

ELABORATO C 1	PROGETTISTI	COMMITTENTE MAGELLANO S.R.L. VIA CARLO ALBERTO 11, MONZA Stefano Sala Peup VIA QUARTO, BRUGHERIO <i>Sala Peup Stefano</i>
DATA 07-07-2017	OGGETTO COMUNE DI BRUGHERIO PIANO DI LOTTIZZAZIONE VIA MAGELLANO	TITOLO TAVOLA STUDIO COMPONENTE GEOLOGICA
SCALE :		

FUSINA S.R.L.

INDAGINI NEL SOTTOSUOLO

**COMMITTENTE:
MAGELLANO S.R.L.**

2529_17

**PROGETTO DI QUATTRO EDIFICI RESIDENZIALI
IN VIA MAGELLANO A BRUGHERIO (MB)
- RELAZIONE GEOLOGICA (R1) AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008/NTC2008
E RELAZIONE GEOLOGICA (R3) AI SENSI DELLA DGR 2616/2011 -**

Dott. Geol. Fabio Fusina



MONZA, 20 GIUGNO 2017

Via Boccioni, 6 - 20900 Monza (MB)
Tel. 039/2028619 – Fax 039/2230311 – Cell. 348/7213807 – E-mail info @fusinasrl.it
C.F. e P.IVA 03014210961 - R.E.A. 1624114

1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	3
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	4
5	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	6
6	POZZI IDROPOTABILI	6
7	FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO.....	7
8	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	7
9	PIEZOMETRIA	11
10	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI	11
11	RISULTATI DELLA PROVA INFILTROMETRICA.....	13
12	APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO	14
12.1	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	14
12.2	PARAMETRI SISMICI.....	16
12.3	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	17
13	APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO	18
14	ALLEGATI	22

ALLEGATI

Tavola 1:	Stralcio della carta geologica
Tavola 2:	Stralcio della carta idrogeologica
Tavola 3:	Stralcio della carta dei vincoli
Tavola 4:	Stralcio della carta di pericolosità sismica locale
Tavola 5:	Stralcio della carta di fattibilità geologica
Tavola 6:	Ubicazione delle indagini
Grafici delle prove penetrometriche	
Elaborato grafico della prova infiltrometrica	
Elaborato grafico della prova sismica	
Scheda litologica per approfondimento sismico di 2° livello	

1 PREMESSA

La società Magellano S.r.l. ci ha affidato l'incarico per l'esecuzione di un'indagine geognostica in supporto al progetto di realizzazione di quattro edifici residenziali in via Magellano a Brugherio (MB).

La presente relazione geologica (R1+R3), redatta ai sensi del D.M. 14/01/2008 e della D.G.R. 2616/2011, costituisce uno studio geologico, idrogeologico, idraulico e sismico finalizzato alla verifica della fattibilità dell'intervento in progetto e fornisce ai progettisti tutte le indicazioni necessarie alla redazione del progetto esecutivo.

Per il progetto di cui sopra, in data 16 giugno 2017 abbiamo eseguito quattro prove penetrometriche dinamiche continue SCPT, una prova infiltrometrica e una prova sismica MASW.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

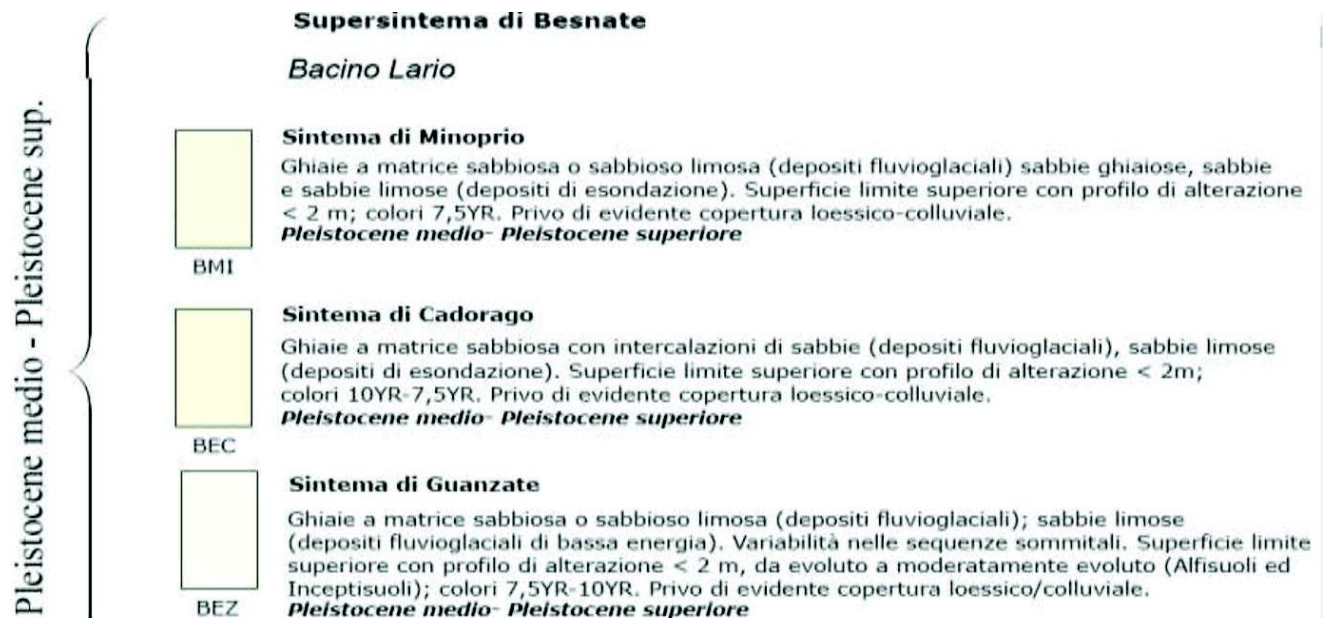
- D.G.R. 2129/2014;
- L.R. 33/2015;
- DGR 5501/2016;
- Norme Tecniche per le Costruzioni - 14 Gennaio 2008;
- Circolare LL.PP. 617 – 2009;
- D.G.R. 2616/2011

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

In un contesto morfologico di relativa uniformità (pianura lievemente degradante verso sud), e con la presenza della Valle del Lambro al confine ovest, si collocano le informazioni relative alla zonazione geologica.

La interpretazione geologica si avvale attualmente delle risultanze dei nuovi rilievi della Carta Geologica alla scala 1:50000, assai parziali sul territorio regionale, ma presenti nell'area con l'edizione finale del Foglio Seregno e una edizione in bozza del Foglio Milano.

Nell'area di via Magellano sono presenti terreni appartenenti al Sintema di Minoprio, descritto nella figura sottostante.



4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico dell'area è stato ricostruito attraverso l'analisi delle stratigrafie dei pozzi, dei piezometri, oltre che dalla interpretazione dei numerosi studi geologici e stratigrafici esistenti realizzati a scala provinciale e regionale.

Per evidenziare la struttura idrogeologica e i rapporti tra le diverse unità, di seguito descritti, oltre che i principali elementi che influenzano la circolazione idrica sotterranea, sono state prese in considerazione soprattutto le varie sezioni idrogeologiche elaborate nell'ambito di diversi studi, e per il precedente, e attualmente vigente, studio della Componente geologica idrogeologica e sismica del Comune di Brugherio (G. Sacchi 2009-2013).

Nel sottosuolo dell'area presa in esame si distinguono principalmente due unità litologiche, ulteriormente suddivisibili al loro interno per le caratteristiche idrogeologiche e contenenti acquiferi sfruttati ad uso idropotabile, oltre che per altri usi. A partire dalla superficie dapprima troviamo l'unità ghiaioso-sabbiosa cui segue più in profondità l'unità sabbioso-argillosa.

UNITA' LITOLOGICHE (MARTINIS B. & MAZZARELLA S., 1971)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE (FRANCANI & POZZI, 1981)	UNITA' STRATIGRAFICHE (PIERI & GROPPI, 1981)	UNITA' IDROGEOLOGICHE (AVANZINI, BERETTA, FRANCANI et Al., 1995)	GRUPPI ACQUIFERI (REGIONE LOM-BARDIA & AGIP, 2002)
LITAZONA GHIAIOSO - SABBIOSA	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Dil. Recente)	ALLUVIONE	UNITA' GHIAIOSO - SABBIOSA	A
	FLUVIOGLACIALE RISS - MINDEL AUCT. (Dil. Medio - Antico)		UNITA' SABBIOSO - GHIAIOSA	B
	CEPPO AUCT		UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI	
LITAZONA SABBIOSO - ARGILLOSA	VILAFRANCIANO	SABBIE DI ASTI	UNITA' SABBIOSO - ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)	C
LITAZONA ARGILLOSA			UNITA' ARGILLOSA (facies marine)	D

LITAZONA GHIAIOSO-SABBIOSA. In questa unità litologica, costituita per lo più da orizzonti sabbiosi e ghiaiosi, a volte cementati, e intercalazioni argillose, è contenuto l'acquifero superficiale (I Acquifero). Si tratta di un acquifero molto produttivo per l'elevata permeabilità dei depositi che lo costituiscono e per essere alimentato dall'infiltrazione

delle acque meteoriche e delle acque superficiali: è tradizionalmente sfruttato per l'approvvigionamento idrico. E' costituita da sedimenti depositatisi in ambienti fluviali di alta energia instauratisi durante le fasi glaciali del Quaternario (Pleistocene superiore e medio). Si distinguono due unità idrostratigrafiche: la prima, denominata Gruppo Acquifero A nell'interpretazione della geologia del sottosuolo a livello regionale (Regione Lombardia, Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia, 2002), è costituita dalle alluvioni più recenti, ed è caratterizzata dalla presenza di falda freatica; la seconda, Gruppo Acquifero B, più in profondità, è costituita da sedimenti più antichi con presenza di conglomerati e arenarie basali (Ceppo auct.), e con falda a volte semiconfinata.

