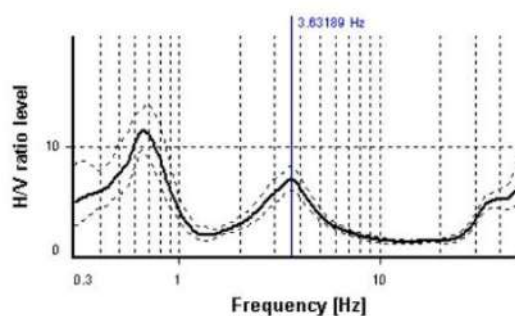


Figura 17: Definizione della F_0 di sito

In Allegato 5 è possibile consultare la relazione dettagliata sulle indagini sismiche condotte.

2.5 Modello geologico locale

In base all'osservazione dei sondaggi condotti, accertata la rispondenza con l'ampia bibliografia geologica disponibile per i luoghi in studio, è stato possibile definire la successione stratigrafica dei terreni su cui insisterà l'intervento in progetto.

La seguente tabella riassume il modello geologico locale.

Strato	Profondità (m)	Litologia	Falda
1a	0,0 – (1,5 – 2,5)	Riporti e rimaneggiamenti	≈ 20,5 m da p.c.
1b	(1,5 – 2,5) – (2,5 – 2,6)	Limo con argilla con sabbia	
2a	(2,5 – 2,6) – (6,0 – 12,0)	Ghiaia con sabbia limosa debolmente ciottolosa Assente in S.4	
2b	(2,5 – 7,8) – (12,0 – 14,0)	Sabbia con ghiaia limosa	
3	(12 – 14) – (13,6 – 14,5)	Sabbia con limo, argillosa	
4	(13,6 – 14,5) – 22,7	Ghiaia e sabbia limosa, ciottolosa	
5	22,7 – 24,8	Sabbia limosa / limo sabbioso	
6	24,8 – 30,0	Ghiaia con sabbia, ciottolosa	

Tabella 7: Modello geologico locale

2.6 Modello geotecnico locale

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo.

I parametri geotecnici attribuibili a tali terreni, sono schematizzati nella successiva tabella, i cui valori sono stati ottenuti dall'analisi delle prove SPT eseguite nel sito in studio, confrontati con la letteratura geologica e le esperienze condotte dallo scrivente in siti che presentavano tipologie sedimentarie analoghe e comparabili.

Nella parametrizzazione è stato escluso lo Strato 1a (riporti e rimaneggiamenti); lo Strato 1b, anche se parametrizzato, non dovrà costituire il sedime di alcuna fondazione a causa delle scadenti caratteristiche geotecniche e dei possibili rimaneggiamenti, diffusamente registrati fino alla profondità di circa 2,5 m.

Strato	Profondità da (m.) a (m.)	Litologia	ϕ (°)	C_u (kg/cm ²)	γ_{nat} (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)
1a	0,0 – (1,5 – 2,5)	Riporti e rimaneggiamenti	-	-	1,8	-
1b	(1,5 – 2,5) – (2,5 – 2,6)	Limo con argilla con sabbia	-	0,35	1,7	-
2a	(2,5 – 2,6) – (6,0 – 12,0)	Ghiaia con sabbia limosa debolmente ciottolosa Assente in S.4	33	-	1,9	-
2b	(2,5 – 7,8) – (12,0 – 14,0)	Sabbia con ghiaia limosa	30	-	1,9	-
3	(12 – 14) – (13,6 – 14,5)	Sabbia con limo, argillosa	26	-	1,8	-
4	(13,6 – 14,5) – 22,7	Ghiaia e sabbia limosa, ciottolosa	31	-	1,9	2,1
5	22,7 – 24,8	Sabbia limosa / limo sabbioso	27	-	1,8	2,0
6	24,8 – 30,0	Ghiaia con sabbia, ciottolosa	32	-	1,9	2,1

ϕ = angolo di attrito; C_u = coesione non drenata; γ_{nat} = peso di volume del terreno anidro;
 γ_{sat} = peso di volume del terreno saturo, sotto falda

Tabella 8: Modello geotecnico con valori caratteristici

In definitiva, preliminarmente, si consiglia di impostare le fondazioni dei fabbricati in progetto entro lo **Stato 2a** di Tabella 8, ove presente, o in alternativa, entro lo Strato 2b di Tabella 8.

3. R3 - RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ AI SENSI DELLA DGR 2616/2011

3.1 Pianificazione comunale – P.G.T. del Comune di Brescia

Il Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del Comune di Brescia è lo strumento di pianificazione che delinea le scelte strategiche di assetto e sviluppo del territorio comunale e individua le specifiche vocazioni e invarianza di natura geologica, geomorfologia, idrogeologica paesaggistica e ambientale.

Dall'analisi dell'elaborato V.I.-Alall. 04H “Carta dei Vincoli”, in cui sono riportate le limitazioni d'uso del territorio di carattere prettamente geologico e idrogeologico, individuate sulla base delle normative di legge attualmente vigenti, il lotto in studio ricade entro il **sito inquinato di interesse nazionale SIN Brescia – Caffaro** - SIN terreni. (cfr. *Figura 18*).

La fattibilità geologica sintetizza le penalità ai fini edificatori in rapporto alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, ed anche in considerazione dei dissesti in atto e potenziali. Tale tematismo è contenuto nell'elaborato V-PR05 “Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano (nord)” allegato al P.G.T. del Comune di Brescia (cfr. *Figura 19*).

L'area di intervento rientra nella **Classe di fattibilità 2a**; si tratta di *un'area stabile e di una zona di pianura caratterizzata da un substrato in genere contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche* (classe 2a con modeste limitazioni).

Per quanto riguarda la sismicità del territorio, l'area rientra in **Zona Z4a** – Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, con **Categoria di sottosuolo identificata B**.

Infine, l'elaborato V.I. Alall. 04I “Carta di Sintesi”, di cui si riporta uno stralcio in *Figura 20*, propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica. Il sito in studio, ricade entro **aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)**.



Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) approvato con DPCM 27 Ottobre 2016

Ambito Territoriale RP

-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H)
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M)
*Per il T. Garza la delimitazione è riferita ad un tempo di ritorno pari a 100 anni.
Per il F. Mella la delimitazione è riferita ad un tempo di ritorno pari a 200 anni.*
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)

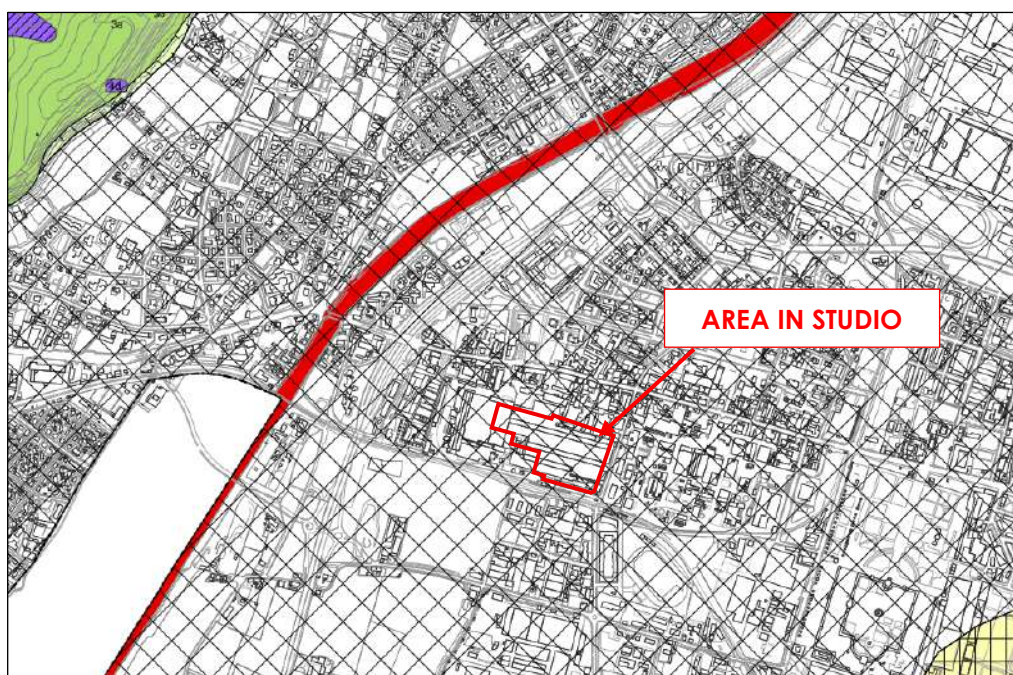
Aree di valore paesaggistico e ambientale di spiccata connotazione geologica (Geositi) - Ai sensi dell'art. 22, comma 4 della normativa del Piano Paesaggistico Regionale

-  Collina della Badia - Geosito di valore geologico-stratigrafico di livello regionale

Sito Inquinato di Interesse Nazionale Brescia-Caffaro (D.M. 24/02/2003)

-  SIN Terreni
-  SIN Falda
-  SIN Rogge

Figura 18: Stralcio dell'elaborato V.I.-Alall.I 04H "Carta dei Vincoli" – marzo 2018, allegata al P.G.T. del Comune di Brescia



Classe di fattibilità 2 con modeste limitazioni

-  **Classe 2a**
Area stabile, coincidente con zone di pianura e talora con la fascia marginale delle superfici di raccordo tra pianura e rilievi, caratterizzata da un substrato in genere contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche.

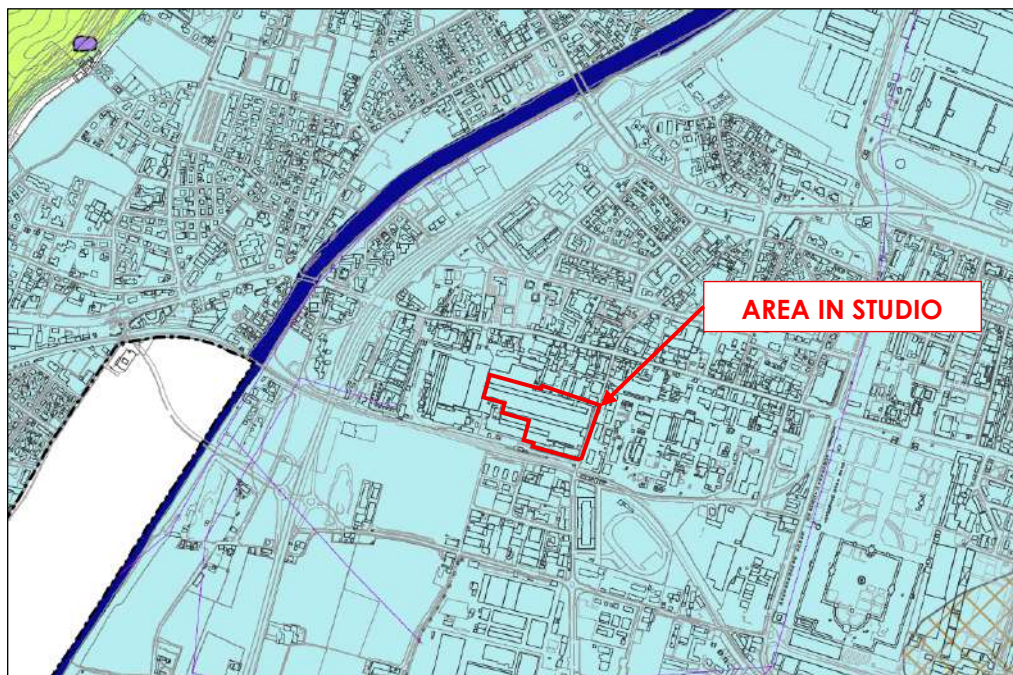
SISMICITA' DEL TERRITORIO

Scenari per i quali risulta un Fa maggiore del valore di soglia comunale per la categoria di sottosuolo individuata e al cui interno, in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi:

-  **Z4a - Categoria di sottosuolo identificata B:** in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo C (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Figura 19: Stralcio dell'elaborato V-PR05 "Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano(nord)" – ottobre 2020, allegata al P.G.T. del Comune di Brescia



Aree del PGRA esterne rispetto a quelle sottoposte a valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio

Ambito Territoriale RP

- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)

Figura 20: Stralcio dell'elaborato V.I. Alall. 04I "Carta di Sintesi" - ottobre 2020, allegata al P.G.T. del Comune di Brescia

3.2 Rete Natura 2000

Rete Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità, è costituita da Siti di Interesse Comunitario (**SIC**) individuati sulla base della presenza di specie animali, vegetali e habitat tutelati dalle Direttive comunitarie 79/409/CEE "Uccelli", sostituita dalla Direttiva 2009/147/CE, e 92/43/CEE "Habitat", che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (**ZSC**) e Zone di Protezione Speciale (**ZPS**). Stati e Regioni stabiliscono per i SIC e le ZPS misure di conservazione sotto forma di piani di gestione specifici o integrati e misure regolamentari, amministrative o contrattuali. Piani e progetti previsti all'interno di SIC e ZPS e suscettibili di avere un'incidenza significativa sui Siti della Rete Natura 2000, devono essere sottoposti alla procedura di valutazione di incidenza.

