



NUOVO CORPO LOCULI, OSSARI E CELLETTE CINERARIE PRESSO IL CIMITERO DI LUCINO



PROGETTO ESECUTIVO INDAGINE GEOGNOSTICA

Responsabile Settore Tecnico:
Arch. MONICA VARALLO

Progettista:
Arch. INGLIMA MODICA FABIO – Ordine Architetti Milano n. 13396
Via Monti 14 - Peschiera Borromeo

FUSINA S.R.L.

INDAGINI NEL SOTTOSUOLO

**COMMITTENTE:
COMUNE DI RODANO (MI)**

2376_16

**PROGETTO DI UN EDIFICIO A COLOMBARI, DA REALIZZARSI PRESSO IL
CIMITERO COMUNALE DI RODANO (MI), SITO IN VIA CIVASCO
- RELAZIONE GEOLOGICA (R1) AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008/NTC2008
E RELAZIONE GEOLOGICA (R3) AI SENSI DELLA DGR 2616/2011 -**

MONZA, 12 DICEMBRE 2016

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 E VINCOLI	6
6	FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO.....	6
7	ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	7
8	PIEZOMETRIA	9
9	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI	9
10	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO	11
10.1	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	11
10.2	AZIONI SISMICHE	12
10.3	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	13
11	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO	14
12	ALLEGATI	18

ALLEGATI

Tavola 1: Stralcio della carta geologica
Tavola 2: Stralcio della carta dei vincoli
Tavola 3: Stralcio della carta di pericolosità sismica locale
Tavola 4: Stralcio della carta di fattibilità geologica
Grafico della prova penetrometrica
Elaborato grafico della prova sismica MASW
Scheda litologica per approfondimento sismico di II livello

1 PREMESSA

Il Comune di Rodano (MI) ci ha affidato l'incarico per l'esecuzione di un'indagine geognostica in supporto al progetto di un edificio a colombari presso il cimitero comunale di Rodano, in via Civasco.

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 preliminare.

Per il progetto di cui sopra, il 9 dicembre 2016 abbiamo eseguito una prova penetrometrica dinamica continua SCPT; inoltre, per poter eseguire l'approfondimento sismico di II livello, abbiamo preso in considerazione una prova sismica MASW, da noi eseguita nel gennaio 2016 in un cantiere limitrofo (via Cavour) a quello in oggetto.

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

L'intera area comunale è compresa entro la media pianura lombarda, costituita da terreni quaternari derivati da depositi fluvioglaciali.

Essi sono composti da ghiaie sabbiose e sabbie, con strato superficiale di alterazione molto ridotto (40-60 cm), generalmente brunastro, in cui viene a prevalere una matrice limosa derivata da disfacimento dei materiali più grossolani.

In particolare, trattasi di depositi di età wurmiana (Pleistocene superiore), attribuibili alla fase del Fluvioglaciale Wurm.

Durante il Wurm si determinò il riempimento dei solchi incisi durante la fase interglaciale Riss-Wurm; il materiale fluvioglaciale proveniente dallo smantellamento delle cerchie moreniche poste a nord colmò le depressioni, i depositi wurmiani si giustapposero a quelli rissiani obliterandoli del tutto nel settore meridionale.

I depositi fluvioglaciali wurmiani sono caratterizzati da ghiaie e sabbie in matrice con locali lenti di argilla.

Essi costituiscono i depositi del "livello fondamentale della pianura" ed in essi è rilevabile una variazione dai termini grossolani ai termini più fini passando dal settore settentrionale a quello meridionale.

Questa variazione è da collegare alla riduzione, verso sud, dell'energia dell'agente di trasporto e di deposizione. I depositi wurmiani a differenza dei depositi mindelliani presentano superiormente un livello di natura sabbioso argillosa. Se tale livello manca, perché asportato dall'intervento antropico può apparire uno strato ghiaioso sabbioso.

Dal punto di vista geomorfologico non vi sono particolari rilevanze in quanto l'area comunale è interamente pianeggiante e per buona parte urbanizzata.

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il modello idrogeologico dell'area di studio è stato ricostruito integrando informazioni stratigrafiche e/o caratterizzazioni idrodinamiche reperite o effettuate dagli autori, relative ad opere di captazione pubbliche e private, con i dati desunti dagli studi idrogeologici più autorevoli e aggiornati relativi agli acquiferi padani della regione Lombardia, di seguito sintetizzati.

Nella schematizzazione idrostratigrafica si è tenuto conto della suddivisione in unità idrostratigrafiche proposta nel 1995 da Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M.1 , che prevede, dall'alto verso il basso:

Unità ghiaioso-sabbiosa, costituita da facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Superiore;

Unità sabbioso-ghiaiosa, costituita da facies fluviali del Pleistocene Medio;

Unità a conglomerati e arenarie, costituita da facies fluviali del Pleistocene Inferiore;

Unità sabbioso-argillosa, costituita da facies continentali e transizionali, riconducibili a Pleistocene Inferiore, al Villafranchiano Superiore e Medio Auctorum p.p.;

Unità argillosa, costituita da facies marine riconducibili al Pleistocene Inferiore e al Calabrian Auctorum p.p..

Tale suddivisione è stata aggiornata sulla base delle risultanze dello studio Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, pubblicato nel 2002 dalla Regione Lombardia in collaborazione con Eni-Divisione Agip e del relativo Aggiornamento geologico-stratigrafico (marzo 2005). In tale studio si propone un modello geologico del sottosuolo della pianura a scala regionale, che individua quattro Gruppi Acquiferi sovrapposti (A, B, C e D), delimitati alla base dall'interfaccia acqua dolce/acqua salata, come di seguito riportato:

Gruppo Acquifero A (Olocene, Pleistocene Superiore – Pleistocene Medio); praticamente corrispondente alla suddetta unità ghiaioso-sabbiosa, costituisce la porzione superiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale;

Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'insieme delle suddette unità sabbioso-ghiaiosa e a conglomerati e arenarie, costituisce la porzione inferiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale;

Gruppo Acquifero C (Pleistocene Inferiore [Siciliano ed Emiliano]); corrispondente alla porzione superiore della suddetta unità sabbioso-argillosa;

Gruppo Acquifero D (Pleistocene Inferiore [Santerniano]); corrispondente alla porzione inferiore (Santerniano) della suddetta unità sabbioso-argillosa.

Di seguito si riporta la descrizione delle tre unità idrogeologiche identificate, partendo dalla più superficiale:

Unità Ghiaioso-sabbiosa (Fluviali Würm, Würm tardivo e alluvioni recenti Auct.)