Lo spessore di tale litozona tende ad aumentare nella Provincia milanese da nord verso sud: a Brugherio assume valori variabili tra 30 e 70-80 m, con un incremento sensibile verso sud-ovest.

La seconda litozona, sottostante a quella appena descritta, è chiamata LITOZONA ARGILLOSO-SABBIOSA. Tale unità è caratterizzata da orizzonti argillosi prevalenti, con intercalazioni sabbiose e ghiaiose, sedimentatisi in ambiente continentale, con la presenza occasionale di torbe, di ambiente palustre. Essa corrisponde all'unità stratigrafica Villafranchiana. E' suddivisibile al suo interno in Gruppo Acquifero C al tetto (Pleistocene medio-inferiore) e Gruppo Acquifero D alla base (Pleistocene inferiore). Nei livelli sabbioso-argillosi o sabbiosi con ghiaie, discretamente presenti a Brugherio, è contenuta acqua in falde confinate ed in pressione (II Acquifero). Nella parte inferiore, al passaggio con l'unità sottostante argillosa, compaiono fossili che indicano un ambiente di sedimentazione marino. Le lenti sabbioso-ghiaiose sono localmente comunicanti fra loro, ma la produttività è inferiore a quella dell'acquifero superficiale per la ridotta permeabilità degli orizzonti e per la scarsa alimentazione. Gli acquiferi più importanti si trovano in corrispondenza dei sedimenti sabbiosi-ghiaiosi di spiaggia e secondariamente in quelli sabbiosi d'ambiente deltizio. L'acquifero profondo è raramente collegato con l'acquifero superficiale, per locali discontinuità e variazione in spessore dei livelli argillosi di separazione. In questi casi le due strutture possono essere considerate nell'insieme un unico acquifero multistrato.

La base della seconda unità, raggiunta solo da pochi pozzi, come il 64 CAP, degrada verso S. Nel territorio comunale assume valori da 0/-20 m s.l.m. a nord, a valori di oltre -50 m s.l.m. a sud. La maggior parte dei punti di captazione idrica di Brugherio, e tutti quelli dell'acquedotto pubblico, sono alimentati solo o prevalentemente dalla falda superficiale. Diversi pozzi, comunque, attingono, oltre che dalla Unità A, anche dai conglomerati della unità B. Invece, praticamente in un solo pozzo (Torrazza 1 n.58) la

captazione avviene anche in livelli sabbiosi profondi della Unità idrostratigrafica D, a circa 150-170 m di profondità.

Al di sotto della seconda litozona è presente la LITOZONA ARGILLOSA, con rari e poco sviluppati orizzonti sabbiosi, contenenti acque con caratteristiche chimiche scadenti e di scarsa portata che non vengono sfruttati a scopo idropotabile.

5 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Dal P.G.T. comunale vengono ricavate le seguenti informazioni riguardo ai vincoli presenti nel sito in oggetto.

Per quanto riguarda il territorio di Brugherio, lo studio del Reticolo Idrico Minore (RIM) è stato redatto in una prima edizione nel 2005 e nell'ultima edizione nel 2014; quest'ultima risulta definitivamente approvata.

Lo studio definisce le competenze sulle reti idriche e fissa la ampiezza delle fasce di rispetto del reticolo di competenza comunale in metri 4 su tutti i corsi d'acqua del RIM, salvo che sulla parte di testa del Fontanile S. Cristoforo (25 m) e sulla sua asta (10 m).

Come illustrato in tavola 3, l'area di via Magellano non è vincolata dal punto di vista idraulico in quanto esterna a qualsiasi fascia di rispetto, anche alle fasce fluviali P.A.I. del Lambro, che scorre a circa 3 km a ovest.

6 POZZI IDROPOTABILI

Sul territorio comunale sono presenti pozzi ad uso idropotabile e l'area oggetto di intervento non risulta compresa all'interno delle relative zone di rispetto, individuate con criteri geometrici e temporali.

Pertanto l'area di intervento anche da questo punto di vista non risulta vincolata.

7 FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

L'area oggetto di studio, per un'intorno significativo, è stata collocata nella classe di fattibilità geologica 3 "fattibilità con consistenti limitazioni".

Aree di fattibilità di Classe 3.c.1

Aree 3.c.1 con falda poco profonda e vulnerabile (soggiacenza < 12 m).

Indicazioni generali:

Si tratta di aree che presentano caratteri geotecnici del sottosuolo scadenti o localmente pessimi per la presenza di orizzonti di scarsa o nulla resistenza alla penetrazione, eventualmente associabili agli "occhi pollini", anche di varia genesi, reperibili prevalentemente a profondità superiori ai 4 m da piano campagna.

Sono in genere compatibili con tutte le modifiche d'uso del suolo, previo approfondimento delle problematiche specifiche e verifica delle reali condizioni locali.

Prescrizioni:

Nell'ambito generale del livello di rischio previsto per la Classe 3, è richiesto di approfondire la valutazione locale e puntuale relativa a natura e caratteri litotecnici dei materiali del substrato geologico, fornendo precise e puntuali informazioni finalizzate al dimensionamento delle strutture e alle precauzioni in fase di trasformazione.

Ulteriori prescrizioni:

Nell'ambito della sottoclasse 3.c, le aree definite con le specifiche c.1 dovranno approfondire anche le verifiche relative alla presenza di acqua di falda a scarsa profondità (< 12 metri dal piano campagna).

8 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come citato in premessa, in data 2017 abbiamo eseguito quattro prove penetrometriche dinamiche continue SCPT, una prova infiltrometrica e una prova sismica MASW.

Metodologia di esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT)

La prova penetrometrica standard (Standard Cone Penetration Test) consiste nel misurare il numero di colpi necessario ad infiggere per 30 cm nel terreno una punta conica collegata alla superficie da una batteria di aste.

Le misure vengono fatte senza soluzione di continuità a partire da piano campagna: ogni 30 cm di profondità si rileva perciò un valore del numero di colpi necessario all'infissione.

Caratteristiche tecniche:

- altezza di caduta della mazza: 75 cm;
- peso della mazza: 73 kg;
- punta conica: conicità 60°, $\phi = 51$ mm;
- aste: $\phi = 34$ mm.

Il risultato viene dato in forma di grafico, con una linea rappresentante la resistenza che il terreno ha opposto alla penetrazione alla punta (RP).



Esecuzione delle prove penetrometriche.

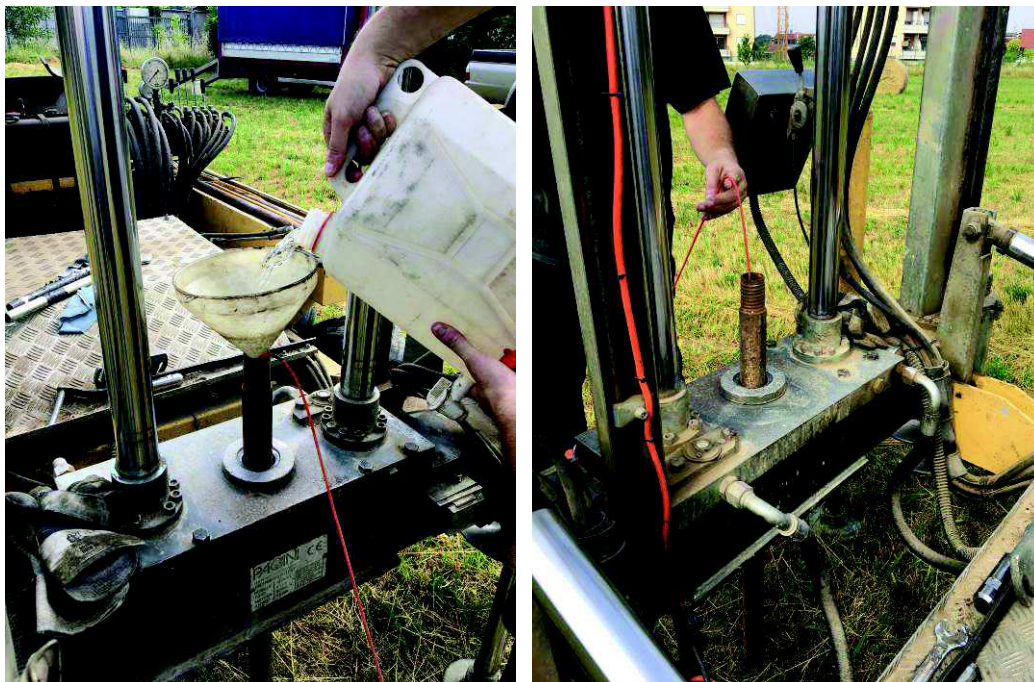
Metodologia di esecuzione della prova infiltrometrica a carico variabile

La prova infiltrometrica è stata eseguita a carico variabile utilizzando i rivestimenti in dotazione al penetrometro; è stato misurato l'abbassamento del livello in funzione del tempo.