L'area entro cui ricade il sito in studio **non rientra in nessuna delle zone della Rete Natura 2000**; in particolare il sito Natura 2000 più prossimo, è posto ad oltre 11 km di distanza in direzione ENE: si tratta della Zona Speciale di Conservazione (ZSC) n. IT2070018 "Altopiano di Cariadeghe".

3.3 Valutazione del rischio idrogeologico

La Legge 3 Agosto 1998 n° 267 e successive modifiche ed integrazioni prevede che *“le autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le regioni per i restanti bacini adottano, ... piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico ... che contengano in particolare la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia...”*

Il metodo per la valutazione del rischio, dipendente dai fenomeni di carattere idrogeologico, viene indicato dal D.P.C.M. 29 settembre 1998, mentre la legge 11 dicembre 2000 n° 365, individua una nuova procedura per l'approvazione dei PAI e sancisce una data limite per l'adozione degli stessi; quest'ultima deve avvenire entro e non oltre sei mesi dalla data di adozione del relativo progetto di piano.

In tale quadro normativo, l'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, ente competente per il territorio comunale di Brescia, ha elaborato il **PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO**. Per quanto riguarda il comune di Brescia, la documentazione relativa alle modifiche ed integrazioni al progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) individua un **rischio idraulico e idrogeologico R4 molto elevato**.

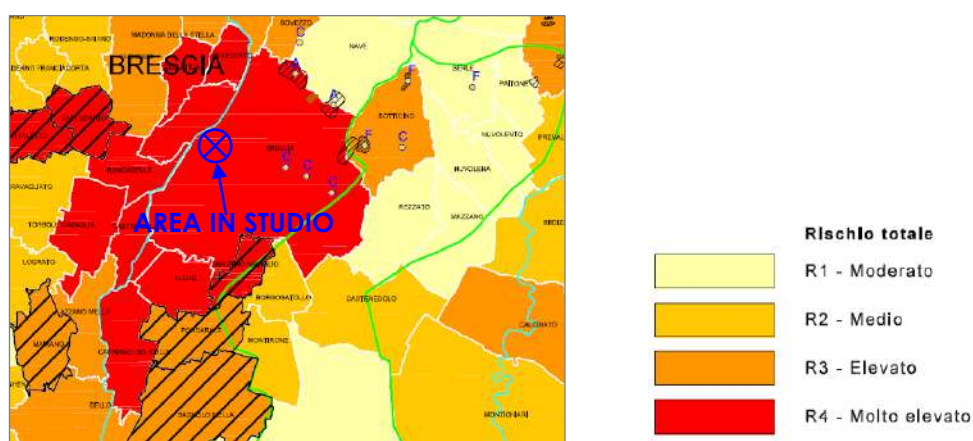


Figura 21: Stralcio Tav.6-II - Rischio Idraulico e idrogeologico AGGIORNAMENTO
Modifiche ed integrazioni al progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

La Direttiva Europea 2007/60/CE (*“Direttiva alluvioni”*), recepita con D. Lgs. 49/2010, ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione

del rischio legato alle alluvioni, attuata dal **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)**.

Il PGRA, introdotto dalla Direttiva, per ogni distretto idrografico, dirige l'azione sulle aree a rischio più significative, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, di concerto tra tutte le amministrazioni e gli enti gestori.

In particolare, il PGRA fornisce le mappe di pericolosità e le mappe di rischio che mostrano rispettivamente le aree geografiche soggette a possibili allagamenti e le potenziali conseguenze negative secondo diversi scenari:

- alluvioni **rare L** (TR= fino a 500 anni);
- alluvioni **poco frequenti M** (TR=100 - 200 anni);
- alluvioni **frequenti H** (TR=20 anni).

La mappatura della pericolosità è differenziata per i diversi ambiti territoriali:

- reticolo principale (**RP**);
- reticolo secondario collinare e montano (**RSCM**);
- reticolo secondario di pianura (**RSP**);
- aree costiere marine (**ACM**);
- aree costiere lacuali (**ACL**).

Gli elementi esposti ricadenti entro le aree allagabili sono classificabili secondo n. 4 gradi di rischio crescente, da **R1** moderato a **R4** molto elevato.

Come si evidenzia nelle seguenti figure 22 e 23, secondo le carte del Piano di gestione Rischio Alluvioni attualmente vigente, il sito in oggetto ricade entro **un'area caratterizzata da pericolosità bassa (LPH = Low probability hazard) e da rischio medio da alluvioni R2**.

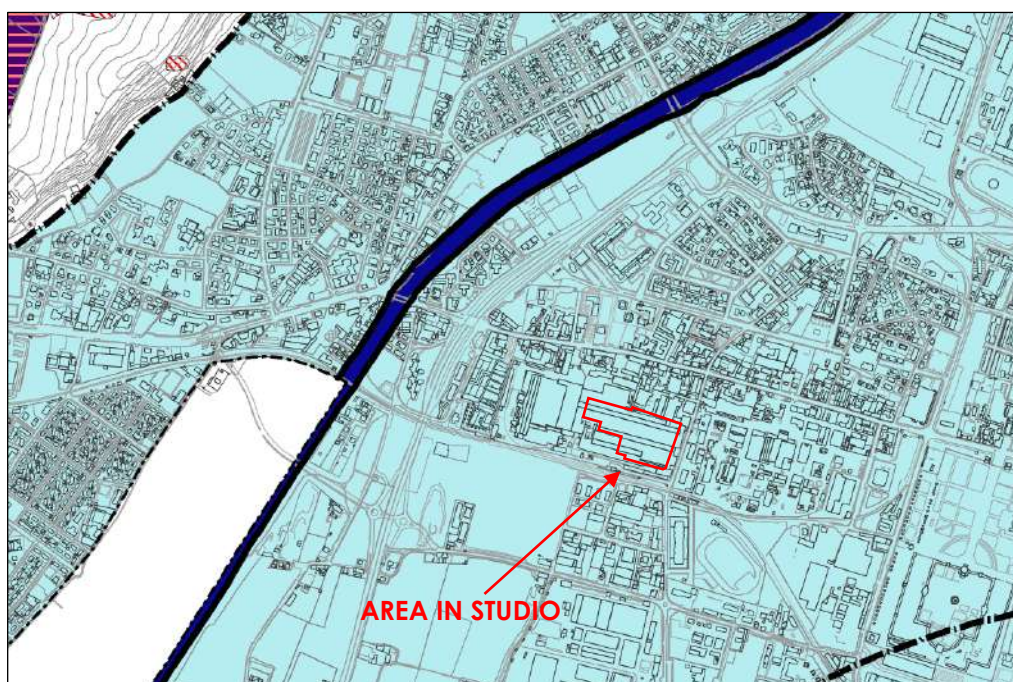
La Carta PAI-PGRA del P.G.T. comunale (cfr. *Figura 24*) sintetizza tale condizione, inserendo il sito in studio entro un'area **potenzialmente interessata da alluvioni rare (P1/L)**.



Figura 22: Stralcio estratto dal PGRA – estensione area allagabile (Fonte: Geoportale Nazionale)



Figura 23: Stralcio estratto dal PGRA – rischio per alluvioni (Fonte: Geoportale Nazionale)



Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) approvato con DPCM 27 Ottobre 2016

Ambito Territoriale RP

-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H)
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M)
*Per il T. Garza la delimitazione è riferita ad un tempo di ritorno pari a 100 anni (delimitazione fornita da Regione Lombardia ed utilizzata per le valutazioni idrauliche di dettaglio).
Per il F. Mella la delimitazione è riferita ad un tempo di ritorno pari a 200 anni.*
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M).
Delimitazione riferita ad un tempo di ritorno pari a 200 anni riportata sul Geoportale di Regione Lombardia.
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)

Figura 24: Stralcio dell'elaborato V.I. Alall. 04G "Carta PAI-PGRA" – ottobre 2020, allegata al P.G.T. del Comune di Brescia

3.4 Caratteri sismogenetici dell'area

La storia sismica dell'area va inserita nel più ampio contesto sismotettonico di questo settore dell'Italia Settentrionale, con particolare riferimento, oltre che ai dati strumentali raccolti in questi ultimi decenni, ad un'analisi storiografica di documenti in cui sono riportate le cronache di eventi tellurici e dei danni da loro prodotti.

L'attività sismica storica di questo settore della provincia di Brescia appare come la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria, interessata da deboli deformazioni, dove l'attività neotettonica profonda è determinata dalla collisione tra le unità alpine sud vergenti e quelle appenniniche nord-vergenti.

La convergenza tra la placca adriatica ed europea rappresenta il principale meccanismo responsabile della tettonica attiva in tutta l'Italia settentrionale; la placca Europea si inflette al di sotto di quella Adriatica che a sua volta si piega sotto quella Tirrenica.

L'evoluzione normativa nazionale degli ultimi anni è stata supportata da una serie di rapporti curati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che hanno ridefinito la sismicità del territorio e creato le basi per le valutazioni di pericolosità sismica nel territorio italiano.

Il documento più recente, redatto a seguito dall'OPCM n° 3274 del 20 marzo 2003 (*Gruppo di Lavoro [2004] - Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici*) ha prodotto, tra l'altro, una mappatura delle aree che potenzialmente possono generare terremoti (zone sorgente).

La nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, si basa sulla sostanziale rivalutazione della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000), in considerazione delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni del potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. La zonazione ZS9 è costituita da 36 zone-sorgente, a cui vanno aggiunte 6 zone-sorgente per le quali non verrà valutata la pericolosità sismica.

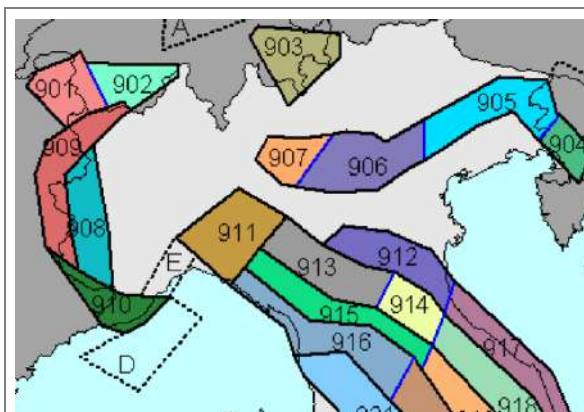


Figura 25: Zonazione sismogenetica ZS9

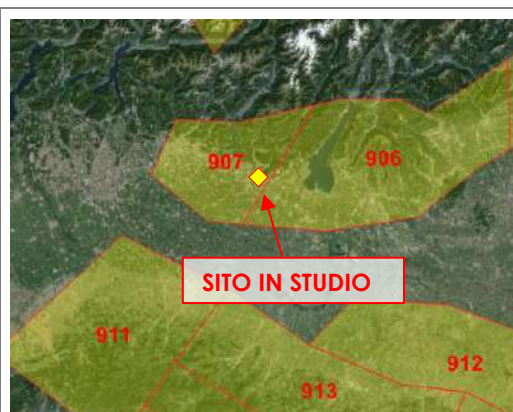
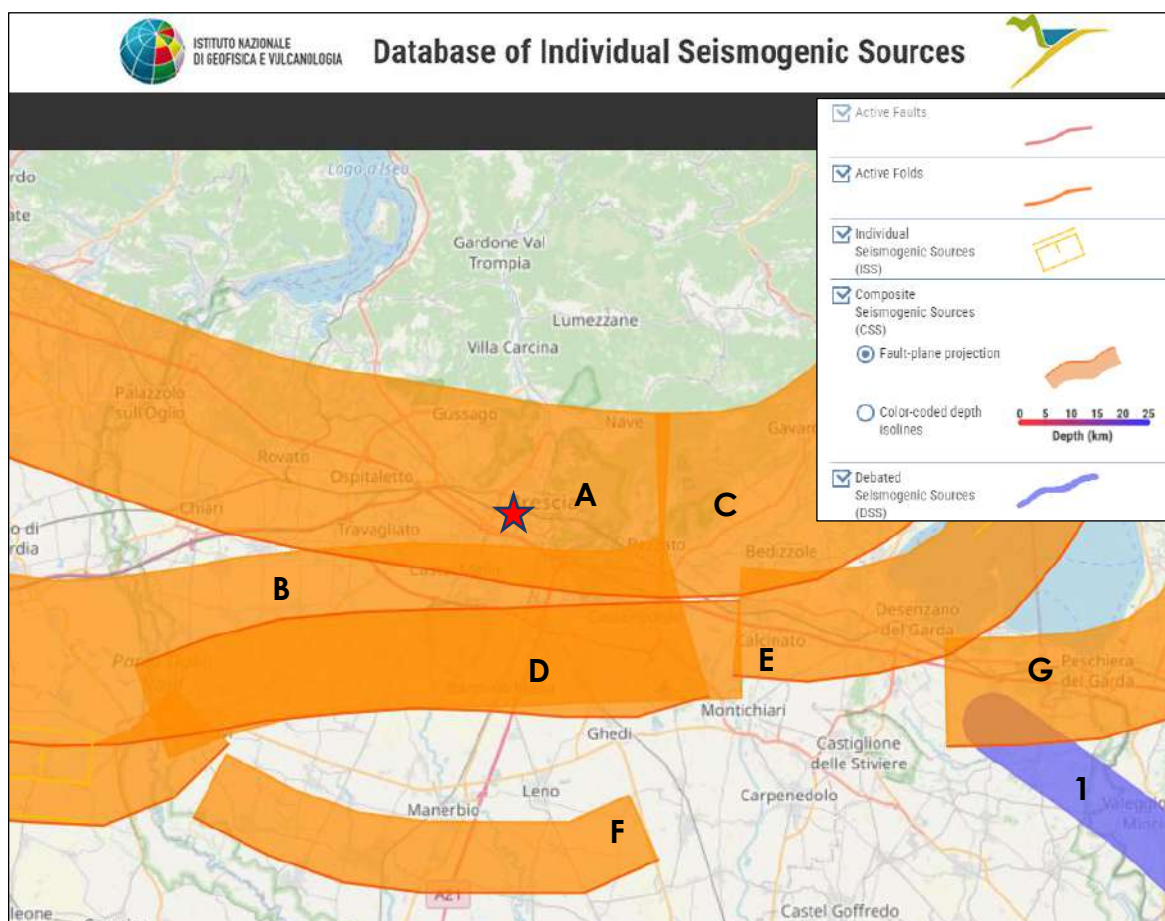