[Gruppo Acquifero A] - L'unità in esame è caratterizzata dalla netta prevalenza di litotipi grossolani con lenti argillose di limitato spessore ed estensione areale; nella terminologia di uso corrente viene identificata come "Primo Acquifero". Nel settore di alta pianura l'unità in esame contiene una falda libera, in comunicazione con quella del "Ceppo", unicamente in alcuni settori localizzati riferibili a strutture di "paleoalveo", risultando insatura nelle restanti aree. Solo a partire dalla media pianura difatti, in relazione all'avvicinamento del livello piezometrico alla superficie del terreno, l'unità forma il primo acquifero (Francani e Pozzi, 1981). L'insieme degli acquiferi contenuti in questa unità e in quella successivamente descritta, viene identificato come "Acquifero Tradizionale" in quanto costituisce il corpo idrico sotterraneo contenente la falda tradizionalmente sfruttata dai pozzi dell'area milanese. Nella realtà questo complesso è formato da un sistema multifalda che viene assimilato ad un monostrato acquifero.

Unità Sabbioso-ghiaiosa (Fluviali Mindel-Riss Auct.) [Gruppo Acquifero B] - Nell'area di Milano questo complesso, attribuito al Pleistocene Medio, forma la parte basale dell'"Acquifero Tradizionale" ed è identificata sotto l'aspetto idrogeologico come "Secondo Acquifero". E' costituita da una alternanza di depositi ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e limoso-argillosi, talora con lenti cementate conglomeratiche o arenitiche.

Unità Sabbioso-argillosa [Gruppi acquiferi C-D] - L'unità è costituita in prevalenza da argille e limi di colore grigio e giallo (con frequenti alternanze nella colorazione) con torbe (Pleistocene medio e inferiore), che forma il substrato della falda tradizionalmente sfruttata. A questi litotipi sono intercalate lenti più o meno estese di sabbie, ghiaie e

conglomerati che formano acquiferi con falde confinate che vengono identificati con la denominazione di "Terzo Acquifero" o "Acquiferi Profondi".

5 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E VINCOLI

L'area comunale di Rodano è caratterizzata da una rete di fontanili, canali secondari e terziari ad uso irriguo, di competenza comunale.

L'area cimiteriale è vicina a tali corsi d'acqua, ma è comunque esterna alle relative fasce di rispetto, così come individuate in tavola 2, ripresa dalla "Carta dei vincoli" allegata alla "Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. comunale".

6 FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

L'area oggetto di studio è stata collocata nella classe di fattibilità geologica 3B "fattibilità con consistenti limitazioni". Le aree 3B, in particolare, sono aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico "Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese".

Tale zonazione mira a definire le limitazioni fisico-ambientali, in particolare nei confronti della realizzazione di nuove edificazioni e, più in generale, di qualsiasi trasformazione d'uso dei suoli.

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate.

Queste condizioni possono essere per lo più superate con interventi idonei alla eliminazione o minimizzazione del rischio, realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un suo intorno significativo.

Per le nuove opere si dovranno prevedere approfondimenti per l'individuazione delle possibili problematiche geologiche a scala locale, tenendo conto di quanto previsto dalle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui alla normativa nazionale. Al riguardo, dovrà essere affrontato in modo approfondito il problema fondazionale con la realizzazione di indagini geognostiche volte a definire in modo preciso, puntuale e dettagliato le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta e le soluzioni progettuali più idonee da adottarsi.

Gli interventi edificatori dovranno inoltre prevedere, attraverso adeguati studi, l'interazione con la circolazione idrica sotterranea e lo smaltimento delle acque

meteoriche e degli scarichi delle acque reflue; in particolare nelle aree che potranno risultare interessate dalla presenza di depositi limoso-argillosi. Inoltre, si dovrà porre una specifica attenzione alla profondità di riscontro della falda superficiale e di eventuali falde sospese, nonché valutare il loro grado di escursione almeno nell'arco annuale e stagionale.

Pertanto, l'utilizzo di queste aree è subordinato alla realizzazione di indagini supplementari di tipo diretto per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, per accertare la compatibilità degli interventi con le situazioni di dissesto, in atto o potenziali, o di eventuali scadenti condizioni geotecniche dei terreni d'imposta, e consentire di precisare le esatte volumetrie e ubicazioni, le idonee destinazioni d'uso, nonché le eventuali opere di protezione, difesa e mitigazione.

7 ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come citato in premessa, il 9 dicembre 2016 abbiamo eseguito una prova penetrometrica dinamica continua SCPT; inoltre, per poter eseguire l'approfondimento sismico di II livello, abbiamo preso in considerazione una prova sismica MASW, da noi eseguita nel gennaio 2016 in un cantiere limitrofo (via Cavour) a quello in oggetto.

Metodologia di esecuzione della prova penetrometrica dinamica continua (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).

Metodologia di esecuzione della prova sismica MASW

Lo scopo dell'indagine è stata quella di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali V_s da cui ricavare il parametro V_{s30} .

Le caratteristiche della prova sono:

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

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 V_s .

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 V_s 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 **V_{s30}** calcolato.

8 PIEZOMETRIA

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stato rilevato il livello di falda freatica alla profondità di 2,50 metri dal piano strada.

Durante i mesi estivi, tale livello può subire un innalzamento di ordine metrico, principalmente dovuto all'attività di irrigazione, abbondantemente praticata in questo territorio.

9 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI

La prova penetrometrica effettuata ha rilevato il seguente andamento geo-meccanico: dal piano campagna a circa – 2,50 metri, il terreno è costituito da sabbia limosa, debolmente ghiaiosa, con grado di addensamento scarso; da tale profondità al termine della prova (– 7,50 metri), è presente sabbia ghiaiosa, con grado di addensamento medio.

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati della prova penetrometrica.

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 della prova penetrometrica dinamica 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 dalla prova in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e della caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times C_r \times C_d \times C_n$$

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

C_r = fattore di correzione funzione della profondità

C_d = fattore di correzione funzione del diametro del foro

C_n = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno

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

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

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

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:

- **Da 0 metri a circa – 2,50 metri**

$$N_{SPT} = 5$$

$$\Phi = 28^\circ$$

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

$$D_r = 20 \%$$

- **Da circa – 2,50 metri a – 7,50 metri**

$$N_{SPT} = 25$$

$$\Phi = 34^\circ$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$D_r = 60 \%$$

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”.

profondità	Φ nominale (da prove)	Φ_k (caratteristico)
0 m – 2,50 m	28°	27°
2,50 m – 7,50 m	34°	33°

10 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO

10.1 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 Rodano risulta inserito in zona sismica 3.

Secondo quanto riportato nella “Carta della Pericolosità Sismica (1° livello)” del P.G.T. comunale, l'area di studio viene collocata nell'ambito dello scenario di pericolosità sismica locale 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 dellizio-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

Le tipologie di terreni che rientrano nello scenario Z4a possono dare luogo, in occasione di eventi sismici, ad amplificazioni litologiche e geometriche.