Tale prova ha simulato le condizioni di effettivo drenaggio del terreno ed è stata utilizzata per definire sperimentalmente il coefficiente di permeabilità del terreno a partire da – 3,00 metri di profondità.

Essa è propedeutica alla progettazione e dimensionamento delle opere drenanti (pozzi perpendenti) in progetto nell'area di indagine.

Durante la prova si è provveduto a misurare, tramite freatimetro, il livello idraulico nei tubi di rivestimento, che hanno dimensioni note, ad intervalli di tempo regolari (vedi elaborato allegato); la prova è durata 15 minuti.



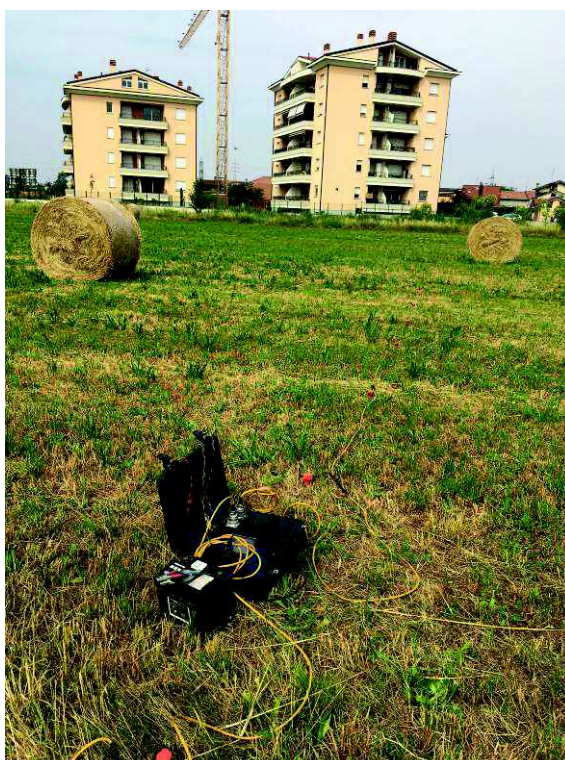
Esecuzione della prova infiltrometrica.

Metodologia di esecuzione della prova sismica MASW

Lo scopo dell'indagine è stata quella di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs da cui ricavare il parametro Vs30.

Le caratteristiche della prova sono:

Stendimento geofonico (m)	Energizzazioni (n.)	Geofoni (n.)
46	8	24



Esecuzione della prova sismica.

Analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

L'intero processo comprende tre passi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente, come è stato nel nostro caso.

In allegato sono riportati i risultati della prova MASW. Nel riquadro principale si osserva la stratigrafia delle Vs ricavata dalla prova, nonché le curve di dispersione misurate e calcolate. A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro **Vs30** calcolato.

9 PIEZOMETRIA

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, che hanno raggiunto la profondità di 9 metri dal piano campagna, non è stata rilevata la presenza di acqua di falda.

La relazione geologica allegata al P.G.T. comunale segnala che questa zona è caratterizzata da una soggiacenza cosiddetta "poco profonda" e che la falda si attesta ad una profondità variabile tra 8 e 10 metri.

La direzione di deflusso della superficie piezometrica in questa zona è circa da nord verso sud.

10 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI

Le prove penetrometriche hanno permesso di rilevare un andamento geo-meccanico omogeneo su tutto l'areale di indagine: da piano campagna a circa – 3,5 metri, il terreno è scarsamente consistente; da tale profondità al termine delle prove (- 9 metri), il terreno passa ad un grado di addensamento medio.

Nella relazione geologica allegata al P.G.T. comunale è segnalata la presenza in profondità di "occhi pollini" (vedi anche cap. 7), ma il rilevamento geotecnico eseguito non ha evidenziato questa caratteristica.

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche.

I valori adottati come rappresentativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati sono quelli consigliati da diversi Autori (Peck, Hanson e Thornburn, 1953; K.

Terzaghi e R.B. Peck, 1976; G. Sanglerat, 1979; J.E. Bowles, 1982) e sono stati definiti in modo moderatamente cautelativo.

I valori delle resistenze all'avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche sono stati correlati ai valori di N_{SPT} , utilizzati per la valutazione dei parametri di resistenza e deformabilità, mediante la seguente relazione:

$$N_{spt} = 1,5 \times N_{scpt}$$

I valori di resistenza alla penetrazione dinamica ricavati dalle prove in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e delle caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times Cr \times Cd \times Cn$$

dove: $N'(60)$ = valore di resistenza normalizzato

Cr = fattore di correzione funzione della profondità

Cd = fattore di correzione funzione del diametro del foro

Cn = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno

1.08 = valore di correzione funzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura

La stima del valore della densità relativa (Dr) è stata eseguita secondo le equazioni proposte da Skempton (1986):

$$Dr \cong \sqrt{N_{60}/60}$$

La valutazione del valore dell'angolo d'attrito mobilizzabile, in termini di sforzi efficaci, è stata effettuata sulla base delle correlazioni proposte da Shmertmann, 1977.

Sono state quindi riconosciute due unità geotecniche, suddivise per spessore e aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

- **Dal piano campagna a circa – 3,5 metri**

$$N_{SPT} = 5$$

$$\Phi = 27^\circ$$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$D_r = 20 \%$$

- Da circa – 3,5 metri a – 9 metri

$$N_{SPT} = 20$$

$$\Phi = 33^\circ$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$D_r = 50 \%$$

N.B.: N_{SPT} = numero colpi/30 cm;

Φ = angolo di attrito del materiale;

γ = peso di volume

D_r = densità relativa

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2008), ottenendo parametri definiti “caratteristici”. Nel nostro caso appare giustificato l'utilizzo di valori medi, vista la confrontabilità delle prove su tutto l'areale.

profondità	Φ nominale (da prove)	Φ_k (caratteristico)
0 m – 3,5 m	27°	27°
3,5 m – 9 m	33°	33°

11 RISULTATI DELLA PROVA INFILTROMETRICA

Come detto, è stata eseguita una prova infiltrometrica che ha rilevato i seguenti valori di permeabilità:

Δh	ΔT	Lecture		Elaborazioni	
		Tempo [sec]	Abbassamento [m]	Coefficiente di permeabilità K	
				[m/s]	[cm/s]
2,000		0	0		
1,950	30	30	0,05	5,41E-04	5,41E-02
1,900	30	60	0,1	5,55E-04	5,55E-02
1,840	30	90	0,16	6,86E-04	6,86E-02
1,750	30	120	0,25	1,07E-03	1,07E-01
1,620	60	180	0,38	8,25E-04	8,25E-02
1,510	60	240	0,49	7,51E-04	7,51E-02
1,400	60	300	0,6	8,08E-04	8,08E-02
1,180	150	450	0,82	7,31E-04	7,31E-02
0,950	150	600	1,05	9,27E-04	9,27E-02
0,780	150	750	1,22	8,43E-04	8,43E-02
0,640	150	900	1,36	8,45E-04	8,45E-02
				7,46E-04	7,46E-02

Tali valori denotano un grado di permeabilità medio e un drenaggio “buono”, tipico di terreni ghiaioso-sabbiosi.

<i>k</i> (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	
<i>Drenaggio</i>	buono			povero				praticamente impermeabile					
	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati				terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici				
				terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo									

12 APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO

12.1 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

In adempimento a quanto previsto dal D.M. 14 Gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, viene richiesta, ad integrazione dello studio geologico, l’analisi della sismicità e la redazione di una “Carta della Pericolosità Simica”, secondo le modalità indicate nell’Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616/2011.

Secondo la classificazione sismica vigente (Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129), il Comune di Brugherio risulta inserito in zona sismica 3.

Come riportato nella “Carta della Pericolosità Sismica (1° livello)” allegata al P.G.T. comunale, nell’area di intervento viene individuato lo scenario di pericolosità sismica locale (PSL) Z4a, secondo la classificazione riportata nella Tabella 1 dell’Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616/2011, qui sotto allegata:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Va sottolineato che per tutti i Comuni classificati come zona sismica 3 la normativa regionale richiederebbe l'applicazione dei livelli di approfondimento successivi al 1°, secondo lo schema rappresentato nella seguente tabella:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o.n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Nel caso specifico, considerando che le opere in progetto interferiranno con l'urbanizzato, è necessario l'approfondimento sismico di 2° livello, oltre a quello di 1° livello.

12.2 PARAMETRI SISMICI

Il Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” impone la verifica delle azioni sismiche sulle nuove costruzioni.