Figura 26: Zona 907-906 - area in studio

Nella zonazione sismogenetica ZS9, il sito in oggetto è situato nella **zona 907** in prossimità del confine con la **zona 906** (cfr. Figura 26), a cui sono associati valori di magnitudo massima rispettivamente pari a $M_{Wmax} = 6,14$ e $M_{Wmax} = 6,60$.

3.5 Sorgenti sismogenetiche

La valutazione delle sorgenti sismogenetiche prossime all'area in studio è stata condotta mediante la consultazione del database DISS 3.3.1 elaborato dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e del database sviluppato dal progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) a cura del Servizio Geologico d'Italia – ISPRA.



Sorgenti sismogenetiche composite:

 Area in studio

A → Western S-Alps internal thrust

E → Sirmione

B → Western S-Alps external thrust deep

F → Western S-Alps external thrust shallow-east

C → Giudicarie

G → Solferino

D → Capriano-Castenedolo back thrust

1 → Nogara

Figura 27: Estratto del data base D.I.S.S. 3.3.1

La tabella seguente mostra le caratteristiche principali delle sorgenti sismogenetiche più prossime all'area in oggetto.

	Codice DISS	Nome	Tipo di sorgente
A	ITCS010	Western S-Alps internal thrust	Composita
B	ITCS002	Western S-Alps external thrust deep	Composita
C	ITCS048	Giudicarie	Composita
D	ITCS072	Capriano-Castenedolo back-thrust	Composita
E	ITCS113	Sirmione	Composita
F	ITCS116	Western S-Alps external thrust shallow-	Composita
G	ITCS114	Solferino	Composita
1	ITDS074	Nogara	Individuale

Tabella 9: Caratteristiche delle sorgenti sismogenetiche vicine all'area in studio

Le sorgenti indicate con le lettere A, B, C, D, E, F e G, sono di tipo composito, ovvero rappresentano regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate e non ancora conosciute singolarmente, mentre, la sorgente indicata con il numero 1 rappresenta una sorgente sismogenetica dibattuta.

Il database sviluppato dal progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) a cura del Servizio Geologico d'Italia – ISPRA sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano, in particolare il progetto si occupa delle **faglie capaci**, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie: dalla sua consultazione è stato possibile individuare una serie di faglie ubicabili indicativamente come nella figura sotto (immagine estratta dal sito dell'ISPRA).

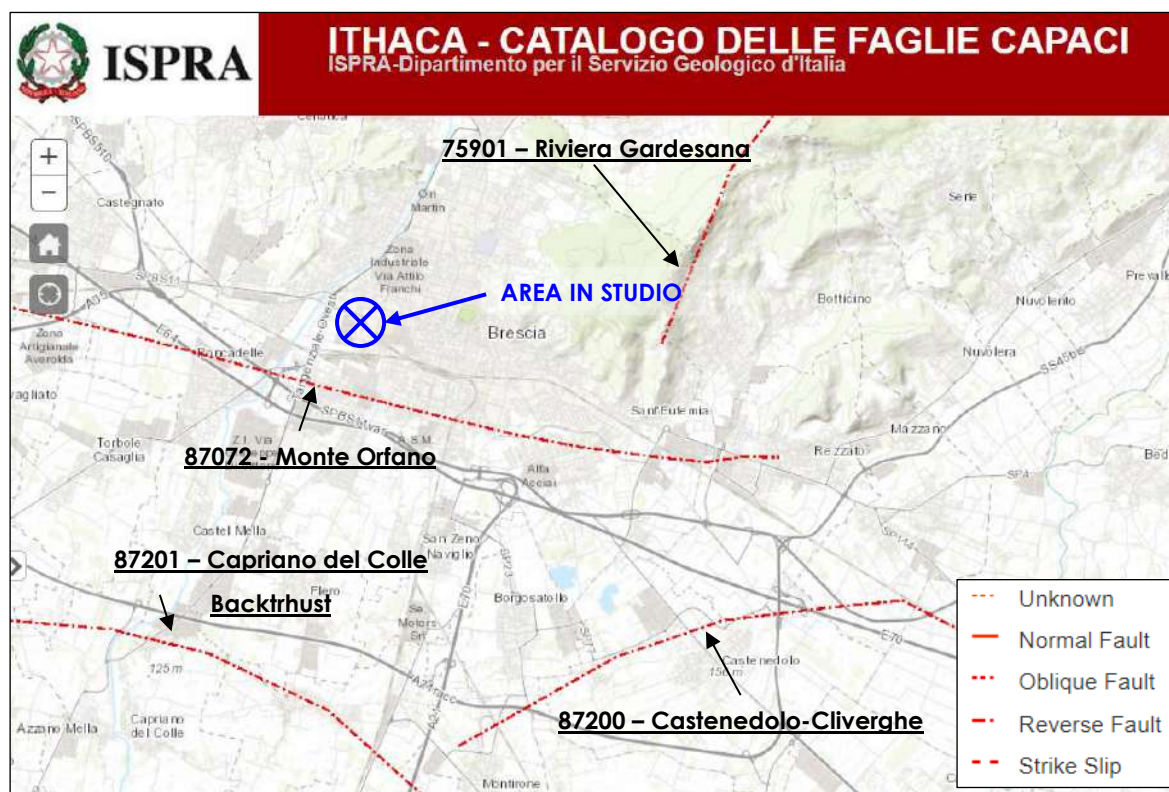


Figura 28: Estratto database ITHACA (<http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/>)

Il database ITHACA indica, nell'intorno dell'area in argomento, la presenza delle seguenti faglie:

Codice	Nome	Distanza dal sito
87072	M. Orfano	circa 2,0 km S
75901	Riviera Gardesana	circa 7,4 km E
87201	Capriano del colle Backthrust	circa 8,7 km SO
87200	Castenedolo-Cliverghe	circa 10,2 km SE

Tabella 10: Faglie individuabili prossime all'area in studio (Database ITHACA)

3.6 Zonazione sismica

L'evoluzione della normativa antisismica nazionale ha subito un punto di svolta nel 2003, con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n° 3274 del 20 marzo 2003. In essa è contenuta una classificazione sismica del territorio italiano, su basi comunali, che attribuisce un grado di pericolosità sismica all'intera penisola, a differenza della precedente normativa che classificava come sismica solo una parte del territorio nazionale.

L'OPCM n° 3274 definisce, oltre alla nuova classificazione sismica del territorio italiano, le norme procedurali per la progettazione in aree sismiche, individuando esplicitamente gli obiettivi da raggiungere in termini di danni accettati a fronte di livelli di azione sismica stabiliti.

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n° 3274 del 20 marzo 2003, il territorio comunale di Brescia era compreso in Zona sismica 3.

Tuttavia, la OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006 dispone l'utilizzo di una nuova "mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" (All. 1b); quest'ultima, individua 12 zone definite da un *range* di valori delle accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.

Secondo tale normativa, l'area in studio, si colloca nella fascia **caratterizzata da valori di a_g/g compresi tra 0,125 e 0,150.**

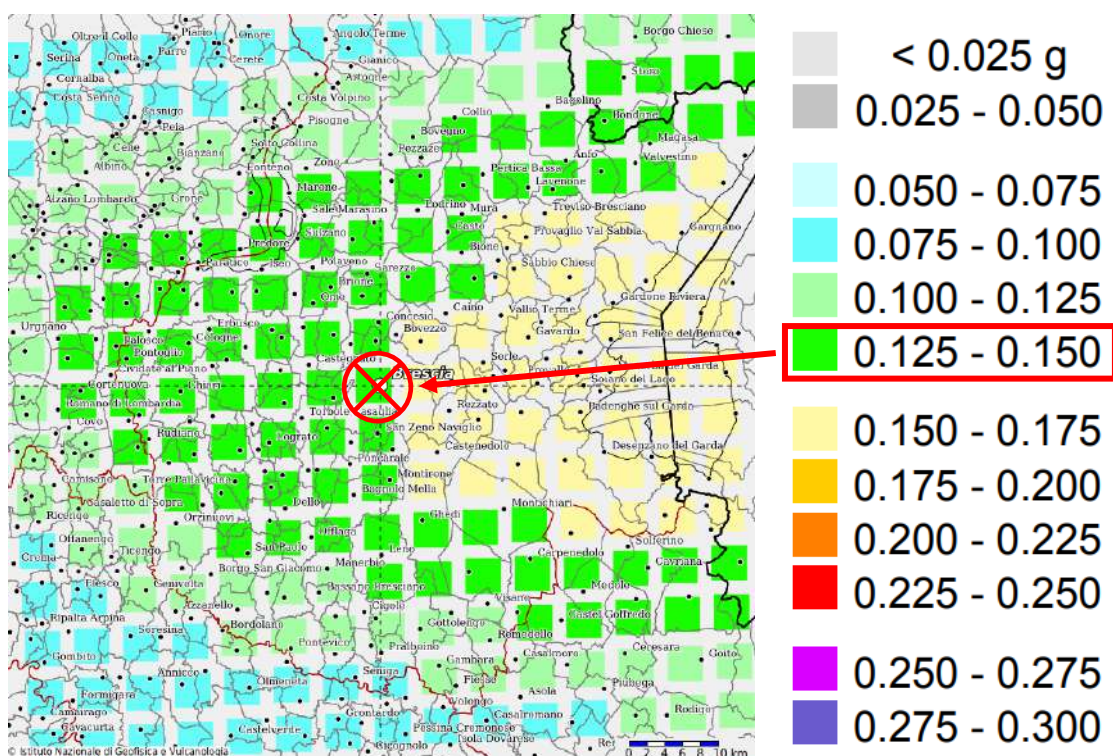


Figura 29: Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi

Con la D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014, è stata inoltre approvata ed in seguito adottata la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia.

Con tale Deliberazione regionale, la Regione Lombardia ha approvato un allegato in cui, per ogni comune, vengono indicate la rispettiva nuova zona sismica e la accelerazione massima (a_{gmax}).