Va sottolineato che in tutti i Comuni classificati come zona sismica 3, ai quali appartiene il Comune di Rodano, la normativa regionale richiede 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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)	<ul style="list-style-type: none"> - 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 l'opera in progetto ricadrà in una zona urbanizzata, è richiesto l'approfondimento sismico di 2° livello.

10.2 AZIONI SISMICHE

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:

Stato Limite	T_r [anni]	$a_g/g[-]$	$F_o[-]$	$T^*_c[s]$
Operatività	60	0.031	2.527	0.211
Danno	101	0.037	2.577	0.230
Salvaguardia Vita	949	0.079	2.616	0.291
Prevenzione Collasso	1950	0.098	2.632	0.304

Dove a_g = accelerazione orizzontale massima al sito,

F_o = 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.

Per la scelta dei parametri progettuali, visto il contesto dell'opera (cimitero), abbiamo assegnato al manufatto una vita nominale V_n (2.4.1 - NTC2008) maggiore di 50 anni e una classe d'uso "IV" (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 = 2 per classe d'uso IV) = 100 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 preso in considerazione una prova sismica MASW, eseguita nel gennaio 2016 in un cantiere di via Cavour, il cui risultato è stato $V_{s30} = 321$ m/s.

L'area oggetto di indagine presenta quindi 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 ($15 < N_{spt} < 50$)”*.

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

10.3 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).

Per tale motivo, la verifica alla liquefazione viene omessa.

11 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO

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 F_a si riferisce agli intervalli di periodo compresi tra 0,1 e 0,5 s e tra 0,5 e 1,5 s, in funzione del 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 V_s (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 (V_s) 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 V_s 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 V_{s30} 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 (F_a).

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 (189 m/s con 4,3 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 – 1,1 metri	189	0,02328
da – 1,1 metri a – 2,5 metri	183	0,053868
da – 2,5 metri a – 4,3 metri	194	0,090938
da – 4,3 metri a – 6,5 metri	223	0,129611
da – 6,5 metri a – 9,3 metri	279	0,16592
da – 9,3 metri a – 12,8 metri	351	0,197779
da – 12,8 metri a – 17,1 metri	407	0,230985
da – 17,1 metri a – 22,5 metri	426	0,274983
da – 22,5 metri a – 29,3 metri	417	0,336673
da – 29,3 metri a – 36,1 metri	542	0,375421

Tabella – periodo proprio di oscillazione ad ogni variazione di velocità delle onde S.

Utilizzando la precedente formula, si è ottenuto un valore massimo del periodo del sito T pari a 0,375.

Calcolo di Fa:

$$Fa_{0.1 \div 0.5 s} = 1,66$$

$$Fa_{0.5 \div 1.5 s} = 1,59$$

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 Rodano, 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:

$$Fa_{0.1 \div 0.5 s} = 1,66 < 1,8$$

$$Fa_{0.5 \div 1.5 s} = 1,59 < 2,4$$

Ne consegue che:

- Per il periodo T compreso tra 0.1 e 0.5 s la normativa è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- Per il periodo T compreso tra 0.5 e 1.5 s la normativa è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

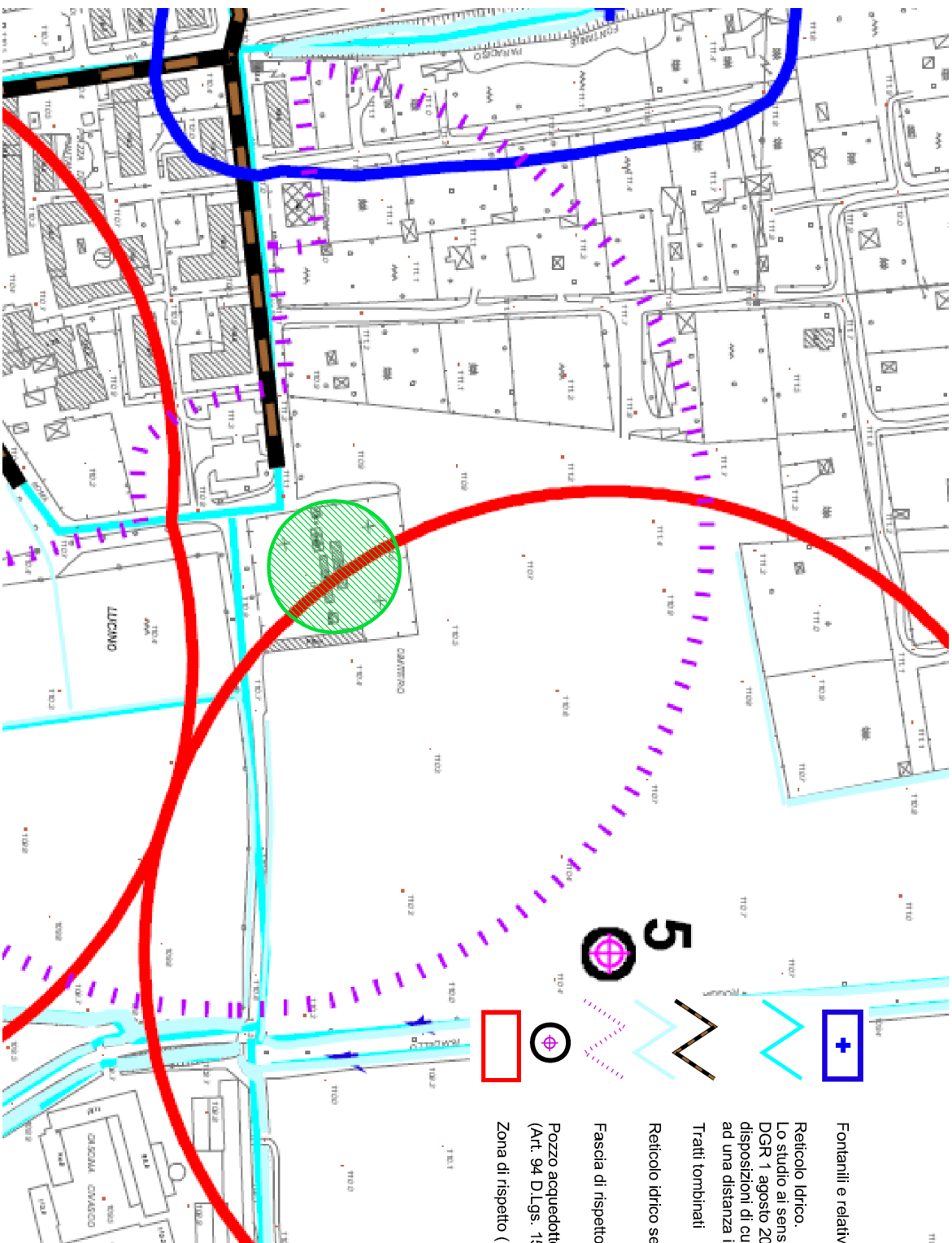
Per il progetto andrà quindi utilizzata la categoria sismica C.