Come prima fase si determinano i parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito oggetto di intervento; i parametri sismici per periodi di ritorno di riferimento T_r sono quelli riportati nella seguente tabella:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,21	2,55	0,17
S.L.D.	50,0	0,26	2,54	0,2
S.L.V.	475,0	0,57	2,62	0,28
S.L.C.	975,0	0,72	2,64	0,3

Dove a_g = accelerazione orizzontale massima al sito,

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Inoltre, le NTC 2008 calcolano i coefficienti sismici k_h e k_v in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta \times (a_{max}/g)$$

$$k_v = \pm 0,5 \times K_h$$

β = Coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = Accelerazione di gravità;

S.L. Stato limite	a_{max} [m/s ²]	beta [-]	k_h [-]	k_v [sec]
S.L.O.	0,315	0,2	0,0064	0,0032
S.L.D.	0,39	0,2	0,008	0,004
S.L.V.	0,855	0,2	0,0174	0,0087
S.L.C.	1,08	0,2	0,022	0,011

Per la scelta dei parametri progettuali, vista l'importanza delle opere, abbiamo assegnato ai manufatti una vita nominale V_n (2.4.1 - NTC2008) maggiore di 50 anni e una classe d'uso "II" (2.4.2 – NTC2008). Ne consegue che il periodo di riferimento V_r per le azioni sismiche è pari a $V_n \times C_u$ (coefficiente d'uso = 1 per classe d'uso II) = 50 anni.

L'azione sismica di progetto tiene inoltre conto della categoria di sottosuolo di riferimento (3.2.2 – NTC2008); sono previste cinque classi di terreni, identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche rilevate nei primi 30 metri, e definite dai seguenti parametri: velocità delle onde S, numero colpi SPT e/o coesione non drenata.

Le NTC2008 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ; a tale scopo abbiamo eseguito una prova sismica MASW, il cui risultato è stato $V_{s30} = 341 \text{ m/s}$.

L'area oggetto di indagine presenta terreni rientranti nella **categoria C**, definiti nel DM come *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

Come condizione topografica al contorno, dovrà essere considerata la categoria T1, propria dei terreni pianeggianti.

12.3 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Le NTC2008 (paragrafo 7.11.3.4.2) specificano che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in

prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) delle NTC2008 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) delle NTC2008 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel nostro caso è verificata la condizione 1, ossia $M < 5$, magnitudo attesa all'interno della zona sismogenetica (zonazione sismogenetica ZS9 del GdL MPS, 204), così come indicato dall'istituto INGV italiano (I_{max}).

Per tale motivo, la verifica alla liquefazione viene omessa.



Località	Prov	Imax	EQs
Brugherio	MB	3	2

13 APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO

Il secondo livello di approfondimento consente la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta PSL e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di amplificazione (F_a).

L'applicazione di tale livello consente di individuare aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare edifici e infrastrutture dagli effetti attesi di amplificazione sismica locale (F_a calcolato superiore a F_a di soglia comunale riportato in apposite tabelle fornite dalla Regione Lombardia e calcolate dal Politecnico di Milano).

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo compresi tra 0,1 e 0,5 s e tra 0,5 e 1,5 s, in funzione dl periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale.

Per quel che riguarda gli effetti litologici, la procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- Stratigrafia del sito;
- Andamento delle Vs (velocità delle onde di taglio) con la profondità;
- Spessore e velocità di ciascuno strato;
- Modello geofisico del terreno.

Parametri litologici e stratigrafici – modello geotecnico del terreno

Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni oggetto di studio, necessarie per l'analisi di rischio di secondo livello, sono state ricostruite mediante i risultati delle indagini geognostiche riportate in allegato.

Onde di taglio Vs e modello geofisico del terreno

Per valutare l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità, a partire dal piano strada, è stata impiegata una tecnica che utilizza le onde superficiali (MASW).

In allegato è riportato l'elaborato grafico della prova MASW: nel riquadro principale si osserva la stratigrafia delle Vs ricavata dalla prova, nonché le curve di dispersione misurate e calcolate e il modello del terreno; a destra è visibile il sismogramma, mentre in basso è riportato il valore del parametro Vs30 calcolato utilizzando la formula:

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

Dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti.

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI E DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

Tenuto conto di tutti i dati illustrati nei precedenti paragrafi e quindi del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico emerso dalle elaborazioni, possono essere applicate le procedure finali dell'All.5 alla D.G.R. IX/2616/2011 per la stima degli effetti litologici e del relativo Fattore di amplificazione (Fa).

Calcolo del fattore di amplificazione

Il calcolo del periodo proprio del sito (T) è stato effettuato tramite la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Per quel che concerne la scheda di valutazione più idonea alla stima degli effetti litologici per i siti riferiti allo scenario PSL di tipo Z4a, tenuto conto dei campi di validità nei diagrammi z-Vs, si è considerata la litologia sabbiosa.

Inoltre, tenuto conto della profondità del primo strato equivalente e della velocità Vs ottenuta come media pesata (224 m/s con 6,5 metri di spessore di strato equivalente), si è considerata la curva caratteristica n. 2.

Nella seguente tabella, riportiamo i valori di T (periodo proprio del sito), calcolati ad ogni variazione di velocità:

STRATO CON VELOCITA' ONDE S COSTANTE	VALORE DI Vs	PERIODO PROPRIO (T)
da 0 metri a – 1,7 metri	193	0,035233
da – 1,7 metri a – 3,8 metri	197	0,077865
da – 3,8 metri a – 6,5 metri	264	0,116183
da – 6,5 metri a – 9,8 metri	312	0,154641
da – 9,8 metri a – 13,9 metri	345	0,19823
da – 13,9 metri a – 19,1 metri	405	0,243016
da – 19,1 metri a – 25,5 metri	469	0,288798
da – 25,5 metri a – 33,6 metri	481	0,35
da – 33,6 metri a – 43,7 metri	492	0,427425
da – 43,7 metri a – 53,8 metri	585	0,486868

Utilizzando la precedente formula, si è ottenuto un valore massimo del periodo del sito T pari a 0,486.

Calcolo di Fa:

Fa_{0.1÷0.5 s} = 1,45

Fa_{0.5÷1.5 s} = 1,82

Il valore ottenuto per il coefficiente di amplificazione proprio del sito è stato confrontato con il valore di soglia riportato nell'apposita tabella, fornita dalla Regione Lombardia.

Da tale tabella si evince che per il Comune di Brugherio, per suoli di tipo C, il valore di soglia calcolato è pari a 1,8 per il periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s (relativo a strutture basse, regolari, piuttosto rigide) ed è pari a 2,4 per il periodo compreso tra 0.5 e 1.5 s (relativo a strutture più alte e più flessibili).

Poiché risulta:

Fa_{0.1÷0.5 s} = 1,45 < 1,8

Fa_{0.5÷1.5 s} = 1,82 < 2,4

Ne consegue che:

- Sulla base dell'applicazione del II livello di approfondimento sismico di cui alla D.G.R. IX/2616/2011, la categoria di sottosuolo ricavata secondo le procedure contenute nella normativa antisismica (D.M. 14.01.2008) è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica propri del sito;
- Pertanto, per il progetto di via Magellano va considerata la categoria sismica di sottosuolo C, così come ricavato dalla prova sismica MASW eseguita.

Dott. Geol. Fabio Fusina

Fabio Fusina



14 ALLEGATI



 AREA DI INTERVENTO

	BMI	Sistema di Minoprio	fiuvioglaciale	Pleistocene medio-superiore
--	-----	---------------------	----------------	-----------------------------