Secondo il suddetto aggiornamento della classificazione sismica, il Comune di Brescia rientra in **Zona Sismica 2**, con **a_{gmax} pari a 0,154219**.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	a_{gmax}
03017029	BS	BRESCIA	2	0,154219

Figura 30: Stralcio elenco dei comuni con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (a_{gmax}) presente all'interno del territorio regionale - allegato A (approvata con D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014)

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1 IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Pag. 47

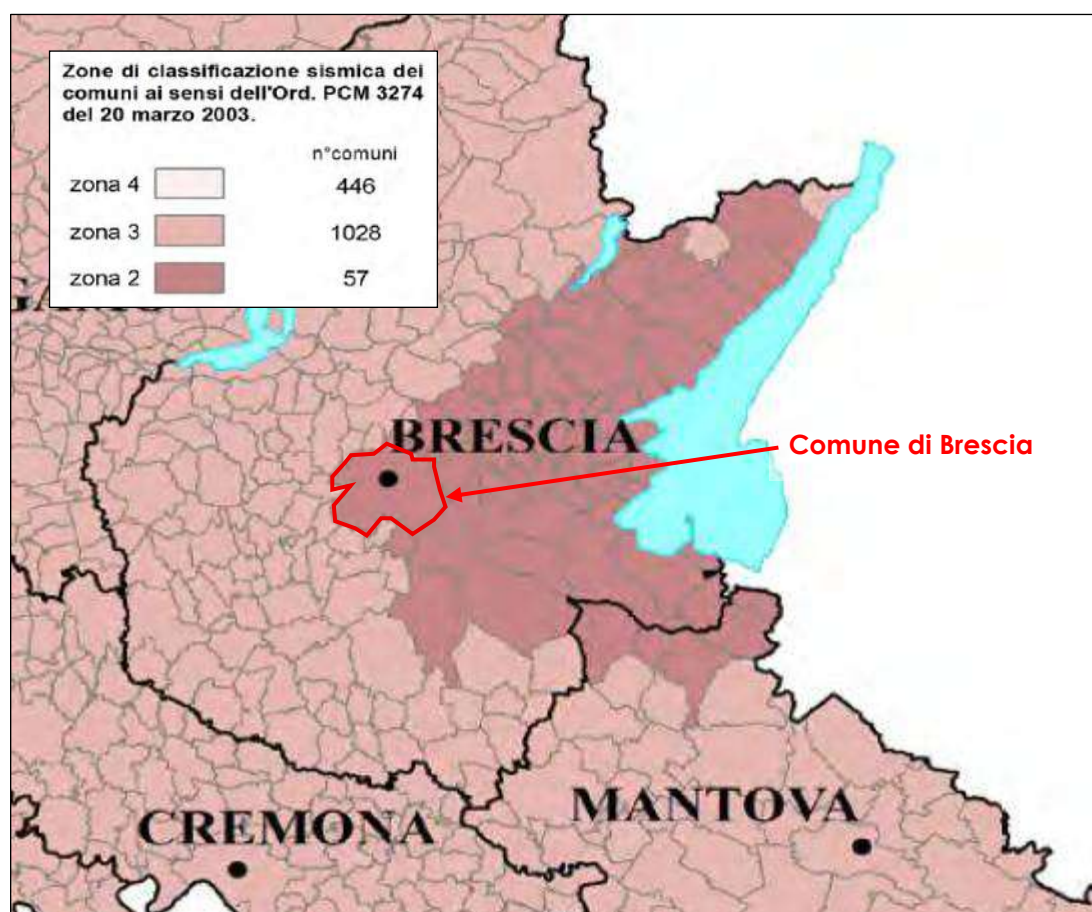
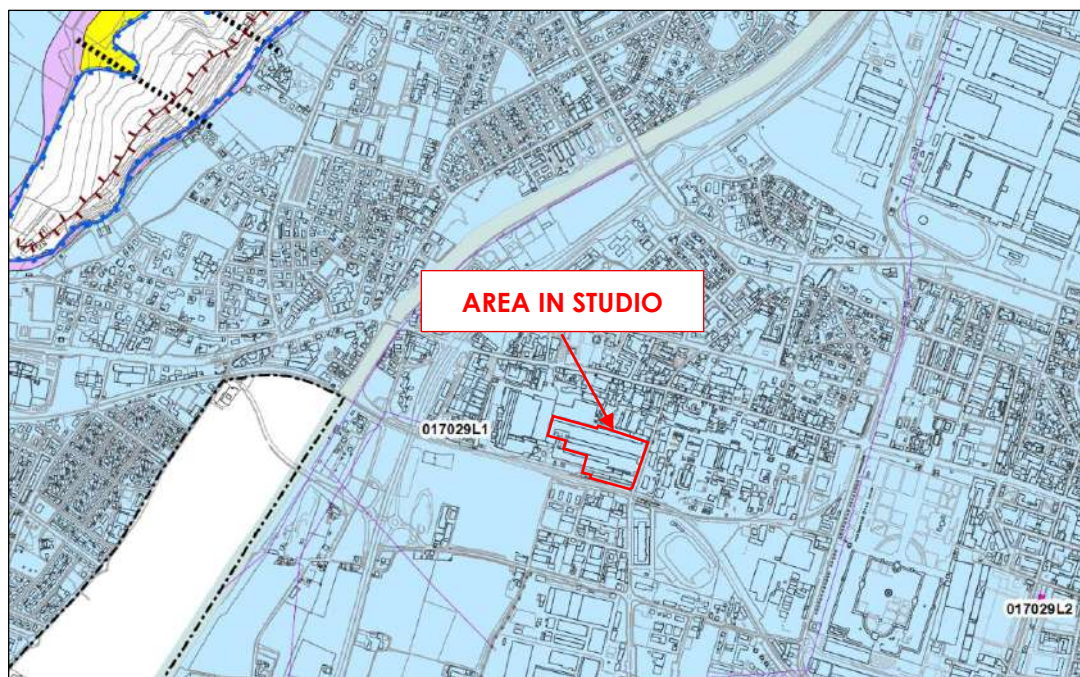


Figura 31: Stralcio della mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi (approvata con D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014)

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica dell'area in esame, dall'osservazione dell'elaborato V-Alall. 04E "Carta della Pericolosità Sismica Locale – 1° livello", l'analisi sismica di 1° livello che riporta la perimetrazione delle diverse "situazioni tipo" in grado di determinare gli effetti sismici locali, indica che il sito in oggetto, **rientra in uno scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a**: "Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi con possibili effetti di amplificazioni litologiche" (cfr. Figura 32).

**Amplificazioni topografiche**

— Z3a - Zona di ciglio $H > 10$ m.

--- Z3b - Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo.

Amplificazioni litologiche

□ Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

□ Z4b - Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale.

Figura 32: Stralcio dell'Elaborato V-Alall. 04E "Carta della pericolosità Sismica Locale-1° livello" – gennaio 2016, allegato al P.G.T. del Comune di Brescia

Inoltre, nelle aree individuate come suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche, il Comune di Brescia ha condotto l'analisi di 2° livello, che prevede una caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del fattore di Amplificazione (F_a).

Nella "Carta della Pericolosità sismica locale – 2° livello" (elaborato V-Alall. 04F) allegata al P.G.T. comunale, l'area in studio ricade entro uno scenario **Z4a – Categoria di sottosuolo identificata B**, in cui risulta un fattore di amplificazione F_a maggiore del valore di soglia comunale per la categoria di sottosuolo individuata e quindi, in fase di progettazione, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della

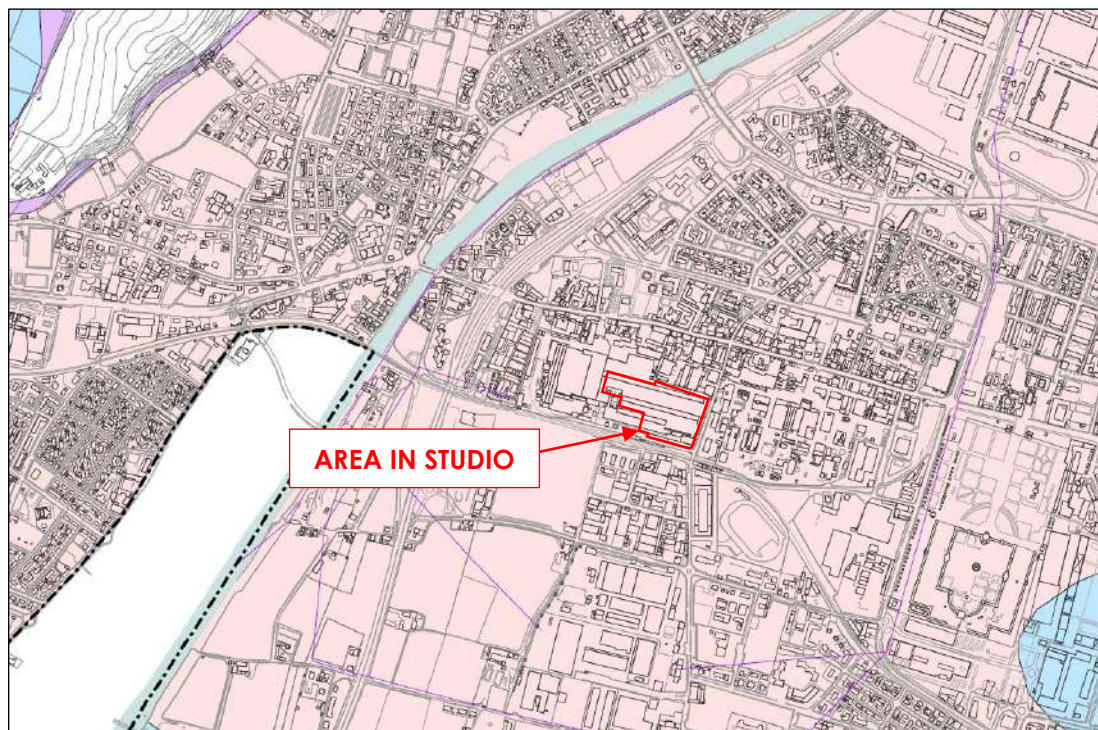
INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

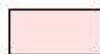
Pag. 49

categoria di sottosuolo superiore (**in questo caso Categoria C**), in quanto l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa per la categoria di sottosuolo identificata non risulta sufficiente a salvaguardare le strutture dagli effetti di amplificazione litologica.



Scenari per i quali risulta un F_a maggiore del valore di soglia comunale per la categoria di sottosuolo individuata e al cui interno, in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.



Z4a - Categoria di sottosuolo identificata B: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo C (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Figura 33: Stralcio dell'Elaborato V-Alall. 04F "Carta della pericolosità Sismica Locale - 2° livello" - gennaio 2016, allegata al P.G.T. del Comune di Brescia

3.6.1 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, da usare nelle verifiche agli stati limite secondo il D.M. 17 gennaio 2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” – si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito.

La **pericolosità sismica** è definita in termini di **accelerazione orizzontale massima attesa a_g** ed è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari al valore prefissato.

Nell'intento di definire in modo puntuale la pericolosità sismica, le NTC fanno riferimento a n. 4 stati limite per l'azione sismica, ognuno definito da una “probabilità di eccedenza del periodo di riferimento” P_{VR} , e da un “periodo di ritorno” T_R , espresso in anni.

Si fa quindi riferimento ai seguenti stati limite:

Stati Limite di Esercizio SLE	Stato limite di immediata operatività SLO
	Stato limite di Danno SLD
Stati Limite Ultimi SLU	Stato limite di Salvaguardi della Vita SLV
	Stato Limite di prevenzione del Collasso SLC

Tabella 11: Stati limite per l'azione sismica

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 34: Tabella 3.2.1 - Norme tecniche per le costruzioni: probabilità di superamento in funzione dello stato limite considerato

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornito dallo INGV, per ogni sito in base alla strategia di progettazione scelta per la singola costruzione.

Sulla base delle mappe interattive dell'INGV richiamate dal D.M. 17 Gennaio 2018 l'area in esame è inseribile nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s compreso tra **0,125g e 0,150g** (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50° percentile).

Non essendo nota, allo stato attuale, la strategia progettuale che verrà adottata, si propongono in *Figura 35* i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento, elaborati mediante interpolazione per superficie rigata con il programma “Spettri di Risposta – ver. 1.0.3”, disponibile presso il sito on-line del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito di intervento, in riferimento ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ($T_R = 475$ anni), il calcolo eseguito con il programma Spettri di risposta – ver. 1.0.3” del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici mediante interpolazione per superficie rigata, individua la pericolosità sismica del sito di intervento con un valore di a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s pari a **0,148g**.

Sarà compito del progettista strutturale scegliere i parametri da utilizzare nei calcoli in funzione della “Strategia di progettazione” adottata una volta definita la Vita Nominale, la Classe d’uso ed il Periodo di Riferimento assegnate alla struttura.