Dott. Geol. Fabio Fusina



The image shows a handwritten signature in blue ink that reads "Fabio Fusina". Below the signature is a circular blue ink stamp. The outer ring of the stamp contains the text "ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA". The inner circle contains the text "FUSINA FABIO" and "n° 759".

12 ALLEGATI



AREA DI INDAGINE

Fontanili e relativa area di rispetto (Art. 21 Piano Paesaggistico del PTR 2010)

Reticolo Idrico.

Lo studio ai sensi delle DGR 1 ottobre 2008 n. 8/8127, DGR 25 gennaio 2002 n. 7/7868 e DGR 1 agosto 2003 n. 7/13950 è in fase di aggiudicazione. Pertanto, valgono le disposizioni di cui al R.D. 25 luglio 1904 n° 523 ed in particolare il divieto di edificazione ad una distanza inferiore a 10 m dal ciglio di sponda o dal piede esterno dell'argine

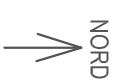
Tratti tombinati

Reticolo idrico secondario

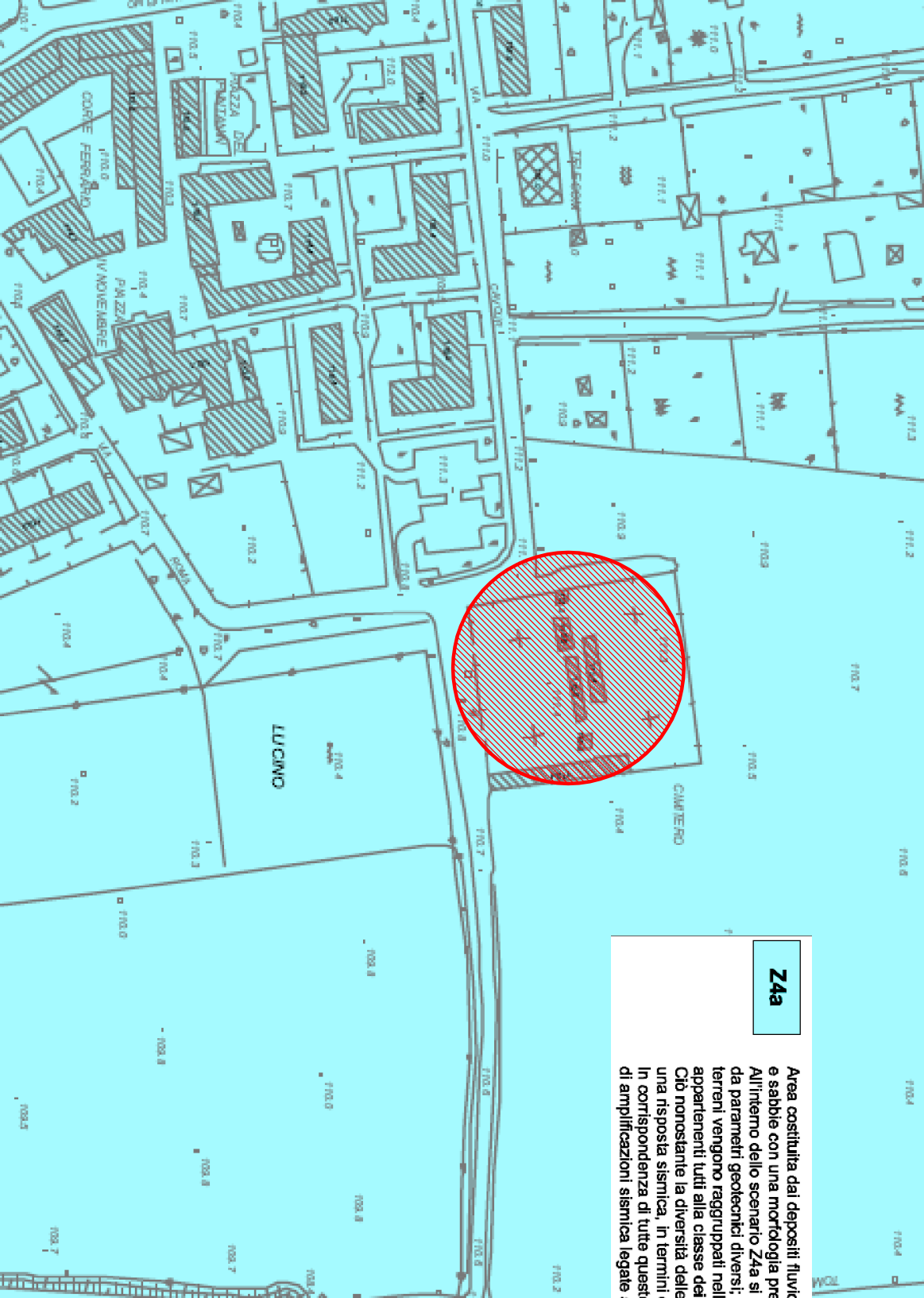
Fascia di rispetto cimiteriale

Pozzo acquedotto e relativa zona di tutela assoluta di raggio 10 m
(Art. 94 D.Lgs. 152/2006)

Zona di rispetto (raggio 200 m) dei pozzi acquedottistici (Art. 94 D.Lgs 152/2006)



FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20090 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 3487213807 E-mail: info@fusina.it	
COMMITTENTE:	COMUNE DI RODANO (MI)
CANTIERE:	RODANO (MI) - CIMITERO COMUNALE
TITOLO:	TAV. 2 - STRALCIO DELLA CARTA DEI VINCOLI
DATA:	DICEMBRE 2016