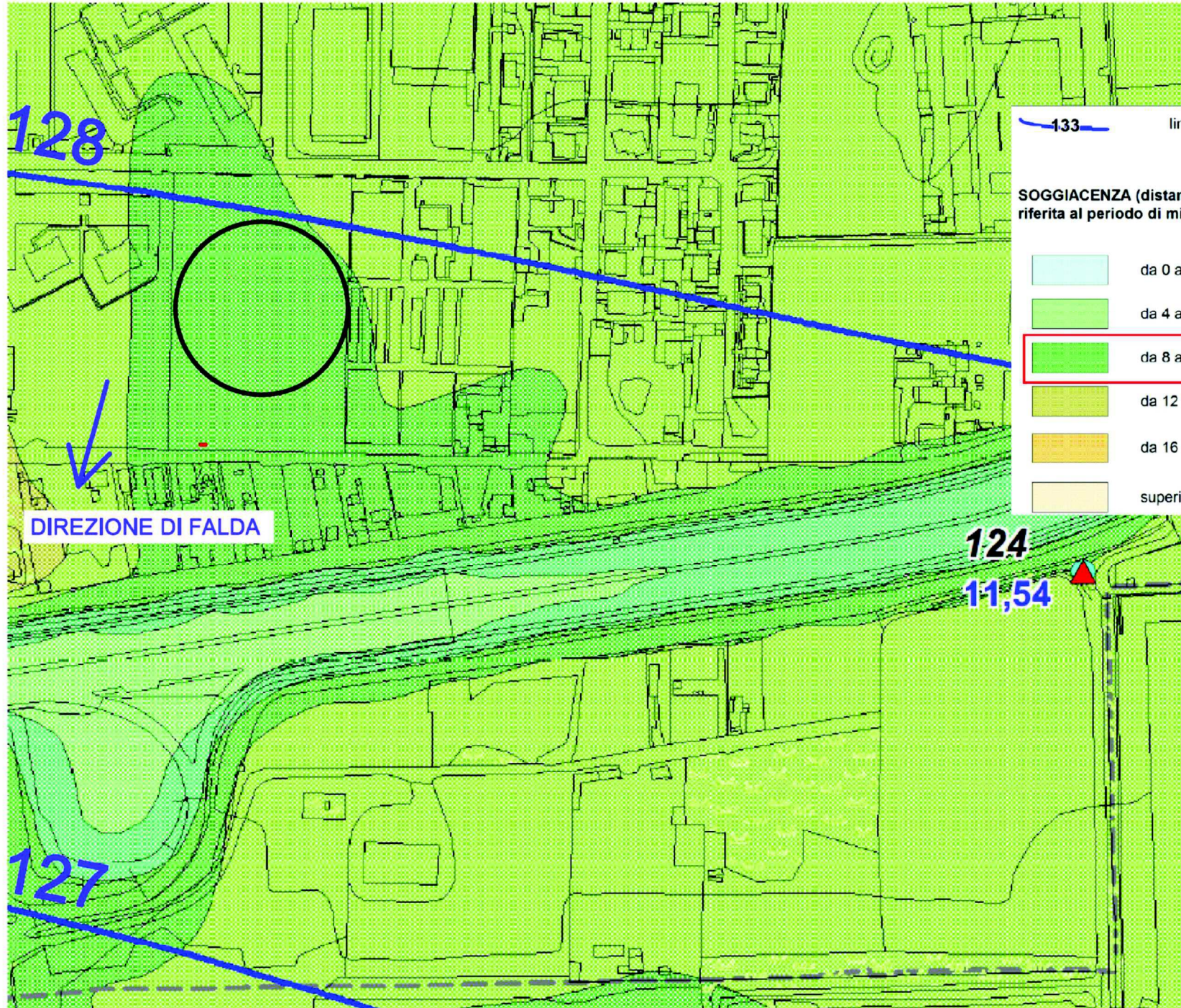
FUSINA S.R.L.
 Via Locana, 6 - 20080 Minoprio
 Tel. 039/2028919 - Fax 039/2028918
 E-mail: info@fusina.it

COMMITTENTE:
 MABELLANO SRL

CANTIERE:
 BRUGHERIO - VIA MAGELLANO

TITOLO:
 TAV. 1 - STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA

DATA:
 GIUGNO 2017



— 133 — linea isopiezometriche con quota in metri s.l.m.

SOGGIACENZA (distanza in metri tra la superficie topografica e la falda) riferita al periodo di misura (ottobre-novembre 2015)

da 0 a 2 m	da 2 a 4 m
da 4 a 6 m	da 6 a 8 m
da 8 a 10 m	da 10 a 12 m
da 12 a 14 m	da 14 a 16 m
da 16 a 18 m	da 18 a 20 m
superiore a 20 m	

<p>FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fushasrl.it</p>
<p>COMMITTENTE: MAGELLANO SRL</p>
<p>CANTIERE: BRUGHERIO - VIA MAGELLANO</p>
<p>TITOLO: TAV. 2 - STRALCIO DELLA CARTA IDROGEOLOGICA</p>
<p>DATA: GIUGNO 2017</p>


Vincoli di polizia idraulica

Ampiezza fasce di rispetto polizia idraulica


-  Corsi d'acqua principali:
10 m RD 523/1904 (Lambro)
-  10 m RD 368/1904 (Canale Villorosi) e regolamento Polizia Idraulica consortile

Reticolo minore del Consorzio Est Ticino Villorosi
definito dallo Studio del Reticolo Minore ai sensi Reg. di Gestione Polizia Idraulica
Consorzio cst Ticino-Villorosi (DGR 9/1542 06/04/2011)


-  tracciati secondari: 6 m

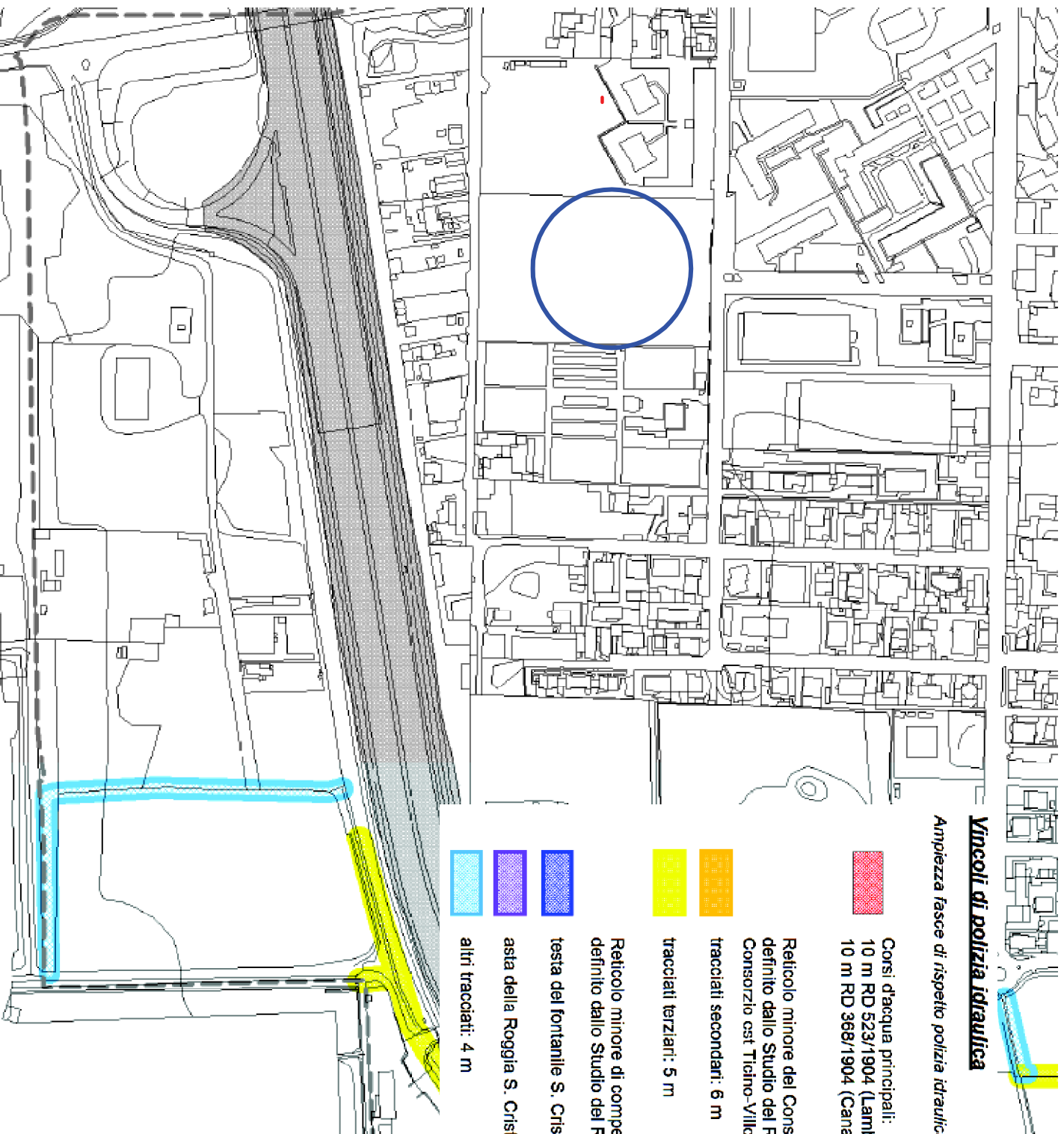
-  tracciati terziari: 5 m

Reticolo minore di competenza comunale
definito dallo Studio del Reticolo Minore comunale