Le coordinate del sito in studio (sistema di riferimento ED 50), sono le seguenti:

Longitudine: 10.19265°

Latitudine: 45.54489°

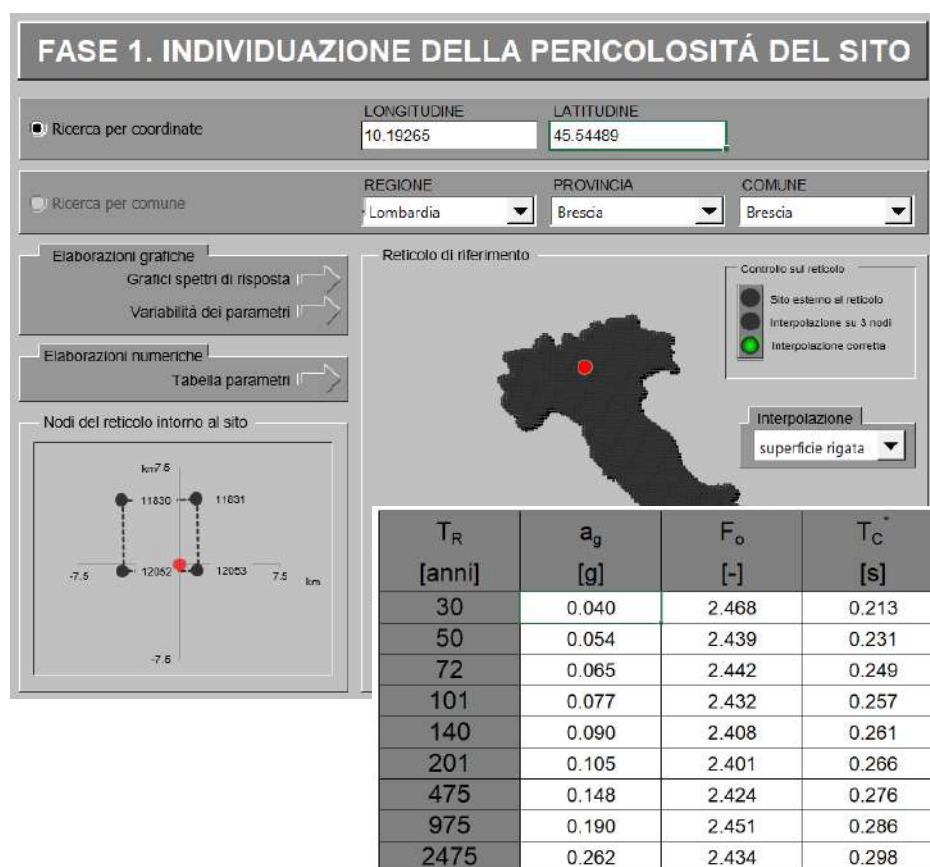


Figura 35: Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (interpolazione per superficie rigata)

stato limite	T_R (anni)	a_g/g	F_o	T_c (sec)
SLO	30	0.040	2.468	0.213
SLD	50	0.054	2.439	0.231
SLV	475	0.148	2.424	0.276
SLC	975	0.190	2.451	0.286

Tabella 12: Parametri per ogni stato limite

Dove: T_R = periodo di ritorno

a_g/g = accelerazione orizzontale massima attesa;

F_o = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_c = è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con riferimento all'intervento in progetto, alla luce delle indagini eseguite e delle notizie di ordine geologico disponibili ed illustrate nel presente documento, si ritiene di poter esprimere le seguenti considerazioni:

- l'area in studio rientra nell'ambito delle alluvioni antiche e recenti ghiaioso sabbiose, appartenenti all'alveo del Fiume Mella, da medie a molto grossolane;
- dal punto di vista dell'idrogeologia, la falda freatica è stata individuata ad una profondità di circa 20,5 m dal p.c.;
- **l'area oggetto di intervento ricade entro aree potenzialmente interessate da alluvioni rare P1/L;**
- secondo l'elaborato *"Carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano"* allegata al P.G.T. del Comune di Brescia, il sito rientra in una **Classe di fattibilità 2a, con modeste limitazioni**; si tratta, infatti, di *un'area stabile e di una zona di pianura caratterizzata da un substrato in genere contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche*;
- dall'osservazione dell'elaborato *"Carta della Pericolosità Sismica Locale – 1° livello"*, si evince che il sito in oggetto **rientra in uno scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a**: *"Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi con possibili effetti di amplificazioni litologiche"*;
- nella *"Carta della Pericolosità sismica locale – 2° livello"* allegata al P.G.T. comunale, l'area in studio ricade entro uno scenario **Z4a – Categoria di sottosuolo identificata B**, in cui risulta un fattore di amplificazione F_a maggiore del valore di soglia comunale per la categoria di sottosuolo individuata;

- pertanto, in fase di progettazione, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (in questo caso Categoria C), in quanto l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa per la categoria di sottosuolo identificata non risulta sufficiente a salvaguardare le strutture dagli effetti di amplificazione litologica.

Il quadro geologico risultante conferma la fattibilità dell'intervento previsto in progetto sempre, comunque, tenendo conto delle indicazioni contenute nel presente documento.

Sommacampagna, agosto 2025

Dott. Geol. Claudio LEONCINI



5. ALLEGATI

Allegato 1. Planimetria con ubicazione delle indagini

Allegato 2. Stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo

Allegato 3. Documentazione fotografica dei sondaggi

Allegato 4. Report analisi di laboratorio geotecnico

Allegato 5. Relazione sull'indagine sismica (a cura di GG Service S.r.l.)

ALLEGATO 1

Planimetria con ubicazione delle indagini

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

ALLEGATI

Planimetria con ubicazione delle indagini



LEGENDA

- Comparto AT-C.2.1. Ideal Clima Ideal Standard
- Confine di proprietà Intred S.p.a. (Lotto 1)
- S1 Sondaggi a carotaggio continuo
- Test di Nakamura (HVSR)
- Stendimento sismico Re.Mi.



Ing. Silvano ROSSATO
Geol. Claudio LEONCINI
Geom. Giulio ZAMPINI
Geom. Nicola CORDIOLI

SEDE LEGALE:

Viale Cristoforo Colombo, 131
37138 Verona
Cod. Fisc. - P. IVA 0308 5450 231
Via Osteria Grande, 61
37066 Sommacampagna (VR)

UFFICIO TECNICO:

Tel. 045 510288 - Fax. 045 510514
e-mail: info@psvstl.com

COMMITTENTE:

INTRED S.p.a.

Via P. Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

ATTIVITA':

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA NUOVA SEDE AZIENDALE DELLA DITTA INTRED S.P.A., NELL'AMBITO DEL COMPARTO "AT - C.2.1. IDEAL CLIMA - IDEAL STANDARD" - LOTTO 1, NELL'AREA OCCUPATA DALLA EX IDEAL STANDARD IN VIA MILANO E VIA VILLA GLORI

ELABORATO:

**R1 - Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 - Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011**

ALLEGATO 2

Stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

ALLEGATI

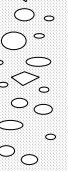
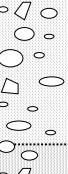
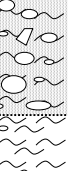
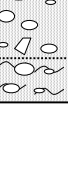
Luogo: Via Milano - Brescia		Committente: INTRED S.p.a.	
Tipo attività: Sondaggi a carotaggio continuo		Progetto: Realizzazione di un nuovo datacenter e della nuova sede aziendale	

Ditta operatrice:  Progetti Servizi Verona s.r.l. Via Osteria Grande, 61 - 37066 Sommacampagna - VERONA Tel. 045.510.288 Fax. 045.510.514		Direzione di cantiere: Dr. Geol. C. Leoncini	Data: 07-mag-25
		Oggetto: Log stratigrafico	Sondaggio: S.1

Φ mm	Profondità progressiva	Profondità parziale	% carot.	Litologie	Descrizione del terreno	da	a	Campione sigla	S.P.T.			Poker kg/cm²	Vane kg/cm²	m	
	m	m	m			Prof.	H (cm)		N						
152	0.2	0.2	90		Soletta in cls	1.5	1.8	CR1				1.0	0.5	0.0	
	0.6	0.4	80		Ciottoli con limi argillosi bruni rimaneggiati									0.4	
	1.1	0.5	90		Limi argillosi bruni rimaneggiati									0.8	
	1.5	0.4	100		Limi sabbiosi argillosi grigi con laterizi, rimaneggiati									1.2	
	2.0	0.5	100		Limi argillosi bruni									1.6	
	2.6	0.6	90		Limi argillosi con ghiaia e rari ciottoli									2.0	
						6.0	6.5	CR2	SPT 1					2.4	
									3.0	15	20			2.8	
										30	R			3.2	
										45				3.6	
														4.0	
														4.4	
														4.8	
														5.2	
														5.6	
														6.0	
														6.4	
														6.8	
														7.2	
														7.6	
														8.0	
														8.4	
														8.8	
														9.2	
														9.6	
														10.0	
														10.4	
														10.8	
														11.2	
														11.6	
														12.0	
									12.4						
									12.8						
								13.2							
								13.6							
								14.0							
								14.4							
								14.8							
								15.2							
								15.6							
								16.0							
								16.4							
								16.8							
								17.2							
								17.6							
								18.0							
								18.4							
								18.8							
								19.2							
								19.6							
								20.0							
								20.4							
								20.8							
								21.2							
								21.6							
								22.0							
								22.4							
								22.8							
								23.2							
								23.6							
								24.0							
								24.4							
								24.8							
								25.2							
								25.6							
								26.0							
								26.4							
								26.8							
								27.2							
								27.6							
								28.0							
								28.4							
								28.8							
								29.2							
								29.6							
								30.0							
114		2.0	90		Ghiaie in matrice di limi sabbiosi e sabbie fini limose di colore bruno ocra				SPT 9					27.2	
	28.2				27.0				15	R	27.6				
									30		28.0				
													28.4		
															28.8
															29.2
	30.0	1.8	90		Ghiaie con ciottoli in matrice di limi sabbiosi e sabbie fini limose di colore bruno									29.6	

Luogo: Via Milano - Brescia		Committente: INTRED S.p.a.	
Tipo attività: Sondaggi a carotaggio continuo		Progetto: Realizzazione di un nuovo datacenter e della nuova sede aziendale	

Ditta operatrice:  Progetti Servizi Verona s.r.l. Via Osteria Grande, 61 - 37066 Sommacampagna - VERONA Tel. 045.510.288 Fax. 045.510.514		Direzione di cantiere: Dr. Geol. C. Leoncini		Data: 07-mag-25	
Oggetto: Log stratigrafico			Sondaggio: S.3		

Φ mm	Profondità progressiva	Profondità parziale	% carot.	Litologie	Descrizione del terreno	da	a	Campione sigla	S.P.T.			Poket kg/cm²	Vane kg/cm²	m
	m	m				Prof.	H (cm)		N					
152	0.3	0.3	90		Riporto di ghiaie e sabbie con frammenti di laterizi									0.0
														0.2
		1.3	90		Riporto / rimaneggiamento di limi sabbiosi bruni con ghiaia e frammenti di laterizi									0.4
														0.6
	1.6													0.8
		0.9	100		Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore bruno									1.0
	2.5													1.2
														1.4
		3.5	90		Ghiaie e sabbie con ciottoli di colore nocciola grigio									1.6
														1.8
		6.0												2.0
														2.2
		7.0	1.0	90		Sabbie debolmente limose e ghiaie con ciottoli di colore nocciola								2.4
														2.6
		7.5	0.5	90		Ghiaie e sabbie con ciottoli di colore nocciola grigio								2.8
														3.0
														3.2
														3.4
			4.5	90		Ghiaie con ciottoli da subangolari a subarrotondati in matrice di sabbie limose brune; con acqua di perforazione fino a 7.7 m, quindi umide								3.6
														3.8
														4.0
														4.2
		12.0												4.4
														4.6
		1.7	100		Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore ocre								4.8	
													5.0	
114	13.7													5.2
	14.0	0.3	100		Sabbie fini limose con ghiaia									5.4
		0.6	90		Sabbie medie e grosse con ghiaia									5.6
	14.6													5.8
	15.0	0.4	80		Ghiaie con sabbie limose di colore bruno									6.0

Ditta operatrice:  Progetti Servizi Verona s.r.l. Via Osteria Grande, 61 - 37066 Sommacampagna - VERONA Tel. 045.510.288 Fax. 045.510.514		Direzione di cantiere: Dr. Geol. C. Leoncini	Data: 07-mag-25
		Oggetto: Log stratigrafico	Sondaggio: S.4

[illegible]