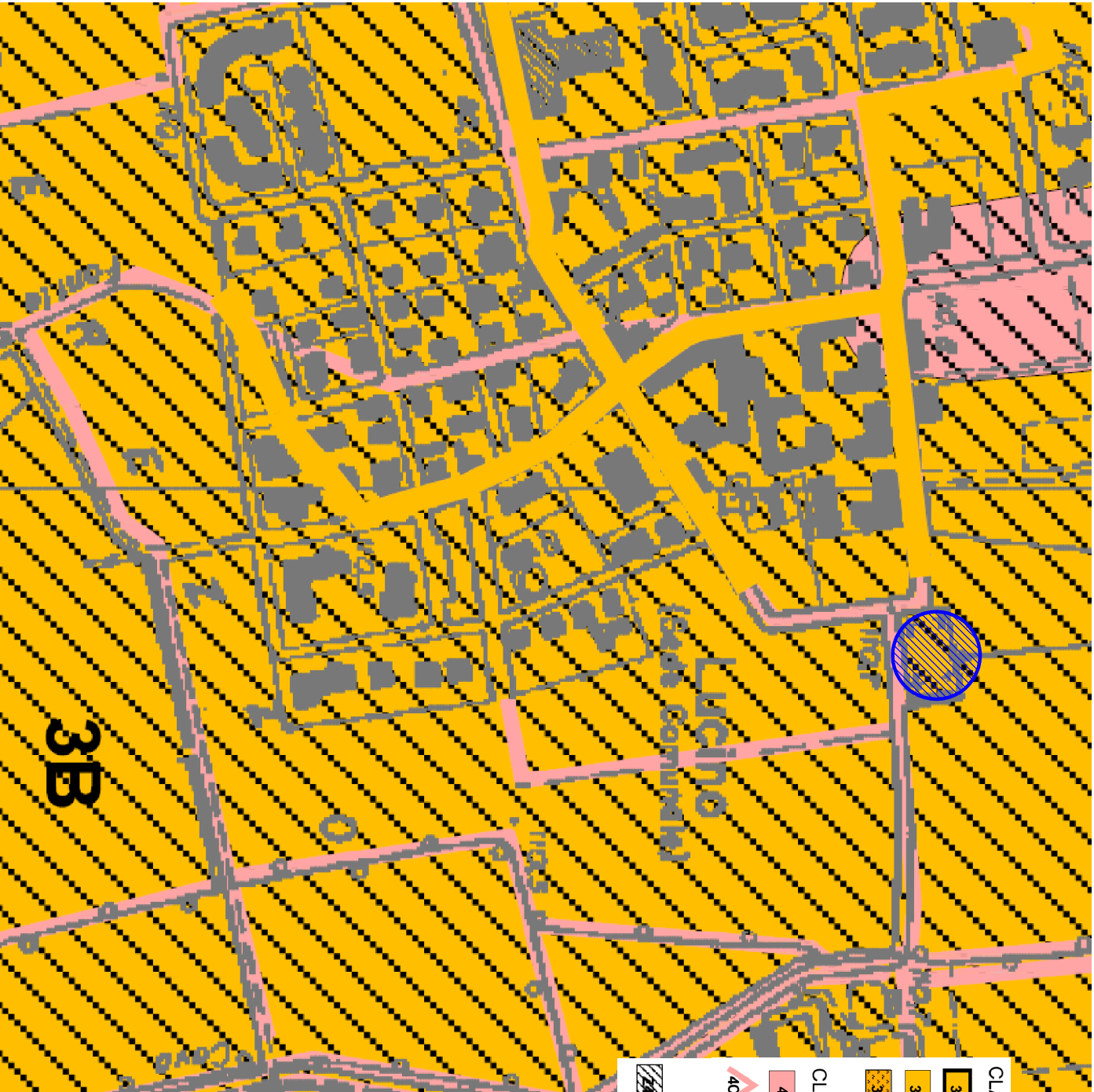


Z4a

Area costituita dai depositi fluvio-glaciali formati essenzialmente da ghiaie e sabbie con una morfologia prevalentemente piana o debolmente inclinata. All'interno dello scenario Z4a si possono riconoscere terreni caratterizzati da parametri geotecnici diversi; da un punto di vista normativo questi terreni vengono raggruppati nello stesso scenario di pericolosità sismica perché appartenenti tutti alla classe dei depositi alluvionali. Ciò nonostante la diversità delle caratteristiche geotecniche può comportare una risposta sismica, in termini di amplificazione degli effetti, diversa. In corrispondenza di tutte queste aree si possono pertanto verificare effetti di amplificazioni sismica legate alla natura litologica dei terreni.

 AREA DI INDAGINE

FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fusinasrl.it	
COMMITTENTE:	COMUNE DI RODANO (MI)
CANTIERE:	RODANO (MI) - CIMITERO COMUNALE
TITOLO:	TAU.3 - STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
DATA:	DICEMBRE 2016



AREA DI INDAGINE

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

- 3A** Aree estrattive attive o dismesse
- 3B** Aree a bassa soggiacenza della falda
- 3C** Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

- 4B** Aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti)
- 4C** Aree potenzialmente inodabili delle canalizzazioni del Reticolo Idrico

Legenda Sismica

Zona di fondovalle con presenza di depositi fluvio-glaciali granulari e/o coesivi soggetta ad amplificazioni litologiche



NORD



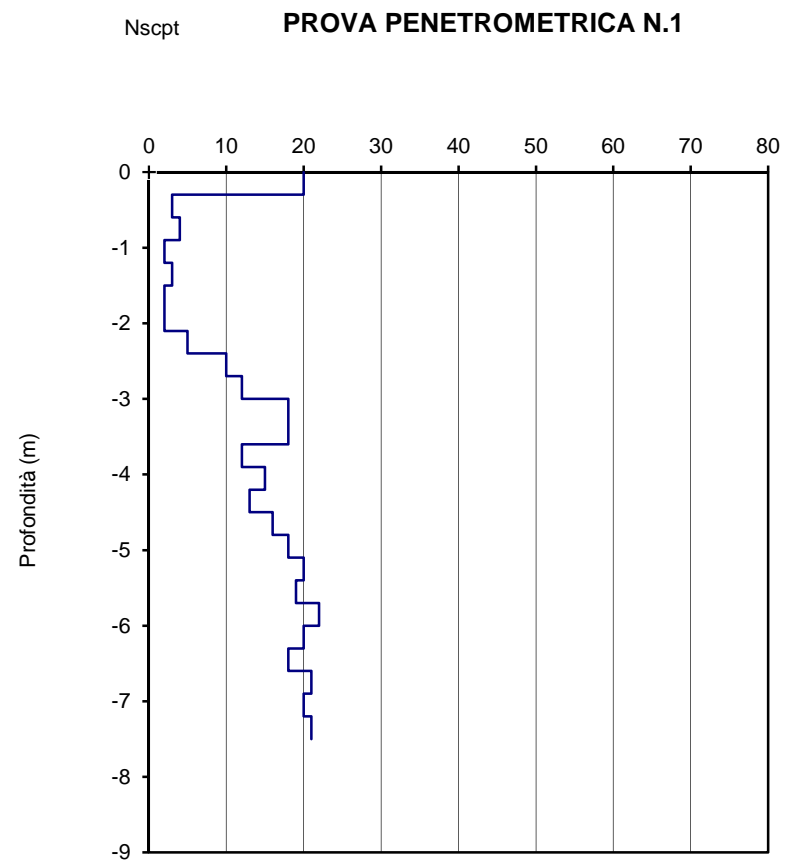
FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 346/7213807 E-mail: info@fusinastit.it
COMMITTENTE: COMUNE DI RODANO (MI)
CANTIERE: RODANO (MI) - CIMITERO COMUNALE
TITOLO: TAV. 4 - STRALCIO DELLA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA
DATA: DICEMBRE 2016