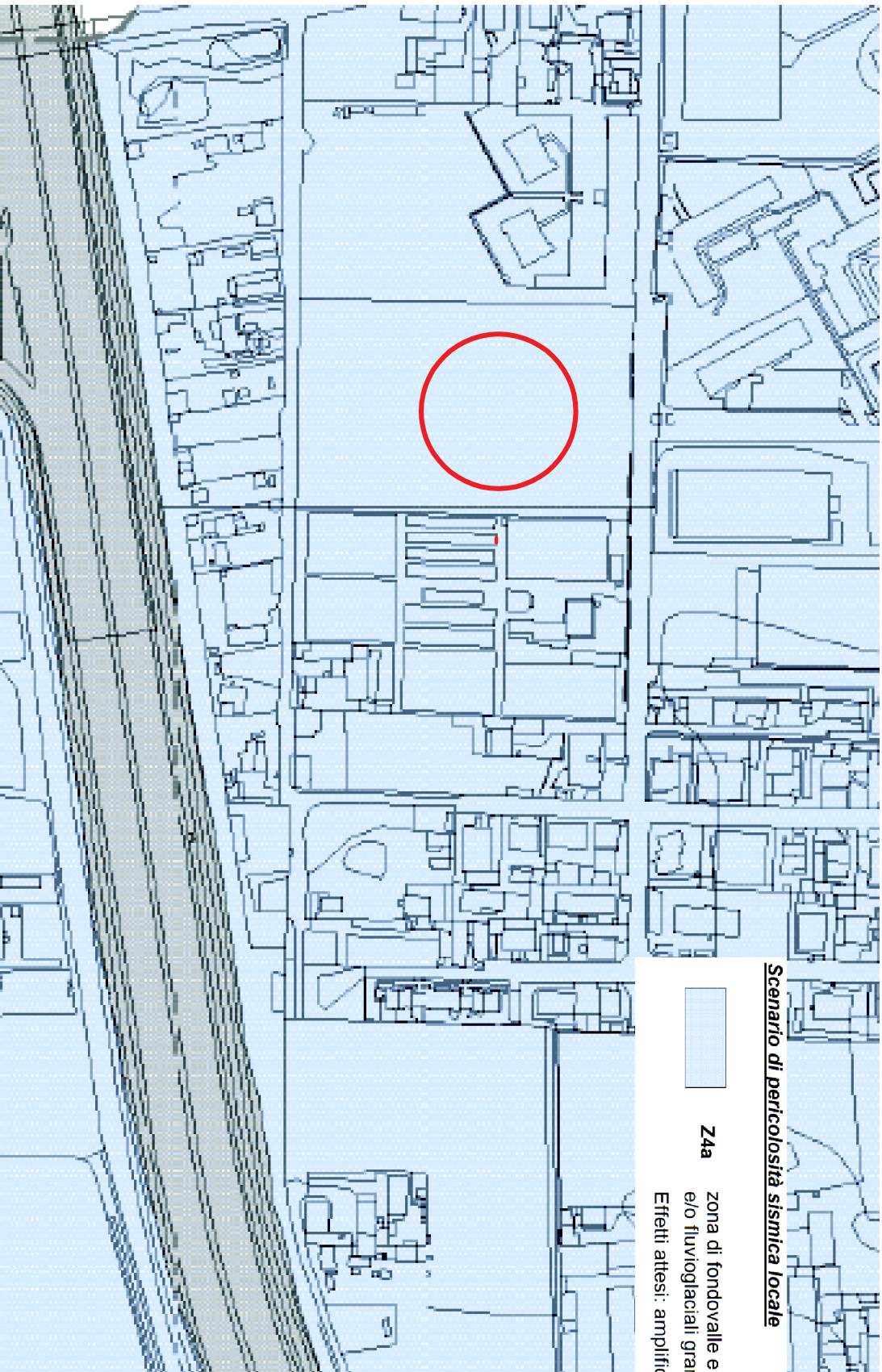
-  testa del fontanile S. Cristoforo: 25 m

asta della Roggia S. Cristoforo: 10 m

-  altri tracciati: 4 m



<p>FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fushna.it</p>	
<p>COMMITTENTE: MAGELLANO SRL</p>	<p>CANTIERE: BRUGHERIO - VIA MAGELLANO</p>
<p>TITOLO: TAV. 3 - STRALCIO DELLA CARTA DEI VINCOLI</p>	
<p>DATA: GIUGNO 2017</p>	



 AREA DI INTERVENTO

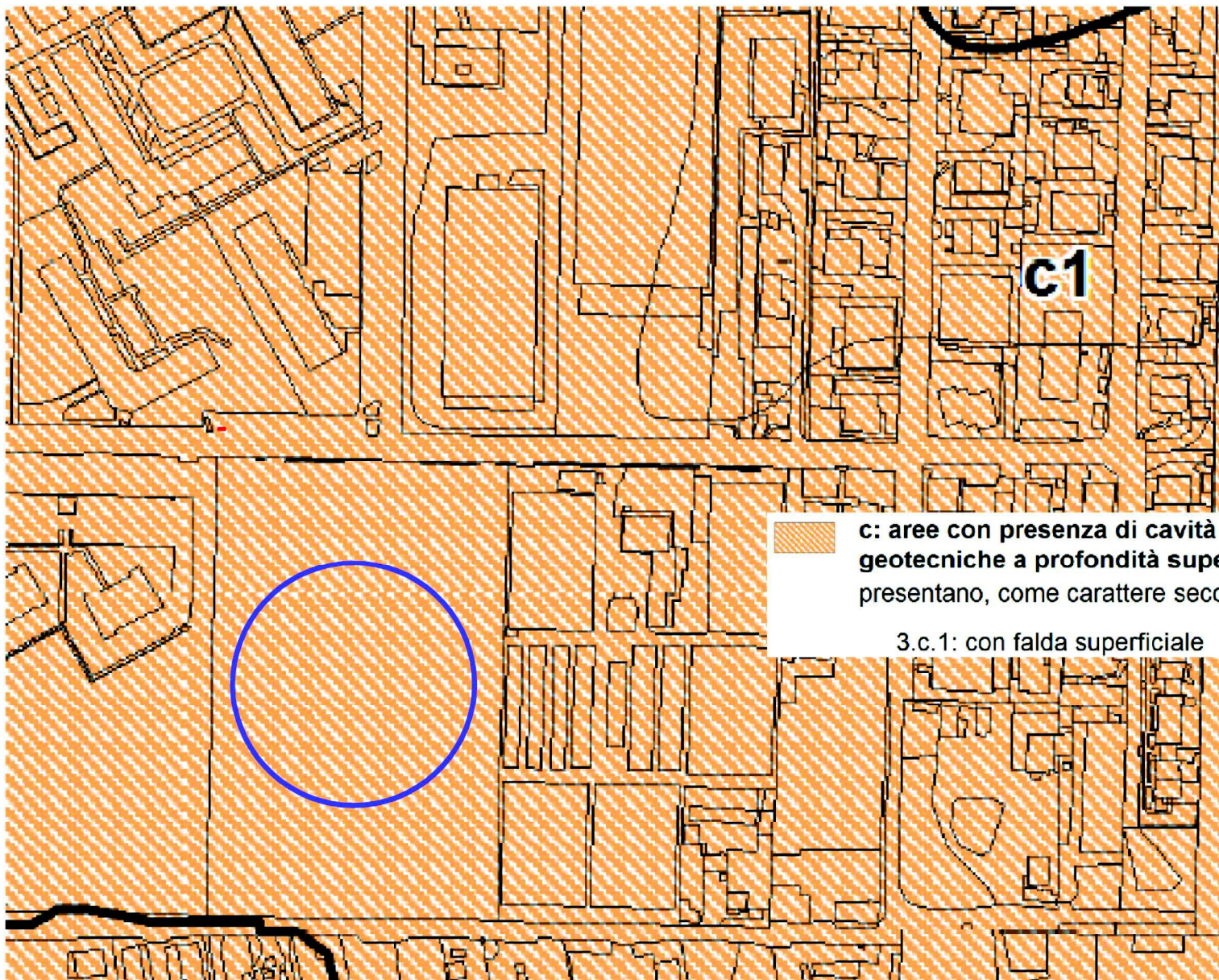
Scenario di pericolosità sismica locale




Z4a

zona di fondovalle e pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi
Effetti attesi: amplificazioni litologiche e geometriche

<p>FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20090 Monza Tel. 0392028619 - Fax 0392230311 - Cell. 3487213807 E-mail info@fusinasrl.it</p>
<p>COMMITTENTE: MAGELLANO SRL</p>
<p>CANTIERE: BRUGHERIO - VIA MAGELLANO</p>
<p>TITOLO: TAV. 4 - STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</p>
<p>DATA: GIUGNO 2017</p>