ALLEGATO 3

Documentazione fotografica dei sondaggi

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

ALLEGATI

INTRED S.p.A. –Via Milano, Brescia (BS) – 07/05/2025 – S.1



Foto n.1– Postazione del Sondaggio S.1



Foto n.2– Sondaggio S.1 **0,0 m – 5,0 m**

INTRED S.p.A. – Via Milano, Brescia (BS) – 07/05/2025 – S.1



Foto n.3– Sondaggio S.1 **5,0 m – 10,0 m**



Foto n.4– Sondaggio S.1 **10,0 m – 15,0 m**

INTRED S.p.A. – Via Milano, Brescia (BS) – 07/05/2025 – S.1



Foto n.5 - Sondaggio S.1 **15,0 m – 20,0 m**



Foto n.6– Sondaggio S.1 **20,0 m – 25,0 m**



Foto n.7– Sondaggio S.1 **25,0 m – 30,0 m**

INTRED S.p.A. – Via Milano, Brescia (BS) – 08/05/2025 – S.2



Foto n.8– Postazione del Sondaggio S.2



Foto n.9– Sondaggio S.2 **0,0 m – 5,0 m**

INTRED S.p.A. –Via Milano, Brescia (BS) – 08/05/2025 – S.2



Foto n.10 - Sondaggio S.2 **5,0 m – 10,0 m**



Foto n.11– Sondaggio S.2 **10,0 m – 15,0 m**

INTRED S.p.A. –Via Milano, Brescia (BS) – 08/05/2025 – S.3



Foto n.12 - Postazione del Sondaggio S.3



Foto n.13– Sondaggio S.3 **0,0 m – 5,0 m**

INTRED S.p.A. –Via Milano, Brescia (BS) – 08/05/2025 – S.3



Foto n.14 - Sondaggio S.3 **5,0 m – 10,0 m**



Foto n.15– Sondaggio S.3 **10,0 m – 15,0 m**

INTRED S.p.A. – Via Milano, Brescia (BS) – 08/05/2025 – S.4



Foto n.16 - Postazione del Sondaggio S.4

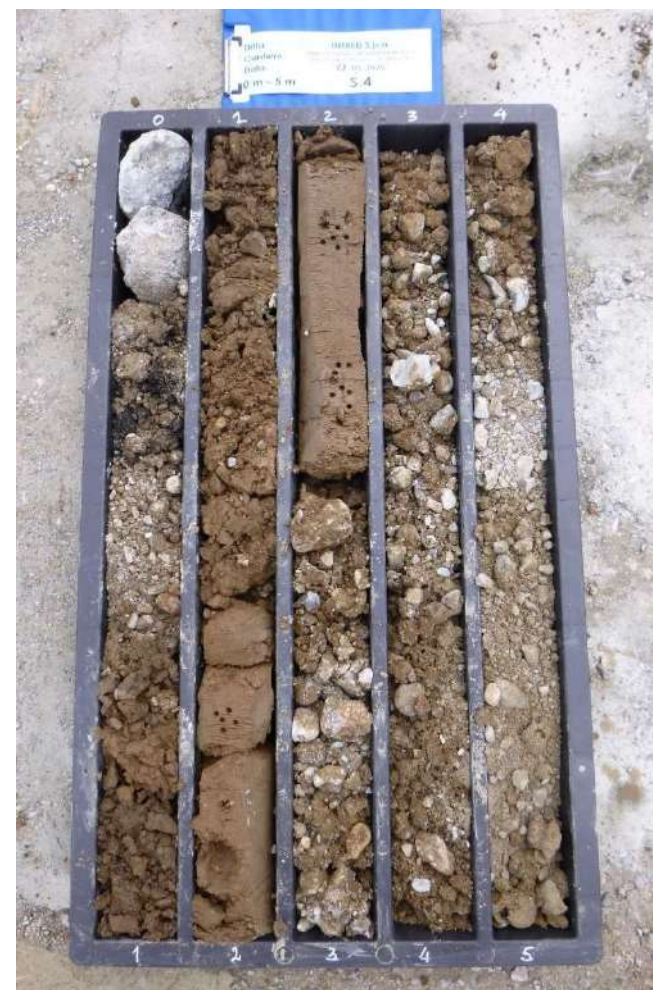


Foto n.17– Sondaggio S.4 0,0 m – 5,0 m

INTRED S.p.A. –Via Milano, Brescia (BS) – 08/05/2025 – S.4



Foto n.18 - Sondaggio S.4 **5,0 m – 10,0 m**



Foto n.19– Sondaggio S.4 **10,0 m – 15,0 m**

ALLEGATO 4

Report analisi di laboratorio geotecnico

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

ALLEGATI



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251226 / 1

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto il 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR1 -

PROFONDITA' 1.5/1.8 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 07/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

- ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

- LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, INDICE DI PLASTICITA' DEI TERRENI

ASTM D 4318/1995

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251226 / 1

pagina 2 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

Data inizio - termine prova: 14/05/2025 - 14/05/2025



Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cemaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251226 / 2

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto li 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR1 -
PROFONDITA' 1.5/1.8 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 07/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

- ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

- LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, INDICE DI PLASTICITA' DEI TERRENI

ASTM D 4318/1995

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251226 / 2

pagina 2 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

5.1 - Metodo del picnometro

Data inizio - termine prova: 19/05/2025 - 19/05/2025

massa volumica apparente della miscela 2,70 Mg/m³

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251226 / 3

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto il 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR1 -
PROFONDITA' 1.5/1.8 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 07/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

- ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

- LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, INDICE DI PLASTICITA' DEI TERRENI

ASTM D 4318/1995

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251226 / 3

pagina 2 di 2

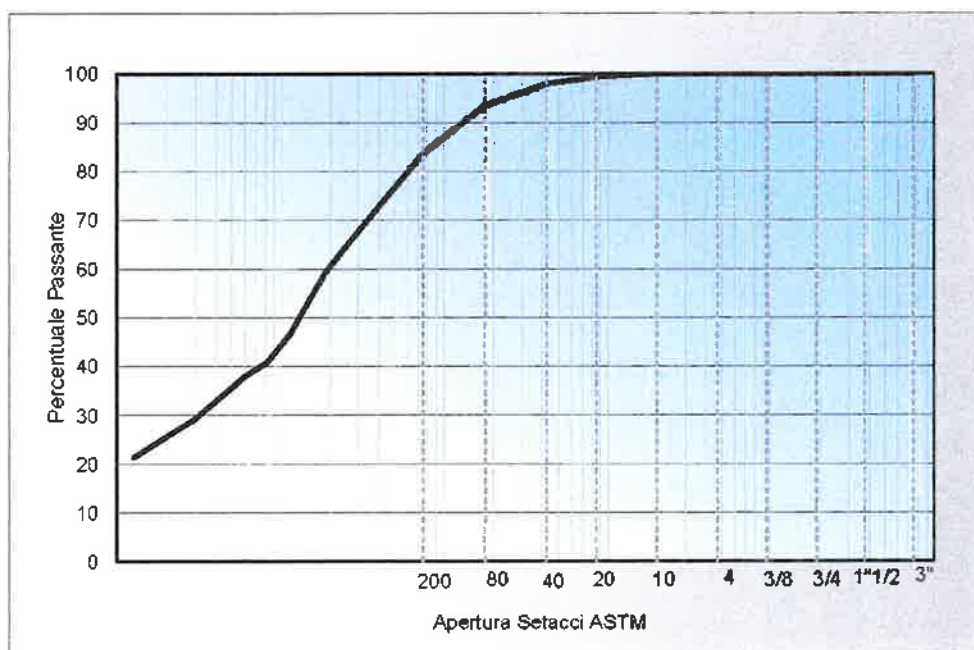
Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

Data inizio - termine prova: 14/05/2025 - 19/05/2025

passante al setaccio	ASTM 10	(2,000 mm)	100,0 %
passante al setaccio	ASTM 20	(0,850 mm)	99,3 %
passante al setaccio	ASTM 40	(0,425 mm)	98,0 %
passante al setaccio	ASTM 80	(0,180 mm)	93,4 %
passante al setaccio	ASTM 200	(0,075 mm)	83,5 %
passante al diametro equivalente di		28,9 micron	67,0 %
passante al diametro equivalente di		18,8 micron	59,2 %
passante al diametro equivalente di		11,4 micron	46,6 %
passante al diametro equivalente di		8,2 micron	40,8 %
passante al diametro equivalente di		6,0 micron	37,9 %
passante al diametro equivalente di		3,0 micron	29,1 %
passante al diametro equivalente di		1,3 micron	21,4 %



Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251226 / 4

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto il 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR1 -
PROFONDITA' 1.5/1.8 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 07/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

- ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

- LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, INDICE DI PLASTICITA' DEI TERRENI

ASTM D 4318/1995

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251226 / 4

pagina 2 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, INDICE DI PLASTICITA' DEI TERRENI

ASTM D 4318/1995

Metodo B - Limite liquido a un punto

Data inizio - termine prova: 14/05/2025 - 16/05/2025

limite liquido LL	35
limite plastico LP	20
indice di plasticità IP	15

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251227 / 1

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7619/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto il 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR2 -
PROFONDITA' 6.0/6.5 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 13/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

CNR n.23/1971

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB s.r.l.

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251227 / 1

pagina 2 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

Data inizio - termine prova: 14/05/2025 - 14/05/2025



Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251227 / 2

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto il 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR2 -
PROFONDITA' 6.0/6.5 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 13/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

CNR n.23/1971

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251227 / 2

pagina 2 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

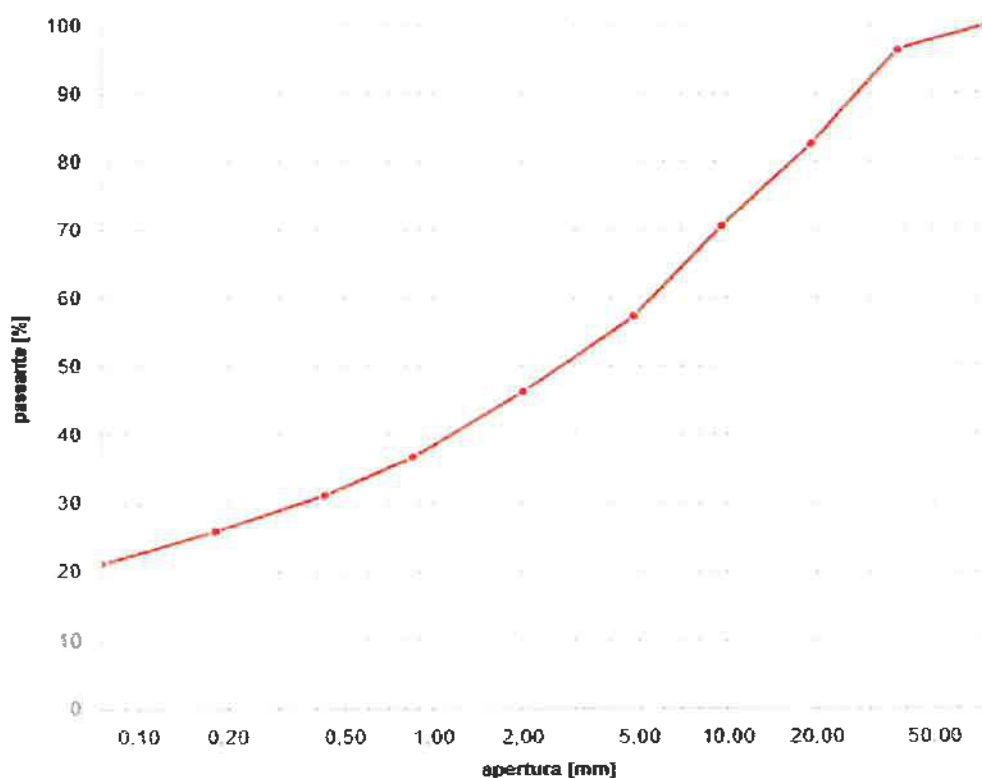
Brescia li 21/05/2025

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

CNR n.23/1971

Data esecuzione: 14/05/2025 - 15/05/2025

passante al setaccio	ASTM 3"	(75,000 mm)	100%
passante al setaccio	ASTM 1"1/2	(37,500 mm)	96%
passante al setaccio	ASTM 3/4"	(19,000 mm)	83%
passante al setaccio	ASTM 3/8"	(9,500 mm)	71%
passante al setaccio	ASTM 4	(4,750 mm)	57%
passante al setaccio	ASTM 10	(2,000 mm)	46%
passante al setaccio	ASTM 20	(0,850 mm)	37%
passante al setaccio	ASTM 40	(0,425 mm)	31%
passante al setaccio	ASTM 80	(0,180 mm)	26%
passante al setaccio	ASTM 200	(0,075 mm)	21,3%



Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251228 / 1

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto il 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR4 -
PROFONDITA' 12.1/12.4 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 07/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

- ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cemaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251228 / 1

pagina 2 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

Data inizio - termine prova: 14/05/2025 - 14/05/2025



Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251228 / 2

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto il 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR4 -
PROFONDITA' 12.1/12.4 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 07/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

- ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251228 / 2

pagina 2 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

5.1 - Metodo del picnometro

Data inizio - termine prova: 19/05/2025 - 19/05/2025

massa volumica apparente della miscela 2,69 Mg/m³

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251228 / 3

pagina 1 di 2

Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.380 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

Brescia li 21/05/2025

Campione ricevuto il 14/05/2025

Verbale accettazione 3022

Committente INTRED SPA

Via Tamburini, 1 - 25136 Brescia (BS)

Descrizione Campione rimaneggiato di terreno identificato come: SONDAGGIO S1 - CAMPIONE CR4 -
PROFONDITA' 12.1/12.4 m p.c.