COMMITTENTE: COMUNE DI RODANO
 CANTIERE DI RODANO (MI) - VIA CIVASCO
 PROFONDITA' DELLA FALDA : 2,50 METRI
 DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 09/12/2016

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

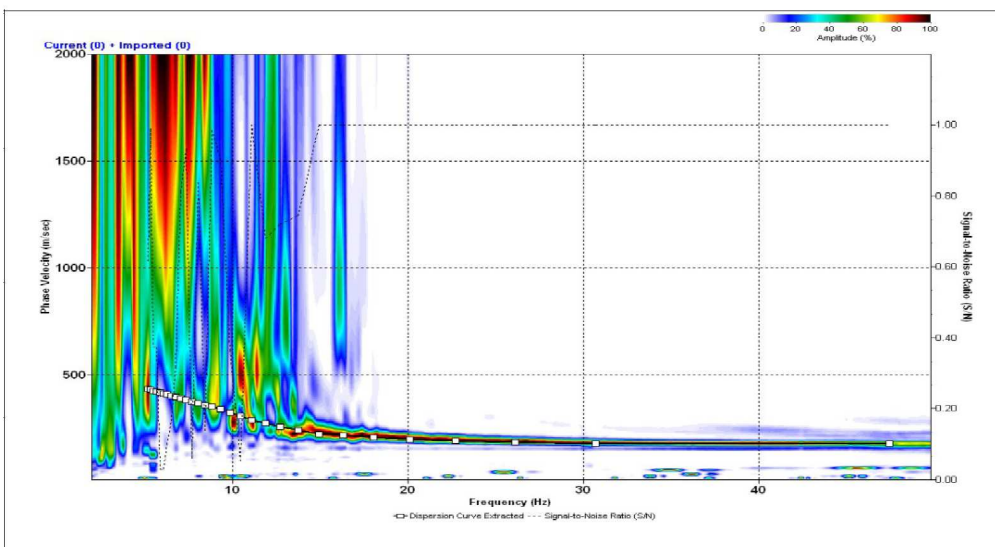
Profondità	RP	RL
0	20	
	3	
	4	
	2	
-1,5	3	
	2	
	2	
	5	
	10	
-3	12	
	18	
	18	
	12	
	15	
-4,5	13	
	16	
	18	
	20	
	19	
-6	22	
	20	
	18	
	21	
	20	
-7,5	21	

Profondità	RP	RL
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

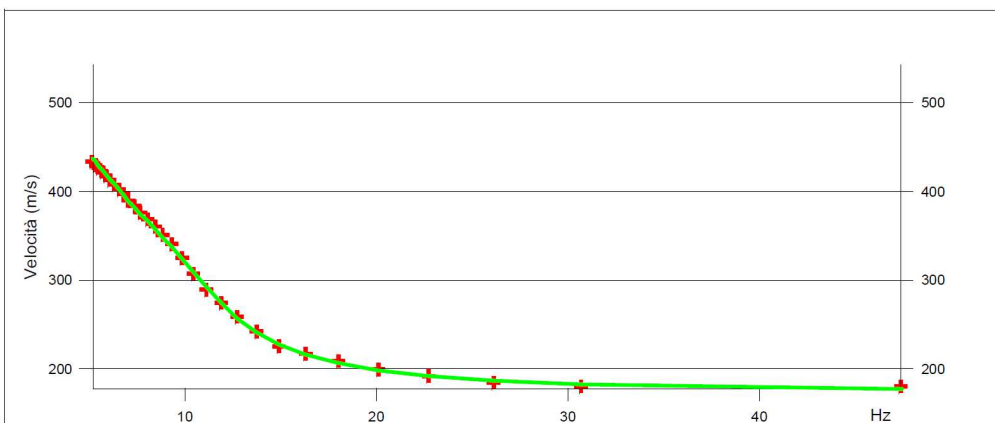
Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619



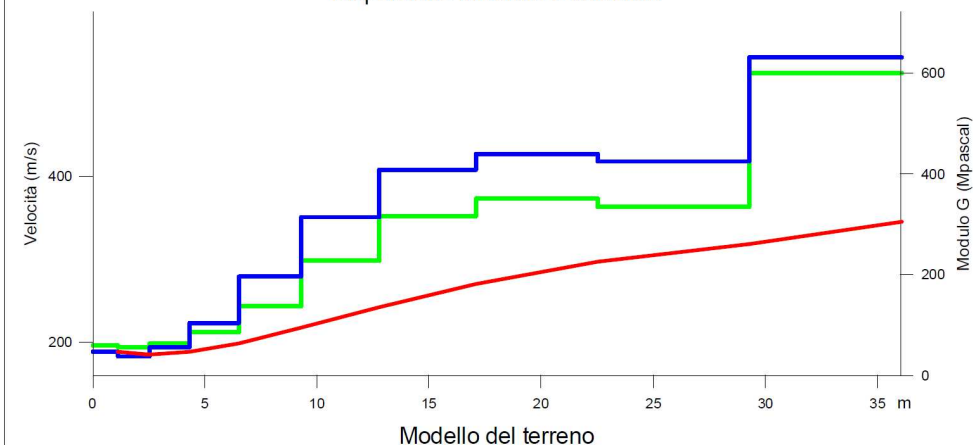
LEGENDA

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

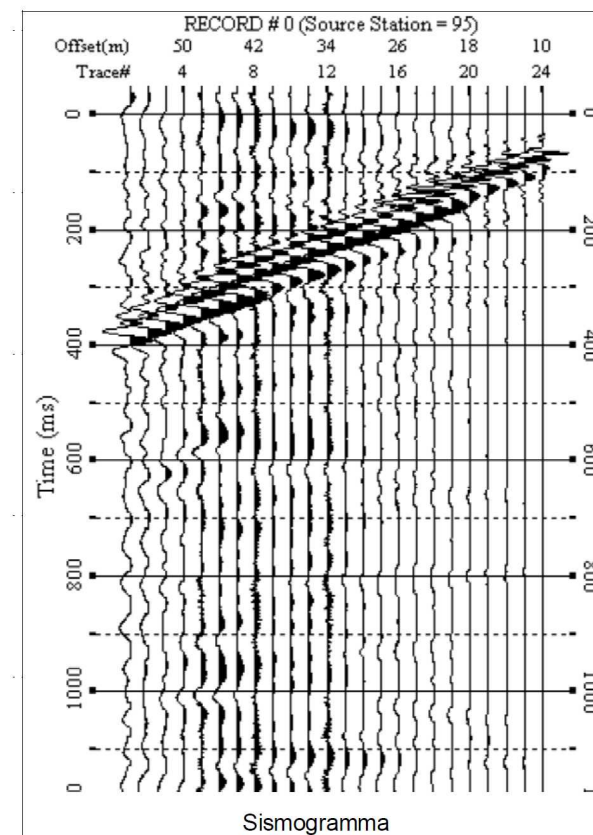
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno



Sismogramma

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.1	189	.006	189	60
1.1	2.5	183	.0077	186	57
2.5	4.3	194	.0092	189	64
4.3	6.5	223	.0099	199	86
6.5	9.3	279	.0099	218	138
9.3	12.8	351	.0099	243	228
12.8	17.1	407	.0106	270	316
17.1	22.5	426	.0127	296	350
22.5	29.3	417	.0162	318	334
29.3	36.1	542	.0125	344	600

VALORE CALCOLATO VS30 = 321 m/s

PROVA SISMICA VS30

RODANO - VIA CAVOUR

FUSINA S.R.L.