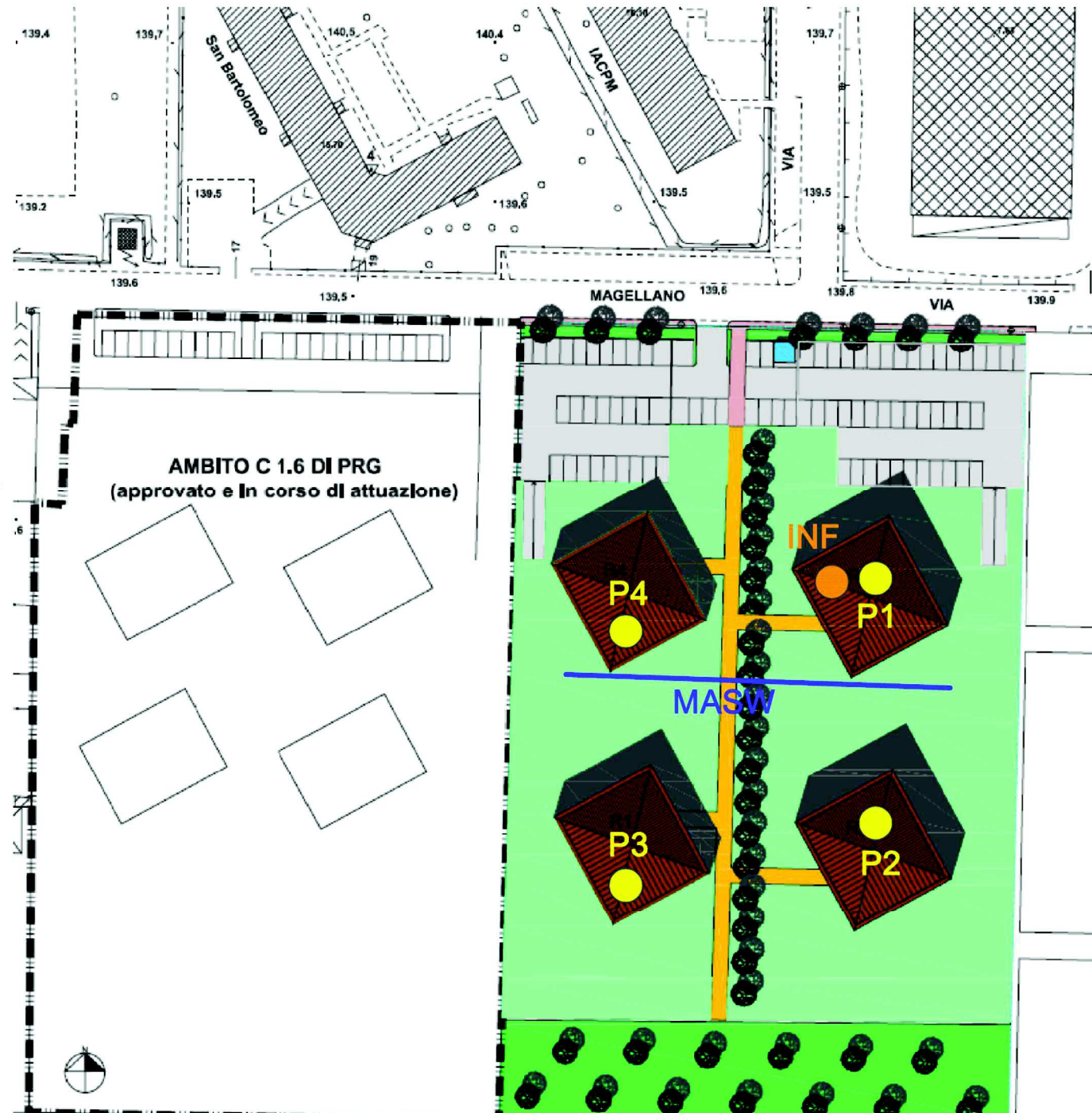


 AREA DI INTERVENTO

 **c: aree con presenza di cavità o di strati a scendenti caratteristiche geotecniche a profondità superiori a 4 m**
presentano, come carattere secondario, acquiferi non protetti

3.c.1: con falda superficiale

<p>FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail Info@fusinasrl.it</p>
<p>COMMITTENTE: MAGELLANO SRL</p>
<p>CANTIERE: BRUGHERIO - VIA MAGELLANO</p>
<p>TITOLO: TAV. 5 - STRALCIO DELLA CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA</p>
<p>DATA: GIUGNO 2017</p>



● PROVE PENETROMETRICHE

— STENDIMENTO SISMICO

● PROVA INFILTROMETRICA

<p>FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fusinasrl.it</p>
<p>COMMITTENTE: MAGELLANO SRL</p>
<p>CANTIERE: BRUGHERIO - VIA MAGELLANO</p>
<p>TITOLO: TAV. 6 - UBICAZIONE DELLE INDAGINI</p>
<p>DATA: GIUGNO 2017</p>

PROVA DI INFILTRAZIONE A CARICO VARIABILE
(per abbassamento del livello dell'acqua nell'infiltrometro)

Committente	MAGELLANO SRL
Commessa	
Località	BRUGHERIO (MB) - VIA MAGELLANO
Data	16/06/2017

Sondaggio n.	INF
Prova di permeabilità n.	1
Profondità da piano campagna	2,0 m

Diametro del tratto di prova	D	[dm]	0,700
Lunghezza del tratto di prova (tasca)	L	[m]	0,60

Coefficiente di forma	C_L	[m]	0,60
-----------------------	-------	-----	------

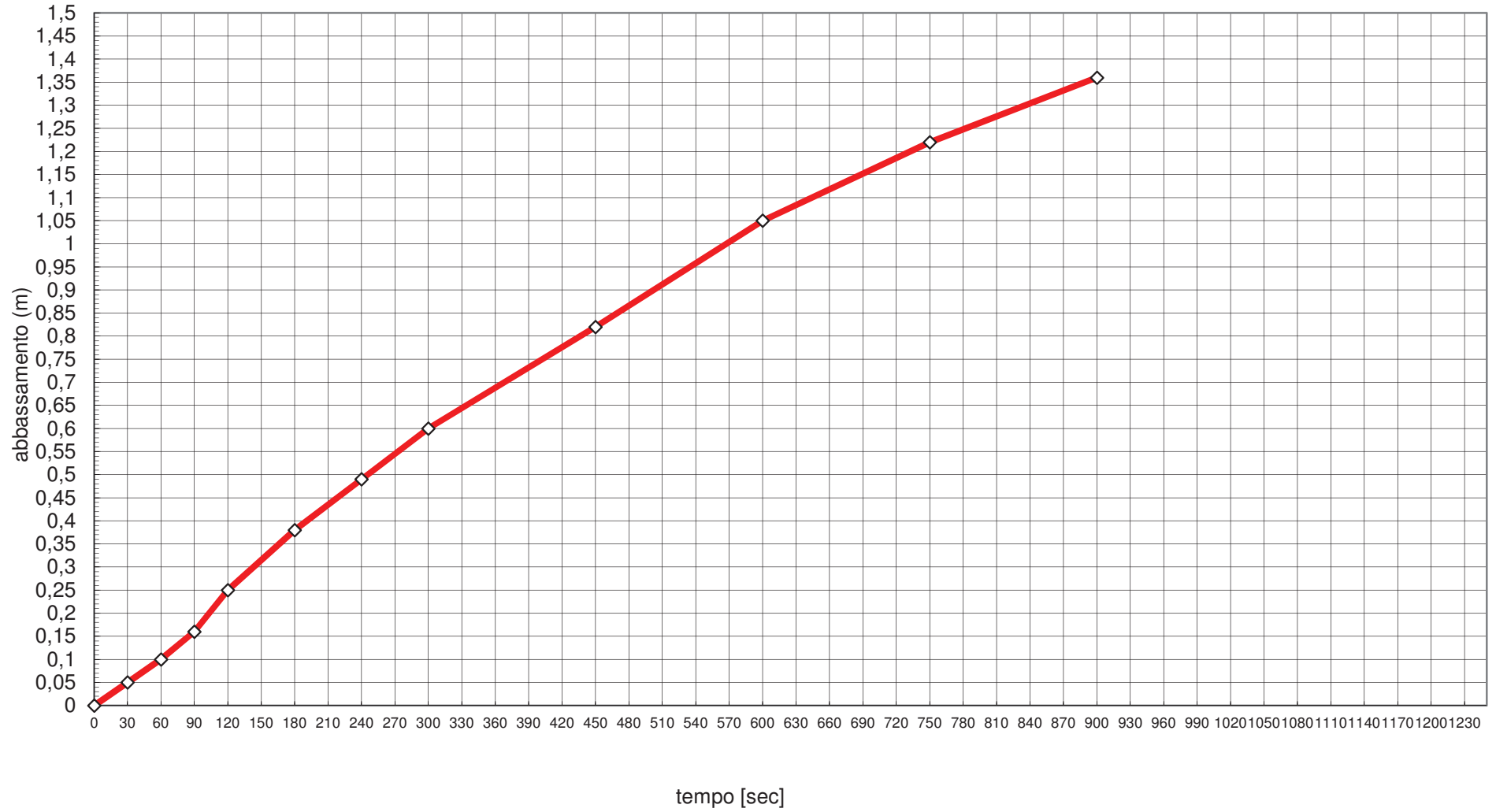
Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,60
---	-------	-----	------

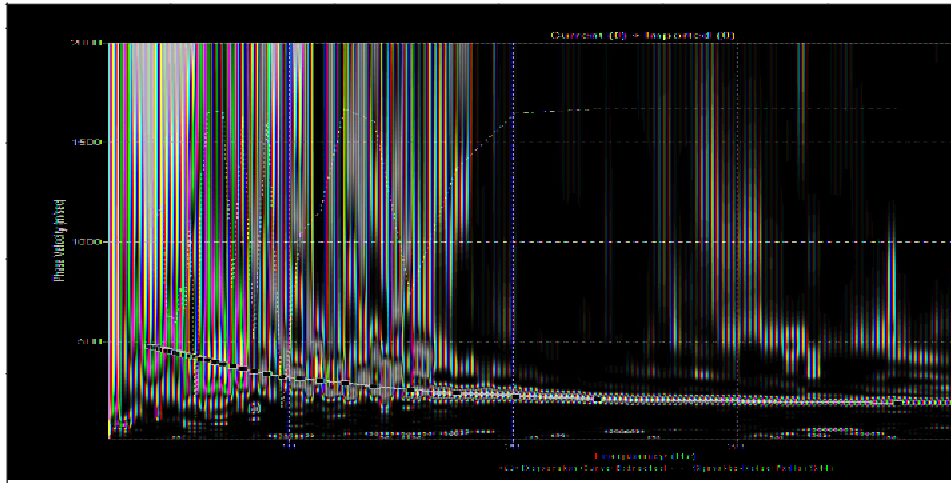
Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento	z	[m]	0,00
Carico idraulico inizio prova	h	[m]	2,00
Carico idraulico fine prova	h	[m]	0,640