Cantiere Intred spa - Via Milano - Brescia

Località via Milano - Brescia

Data prelievo 07/05/2025

Prelievo effettuato da Richiedente

Dati forniti da dott. geol. Claudio Leoncini

osservazioni Domanda di Prova sottoscritta dal dott. geol. Claudio Leoncini

IL PRESENTE CERTIFICATO È COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

UNI EN ISO 17892-3/2016

- ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angelo Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli



GEOLAB s.r.l.

Via Cernaia, 24 - 25124 Brescia (BS)
Telefono 030/6480532
www.geolab.bs.it - geolab@geolab.bs.it
Partita i.v.a 01985350170

Certificato di prova

n. 251228 / 3

pagina 2 di 2

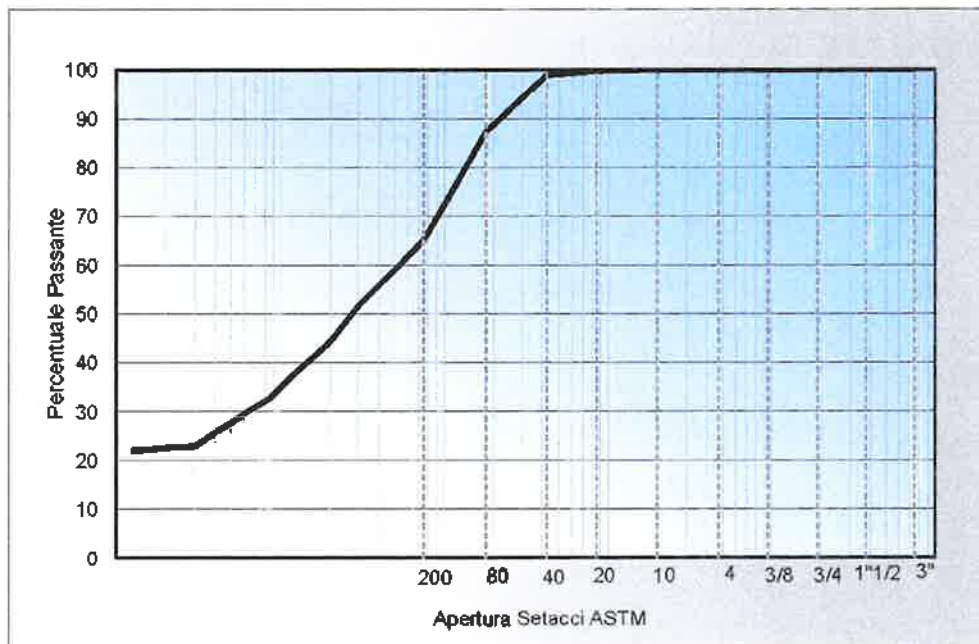
Laboratorio autorizzato all'esecuzione e certificazione di prove geotecniche su terre e rocce (Settori A e B circolare n.7618/STC) ai sensi del DPR n.360 articolo n.59 del 06 giugno 2001. - Sistema qualità certificato UNI EN ISO 9001.

ANALISI DELLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN TERRENO

ASTM D 422/1994

Data inizio - termine prova: 14/05/2025 - 19/05/2025

passante al setaccio	ASTM 10	(2,000 mm)	100,0 %
passante al setaccio	ASTM 20	(0,850 mm)	99,7 %
passante al setaccio	ASTM 40	(0,425 mm)	98,9 %
passante al setaccio	ASTM 80	(0,180 mm)	87,2 %
passante al setaccio	ASTM 200	(0,075 mm)	64,9 %
passante al diametro equivalente di		30,6 micron	51,8 %
passante al diametro equivalente di		19,8 micron	44,1 %
passante al diametro equivalente di		11,9 micron	37,4 %
passante al diametro equivalente di		8,5 micron	32,6 %
passante al diametro equivalente di		6,1 micron	29,7 %
passante al diametro equivalente di		3,0 micron	23,0 %
passante al diametro equivalente di		1,3 micron	22,0 %



Sono riportati i dati della domanda di esecuzione prove e le sigle ed etichettature apposte sui provini
È vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB srl

TIMBRO A SECCO SULL'ORIGINALE

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Angela Croce

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Silvia Ragnoli

ALLEGATO 5

Relazione sull'indagine sismica

(a cura di GG Service Srl)

INTRED S.p.a. - Brescia

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO DATA CENTER E DELLA
NUOVA SEDE AZIENDALE NEL COMPARTO AT-C.2.1
IDEAL CLIMA E IDEAL STANDARD – LOTTO 1

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

ALLEGATI

Caratterizzazione sismica sottosuolo fondazione in via Milano e via villa Giori a Brescia



GG Service srl
Prospezioni Geofisiche
Torbole s.G. (TN)
P.I. 01999920224
Cell: 3407269656
infoeggservice@gmail.com

Introduzione

Su richiesta della PSV la GG Service Srl ha eseguito un'indagine geofisica funzionale alla caratterizzazione sismica del sottosuolo di fondazione in un'area ex-industriale.

E' stato eseguito uno stendimento sismico lineare (ReMi) di 46m di estensione, associato ad un test HVSR. Con la prima prova si stima la sismoverticale V_s ed il valore del V_{30} o V_{seq} mentre con la seconda si identifica la frequenza naturale di risonanza del terreno.



Ubicazione stendimento lineare ReMi e putuale Hvsvr



Immagine fotografica degli stendimenti

Per l'acquisizione dei dati sismici lineari e' stato utilizzato un acquisitore a 24bit (Daq link IV-Seismic Source Co) un cavo a 24 canali da 2m di interspaziatura e sensori verticali da 4.5Hz di centro di risonanza. Si sono registrati una dozzina episodi da 20sec ciascuno. La misura a stazione singola e' stata registrata con strumentazione tricomponente a 32bit (Sigma 3- I-Seis) e sensore da 2sec di periodo (0.5Hz). La registrazione del rumore di fondo si e' protratta per una ventina di minuti.

Cenni metodologici

ReMi

La normativa più recente che disciplina le costruzioni, richiede la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Per ottenere questo dato è previsto il calcolo del parametro V_{s30} o $V_{Sequivalente}$. Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1, N} h_i / V_i$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Si ricorda che la velocità delle onde di taglio (V_s) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico.

★

Il profilo verticale delle V_s può essere ricavato per inversione monodimensionale o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962).

Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (Sv-waves).

Tali onde sono presenti in natura e sono conosciute con il termine di microtremiti. Possono venire accuratamente captate ed analizzate nei loro contenuti cromatici ed energetici con un array geometrico lineare simile a quelli utilizzati nella prospezione sismica classica.

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh.

La dispersione è un fenomeno indotto dalla deformazione del treno d'onda che produce una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Un apposito grafico (spettro di potenza $p-f$) in cui è diagrammato in ascissa la frequenza f (Hz) ed in ordinata lo slowness, che altro non è che l'inverso della velocità di fase (m/s), consente agevolmente di individuare il trend dispersivo che contraddistingue il sito sottoposto ad indagine.

Dalla curva di dispersione si passa al profilo di velocità verticale mediante modellazione diretta. Viene cioè costruito il modello teorico la cui curva di dispersione calcolata presenta il minor errore rispetto alla curva sperimentale.

Il processo di modellazione diretta soffre delle limitazioni prodotte dal principio dell'equivalenza secondo il quale possono esistere più modelli che soddisfano la medesima curva di dispersione. In questo caso quindi diventa importante avere dei punti di calibrazione per una ricostruzione "litologica" della struttura

sismica del sottosuolo. Tuttavia questa limitazione non inficia la correttezza della determinazione dei valori di V_{s30} che rappresentano una relazione tra spessori e velocità dei singoli strati.

Per il trattamento di questo tipo di dati è stato utilizzato il software ReMi® aggiornato alla sua ultima versione V.5 e commercializzato dalla Optim LLC (Reno, Nevada -USA). L'approccio analitico si basa sugli studi condotti da J.Louie presso la Nevada University.

Nakamura o HVSR

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio è conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che:

- 1 Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie;
2. Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata;
3. Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane.

Le funzioni di trasferimento **SE** e **AS** che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come:

$$\mathbf{SE} = \mathbf{H_s/H_b} \quad \mathbf{AS} = \mathbf{V_s/V_b}$$

Dove **H** e **V** sono gli spettri per le componenti orizzontali e verticali delle registrazioni di rumore ambientale alla superficie (s) o al top del basamento rigido. Gli effetti di sito, che non comprendono il contributo della sorgente, sono definiti da **SM** come:

$$\mathbf{SM} = \mathbf{Se/As} \quad \Leftrightarrow \quad \mathbf{SM} = \mathbf{H_sV_b/V_sH_b}$$

Nakamura e Theodulidis *et al.* (1996) hanno dimostrato che gli spettri delle componenti verticali (V_b) e orizzontali (H_b) sono equivalenti al top del basamento rigido:

$$\text{Se } \mathbf{H_b/V_b} = 1 \text{ allora } \mathbf{SM} = \mathbf{H_s/V_s}$$

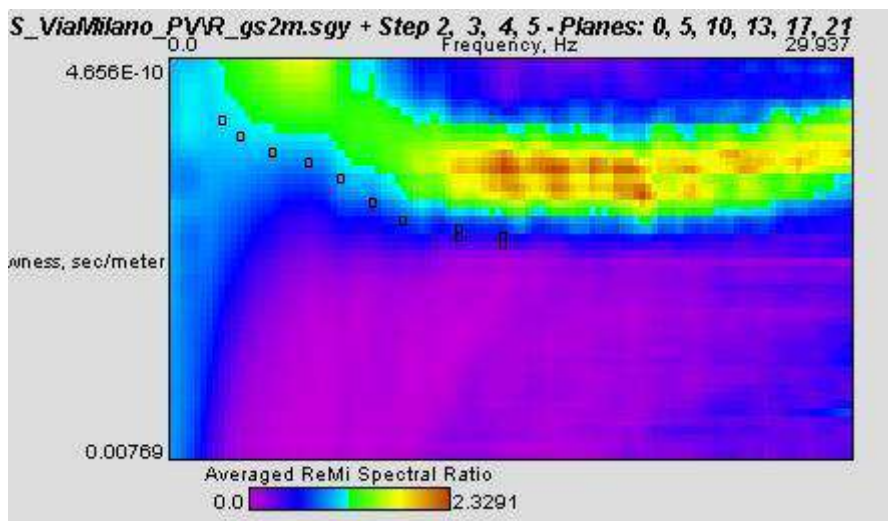
Alla fine quindi, gli effetti di sito **SM** (ampiezza del rapporto spettrale) possono essere espressi come *rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo*.

In conclusione questa affermazione implica che **una stima della risposta del terreno in un determinato sito può essere ottenuta con un singolo sismometro a tre componenti**. Esperienze di campagna hanno dimostrato che registrazioni di una

quindicina di minuti per sito sono sufficienti per fornire risultati stabili nei differenti contesti urbani.

Analisi dei risultati ottenuti

L'analisi dei dati sismici lineari ReMi identifica uno spettro f_k poco energetico in cui la dispersività risulta diffusa; la curva di dispersione che viene campionata asseconda il trend osservabile a velocità più elevate e che identifica un ambiente connotato da incremento di velocità con la profondità.