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

Gennaio 2016

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA 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

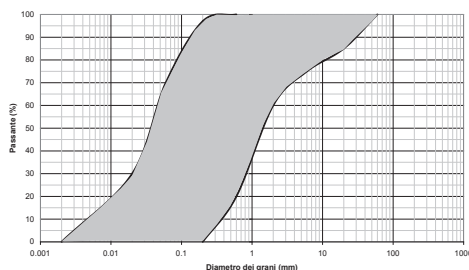
Struttura granulo-sostenuta

Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%

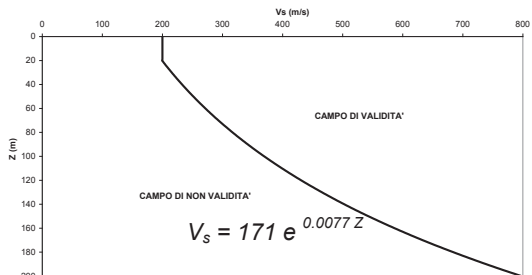
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%

Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA'
LITOLOGIA SABBIOSA



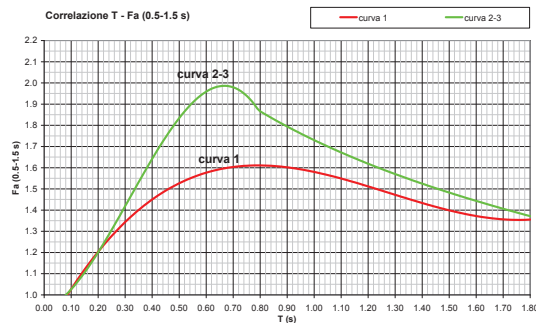
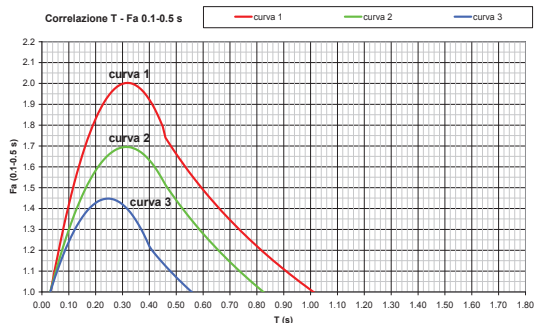
		Profondità primo strato (m)																	
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110
Velocità primo strato (m/s)	200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3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

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 poggianti su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$ m/s	0
$V_s > 500$ m/s	5 - 12 m



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	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
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	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$	

FUSINA S.R.L.

INDAGINI NEL SOTTOSUOLO

**COMMITTENTE:
COMUNE DI RODANO (MI)**

2376_16

**PROGETTO DI UN EDIFICIO A COLOMBARI, DA REALIZZARSI PRESSO
IL CIMITERO COMUNALE DI RODANO (MI), SITO IN VIA CIVASCO
- RELAZIONE GEOTECNICA (R2) AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008/NTC2008 -**

MONZA, 13 DICEMBRE 2016

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.....	2
3.	METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELL'INDAGINE.....	3
4.	PIEZOMETRIA	4
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI	4
6.	PROGETTO	6
7.	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO.....	6
8.	CALCOLO DEI CEDIMENTI	8
9.	COEFFICIENTE DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO DI WINKLER	10
10.	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO	10
10.1	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	10
10.2	AZIONI SISMICHE	12
10.3	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	13
11.	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO	14
12.	CONSIDERAZIONI FINALI	17
13.	ALLEGATI	18

1. PREMESSA

Il Comune di Rodano (MI) ci ha affidato l'incarico per l'esecuzione di un'indagine geognostica in supporto al progetto di un edificio a colombari presso il cimitero comunale di Rodano, in via Civasco.

Per tale progetto, il 9 dicembre 2016 abbiamo eseguito una prova penetrometrica dinamica continua SCPT; inoltre, per poter eseguire l'approfondimento sismico di II livello, abbiamo preso in considerazione una prova sismica MASW, da noi eseguita nel gennaio 2016 in un cantiere limitrofo (via Cavour) a quello in oggetto.

L'indagine, svolta in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa del D.M. 14/01/2008, è stata finalizzata principalmente alla definizione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione.

L'obiettivo è stato quello di verificare la relazione $R_d > E_d$, come indicato nelle NTC2008 2.3, sulla base delle indicazioni forniteci dai progettisti.

Fanno parte della presente relazione tecnica i seguenti allegati:

- grafico della prova penetrometrica;
- elaborato grafico della prova sismica;
- scheda litologica per approfondimento sismico di II livello;
- stralcio della carta di pericolosità sismica locale.

2. RIFERIMENTI

Normative e raccomandazioni

- Norme Tecniche per le Costruzioni - 14 Gennaio 2008.
- Circolare LL.PP. 617 – 2009.

Riferimenti bibliografici

- Skempton A.W. (1986). *“Standard Penetration Test Procedures and Effects in Situ Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation”* Géotechnique 36, n°2.
- Cestelli Guidi C. (1980). *“Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni”*. Settima Edizione, Hoepli. Vol. 2, pp. 144-188.
- Cestari F. (1990). *“Prove Geotecniche in Sito”*. Geo-Graph. Pp. 207-284.
- R. Lancellotta (1993). *“Geotecnica”*. Zanichelli.

3. METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELL'INDAGINE

Metodologia di esecuzione della prova penetrometrica dinamica continua (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).

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

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.

4. PIEZOMETRIA

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stato rilevato il livello di falda freatica alla profondità di 2,50 metri dal piano strada.

Durante i mesi estivi, tale livello può subire un innalzamento di ordine metrico, principalmente dovuto all'attività di irrigazione, abbondantemente praticata in questo territorio.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI

La prova penetrometrica effettuata ha rilevato il seguente andamento geo-meccanico: dal piano campagna a circa – 2,50 metri, il terreno è costituito da sabbia limosa, debolmente ghiaiosa, con grado di addensamento scarso; da tale profondità al termine della prova (– 7,50 metri), è presente sabbia ghiaiosa, con grado di addensamento medio.