Tempo inizio prova (ora e minuti)	10:30
Tempo fine prova (ora e minuti)	10:45

Δh	ΔT	Lecture		Elaborazioni	
		Tempo [sec]	Abbassamento [m]	Coefficiente di permeabilità K [m/s] [cm/s]	
2,000		0	0		
1,950	30	30	0,05	5,41E-04	5,41E-02
1,900	30	60	0,1	5,55E-04	5,55E-02
1,840	30	90	0,16	6,86E-04	6,86E-02
1,750	30	120	0,25	1,07E-03	1,07E-01
1,620	60	180	0,38	8,25E-04	8,25E-02
1,510	60	240	0,49	7,51E-04	7,51E-02
1,400	60	300	0,6	8,08E-04	8,08E-02
1,180	150	450	0,82	7,31E-04	7,31E-02
0,950	150	600	1,05	9,27E-04	9,27E-02
0,780	150	750	1,22	8,43E-04	8,43E-02
0,640	150	900	1,36	8,45E-04	8,45E-02
				7,46E-04	7,46E-02

Prova di permeabilità a carico variabile

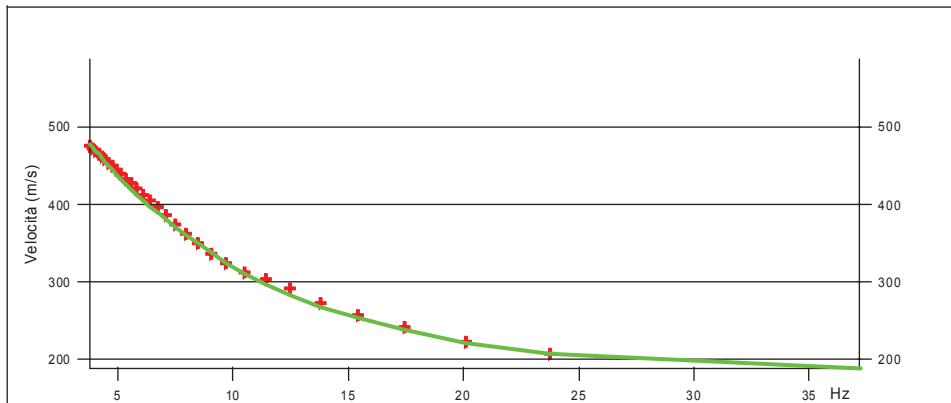
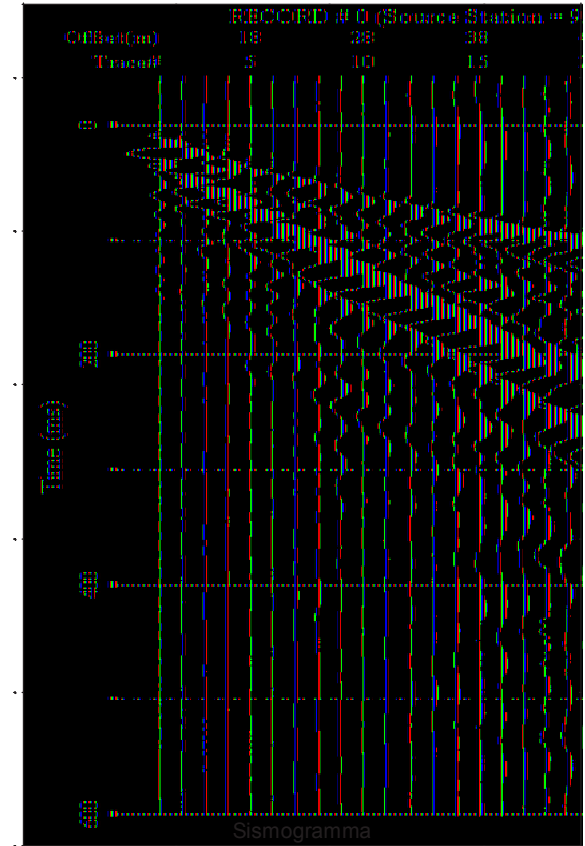




LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpasca)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + Vs/1000$



Dispersione misurata e calcolata

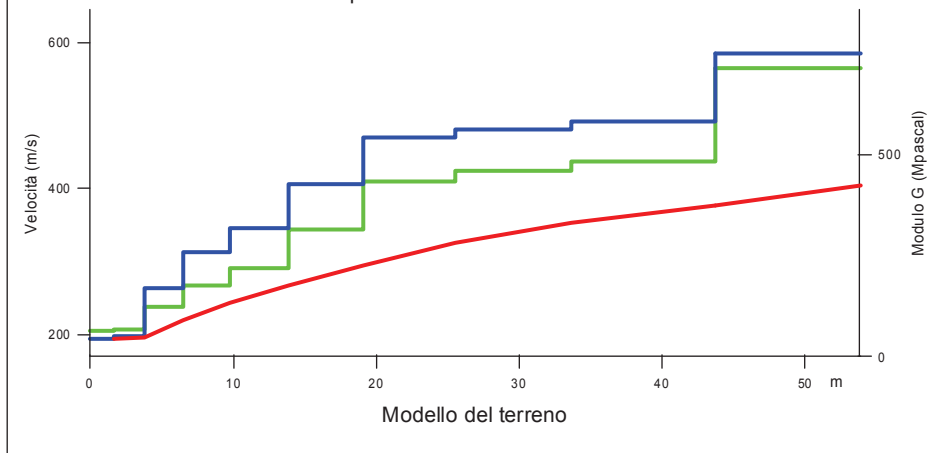


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	H/Vi	VsX	G
0	1.7	193	.0087	193	63
1.7	3.8	197	.0108	195	66
3.8	6.5	264	.01	219	123
6.5	9.8	312	.0106	243	177
9.8	13.9	345	.012	267	219
13.9	19.1	405	.0128	294	313
19.1	25.5	469	.0138	325	434
25.5	33.6	481	.0168	352	459
33.6	43.7	492	.0205	377	483
43.7	53.8	585	.0172	404	715

VALORE CALCOLATO VS30 = 341 m/s

PROVA SISMICA VS30

Magellano s.r.l.

Bugherio (MB) - via Magellano

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

Giugno 2017

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDE LITOLOGIA SABBIOSA

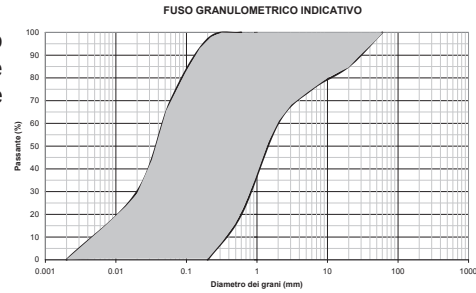
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

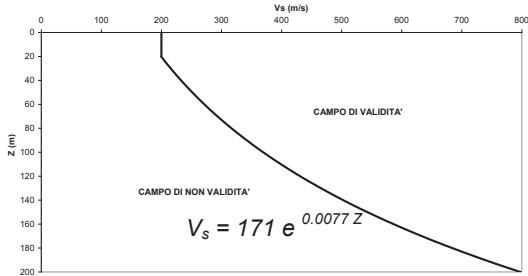
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%
- Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
- Frazione limosa fino ad un massimo del 70%



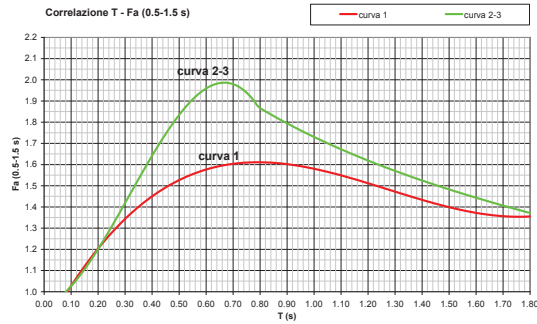
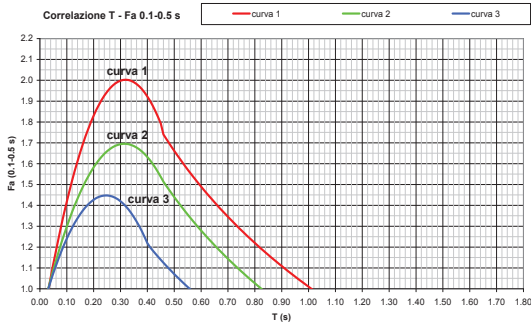
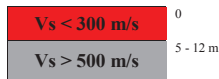
ANDAMENTO DELLE Vs CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



Profondità primo strato (m)	Profondità primo strato (m)																					
	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

ove la sigla NA indica $Fa = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$