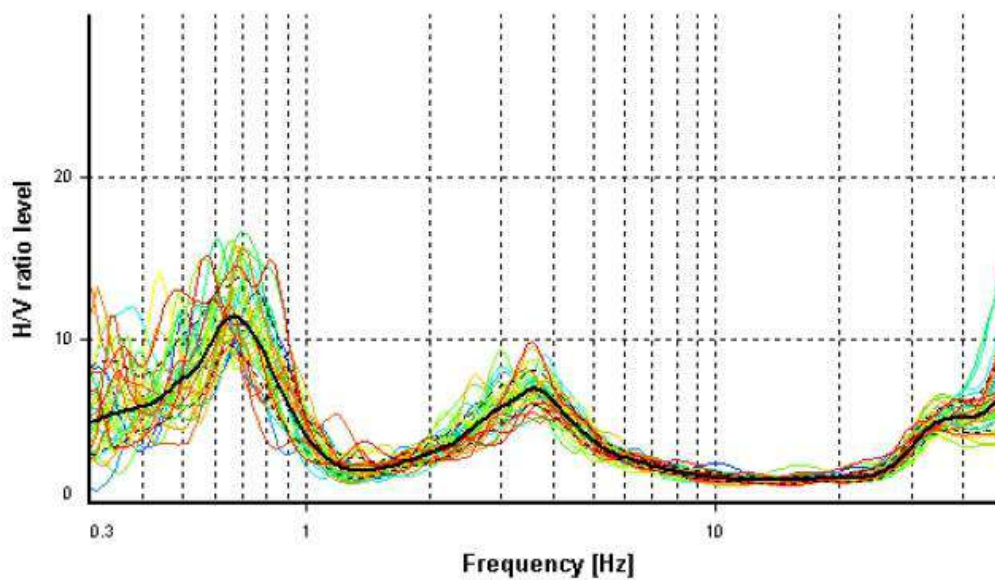


Spettro cumulato indagini ReMi

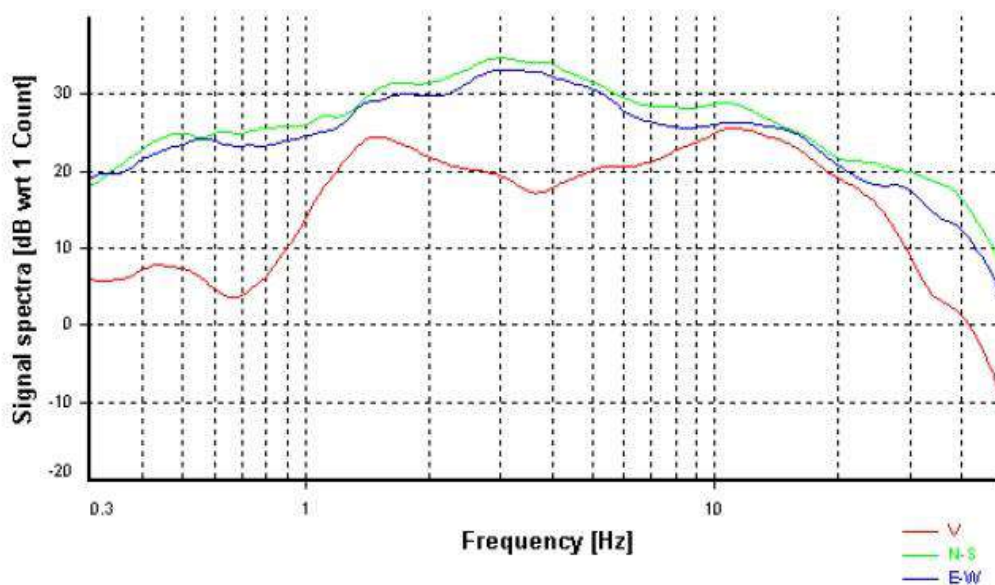
La modellazione diretta, ottimizzata a 5 strati, ha fornito una verticale sismostratigrafica che è costituita da sismoorizzonti molto rigidi di sottosuolo. Le V_s sono proprie di sedimenti di elevata energia con velocità comprese tra 300 e 700m/s per i primi 30m e che crescono rapidamente tra 0 e 23m. Le velocità V_s in profondità si stabilizzano intorno a 700m/s e rifranciati dall'esito del test HVSR si può anche estendere la modellazione all'identificazione di un contrasto sismico a circa 44m.

*I valori di V_{s30} , calcolati per 4 profondità del piano fondazionale (da 0 a 3m) sono superiori a 360m/s (413-444m/s) e quindi la categoria da adottare per i calcoli delle azioni sismiche è sicuramente la **Cat.B**.*

Il test HVSR è stato eseguito centralmente allo stendimento ed ha registrato il rumore di fondo per una ventina di minuti.



Rapporto Spettrale HV

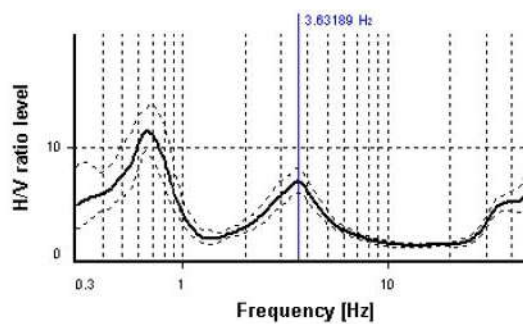


Spettro medio delle singole componenti

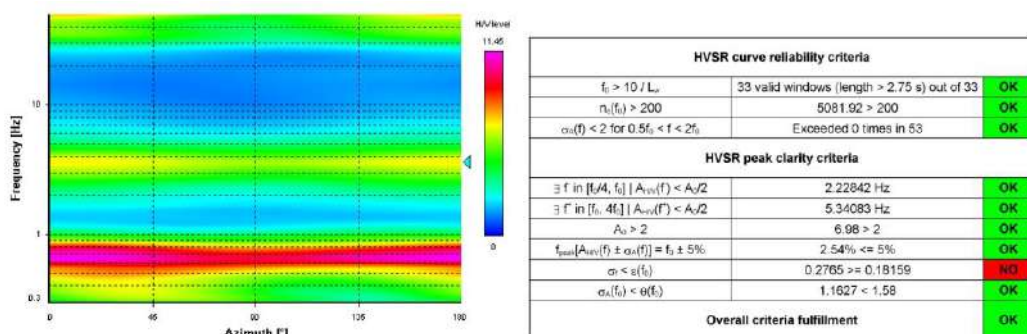
Selected f_0 frequency
3.63189 Hz

A_0 amplitude = 6.97692

Average $f_0 = 3.55329 \pm 0.27650$

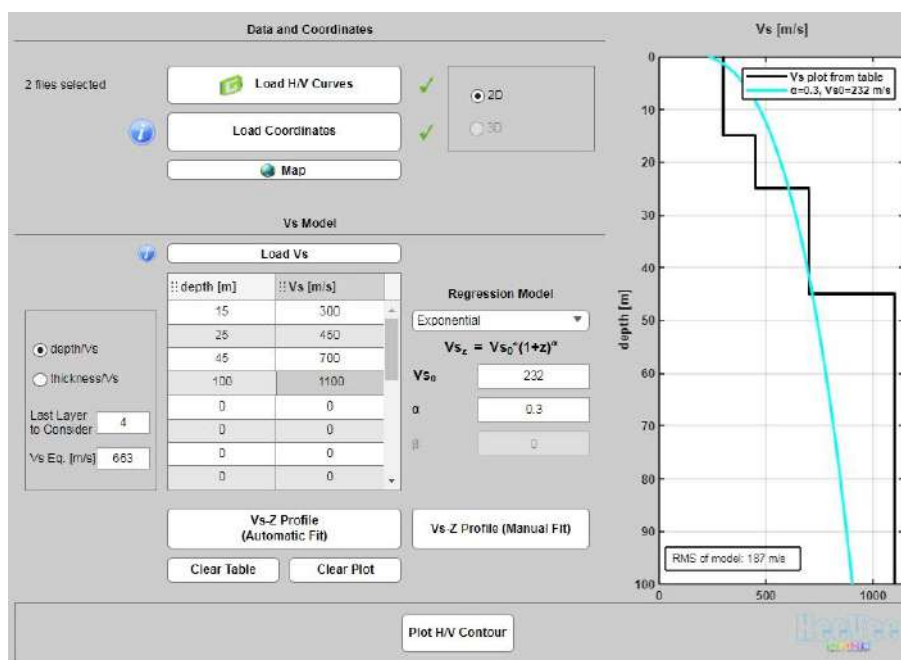


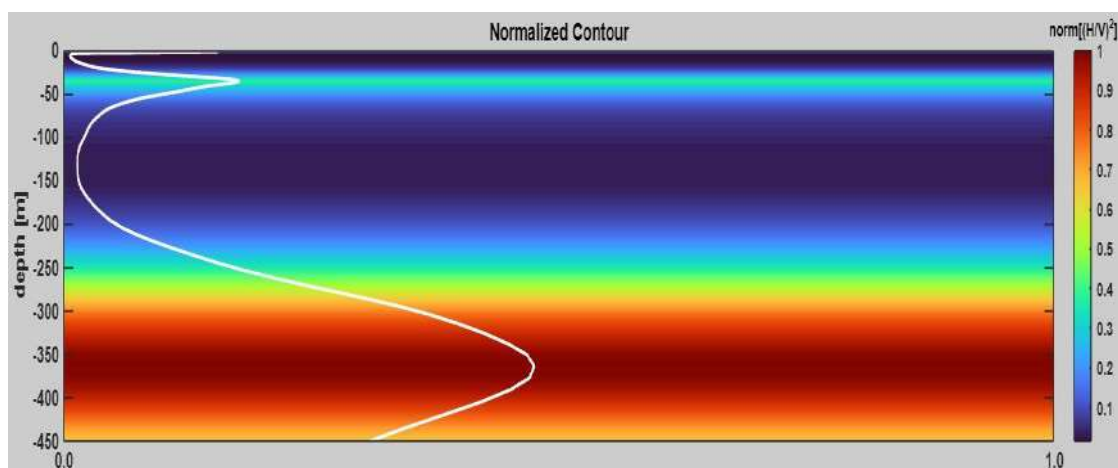
Definizione della f_0 di sito



Direttivita' del rumore sismico e rispetto criteri Sesame per il picco a 3.6Hz

Il rapporto spettrale che e' conseguito all'analisi statistica delle finestre selezionate (tra 5 e 60sec) presenta due picchi generati da due contatti sismostratigrafici. Quello a frequenza di 3.6Hz e' quello che verosimilmente potrebbe coincidere con l'orizzonte a 44m della sismoverticale passiva ReMi; quello a frequenza di ~0.6Hz e' sicuramente piu' profondo e prevedendo una modellazione con curva esponenziale di aumento di velocita' con la profondita' (il cui ancoraggio superficiale e' vincolato alla ReMi) si puo' identificare un contrasto che verrebbe collocato ad addirittura ~370m di profondita'.





*In sintesi quindi si puo' indicare che il sito in esame ricade in **cat. B** e che la frequenza da tenere in debita considerazione per la progettazione delle opere s fissa in 3.6Hz e minoritaria 0.6Hz.*

Nago Torbole
31-05-2025

GG Service s.r.l.



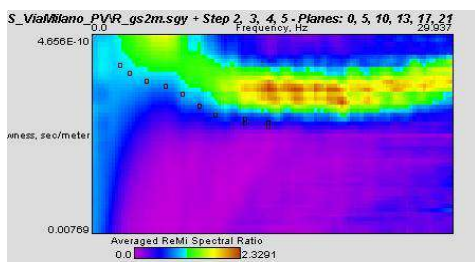
Lottizzazione in via Milano a Brescia

Vs Refraction Microtremor

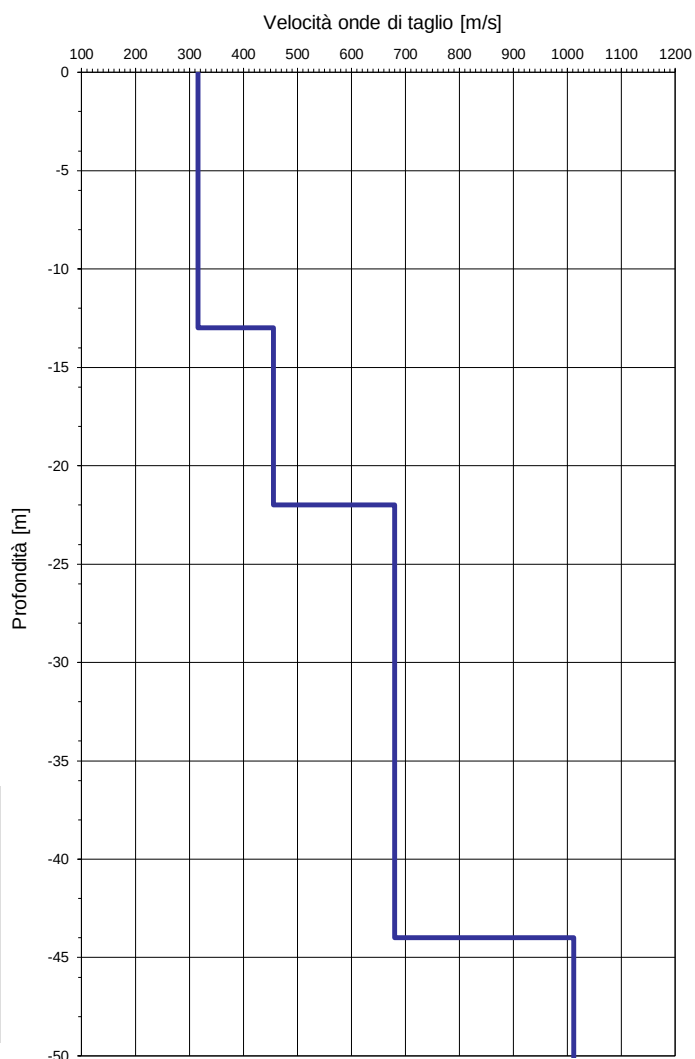
Profondità piano di
fondazione;
Vseq30m;
Categoria sottosuolo di
fondazione

0m	413	B
1m	423	B
2m	433	B
3m	444	B

Spettro di potenza p-f



Profilo verticale (Vs)



Curve di Dispersione