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati della prova penetrometrica.

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 della prova penetrometrica dinamica 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 dalla prova in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e della caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times C_r \times C_d \times C_n$$

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

C_r = fattore di correzione funzione della profondità

C_d = fattore di correzione funzione del diametro del foro

C_n = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno

1.08 = valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione 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:

- **Da 0 metri a circa – 2,50 metri**

$$N_{SPT} = 5$$

$$\Phi = 28^\circ$$

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

$$Dr = 20 \%$$

- Da circa – 2,50 metri a – 7,50 metri

$$N_{SPT} = 25$$

$$\Phi = 34^\circ$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$Dr = 60 \%$$

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

Φ = angolo di attrito del materiale;

γ = peso di volume;

Dr = 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”.

profondità	Φ nominale (da prove)	Φ_k (caratteristico)
0 m – 2,50 m	28°	27°
2,50 m – 7,50 m	34°	33°

6. PROGETTO

Sulla base delle indicazioni forniteci dai progettisti, riportiamo le caratteristiche principali dell'intervento edilizio.

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio a colombari.

La quota di imposta delle fondazioni, considerate di tipo “a platea”, risulterà a – 0,45 metri.

7. CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO

Per il calcolo della resistenza di progetto R_d , la normativa impone l'utilizzo di coefficienti parziali riduttivi, da applicare ai valori caratteristici dei parametri meccanici del terreno, secondo due approcci (6.4.2.1 – NTC2008).

Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e SLU di tipo strutturale (STR), accertando che la condizione $Ed \leq R_d$, dove Ed è il valore di progetto dell'azione e R_d è il valore di progetto di

della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Si è scelto di utilizzare l'approccio 2, dove è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Approccio 2: (azioni A1 + materiali M1 + resistenze R3)

I coefficienti parziali dei parametri di resistenza del terreno (M) sono unitari e la resistenza globale del sistema (R) è ridotta tramite il coefficiente del gruppo R3, pari a 2,3.

Una volta conosciuti ed elaborati i parametri geotecnici, calcoliamo la resistenza di progetto; la valutazione è eseguita sulla base dell'equazione proposta da Brinch-Hansen (1970); l'equazione adottata, nella sua forma più generale, è la seguente:

$$R_k = 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma + c N_c s_c d_c + q N_q s_q d_q$$

dove:

R_k	[kPa]	= resistenza allo stato limite ultimo;
γ	[kN/mc]	= peso di volume;
B	[m]	= larghezza della fondazione;
c	[kPa]	= coesione;
q	[kPa]	= $\gamma \times D$ = sovraccarico dovuto al rinterro;
D	[m]	= profondità di incasso della fondazione;
N_γ, N_c, N_q	[-]	= fattori di capacità portante;
$s_\gamma s_c, s_q$	[-]	= fattori forma;
d_γ, d_c, d_q	[-]	= fattori profondità.

Alla quota di imposta considerata i risultati ottenuti sono

$$R_k = 225 \text{ kPa.}$$

Per il calcolo del valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, l'approccio impone il coefficiente parziale $R3 = 2,3$.

Ne consegue che la resistenza di progetto R_d che non deve essere superata dalle azioni di progetto E_d è:

$$R_d (SLU) = 98 \text{ kPa } (>E_d).$$

Per il calcolo dei cedimenti, prendiamo in considerazione il carico di esercizio (Stato Limite di Esercizio), ovvero considerando le azioni non amplificate dai coefficienti $A1$. Dividiamo quindi il valore di progetto R_d per il valore medio dei coefficienti di amplificazione delle azioni ($A1$), che, nel caso dell'approccio considerato, possiamo quantificare in **1,4**. Verificheremo quindi i cedimenti per una pressione sul terreno da parte delle fondazioni pari a circa

$$SLE = 70 \text{ kPa}.$$

8. CALCOLO DEI CEDIMENTI

Per il calcolo dei cedimenti utilizziamo il metodo di Burland & Burbridge, basato su un'analisi statistica di oltre 200 casi reali, comprendenti fondazioni di dimensioni variabili tra 0.8 e 135 m. L'espressione per il calcolo dei cedimenti è la seguente:

$$s = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{vo} \cdot B^{0.7} \cdot \frac{I_c}{3} + (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right],$$

dove: q' = pressione efficace lorda (kPa),

σ'_{vo} = tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione (kPa),

B = larghezza della fondazione (m),

I_c = indice di compressibilità,

f_s, f_H, f_t = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, della spessore dello strato compressibile e della componente viscosa dei cedimenti.

I valori dei cedimenti forniti dall'equazione sopra esposta sono espressi in mm.

Il valore medio di I_c è dato da:

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}},$$

dove N_{AV} rappresenta la media dei valori N_{SPT} all'interno di una profondità significativa, z_i , deducibile da dati tabulati da Burland & Burbidge (1984) e reperibili in letteratura tecnica.

Se lo strato compressibile ha uno spessore H inferiore ai valori di z_i , nell'equazione per il calcolo del cedimento se ne tiene conto tramite il fattore f_H dalla seguente relazione:

$$f_H = \frac{H}{z_i} \cdot \left(2 - \frac{H}{z_i} \right).$$

Il fattore di forma f_s è dato da:

$$f_s = \left(\frac{1.25 \cdot L / B}{L / B + 0.25} \right)^2.$$

Infine, il fattore correttivo f_t , è dato da:

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right),$$

in cui t = tempo espresso in anni (≥ 3);

R_3 = costante pari a 0,3 nel caso di carichi statici.

PRESSIONE 70 kPa	CEDIMENTI (mm)	
	$s_i (t = 0 \text{ s})$	$s_t (t = 10 \text{ anni})$
<u>SPIGOLO</u>	8	11
<u>MEZZERIA</u>	10	15
<u>CENTRO</u>	15	24

9. COEFFICIENTE DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO DI WINKLER

Il valore del coefficiente di Winkler è il parametro che permette di determinare la rigidità di una fondazione; viene calcolato con il metodo di Vesic che lega il coefficiente ai cedimenti (immediati) della fondazione ed al carico allo SLU.

L'espressione generale adottata per il calcolo è la seguente:

$$K_w = R_d \times C$$

Dove C è un coefficiente adimensionale inversamente proporzionale al valore di cedimento.

PRESSIONE (kPa)	CEDIMENTI (mm)	COEFF. DI WINKLER (kN/m³)
98	8/11	13720
98	10/15	10290
98	15/24	6860

10. PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO

10.1 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 Sismica", 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 Rodano risulta inserito in zona sismica 3.

Secondo quanto riportato nella "Carta della Pericolosità Sismica (1° livello)" del P.G.T. comunale, l'area di studio viene collocata nell'ambito dello scenario di pericolosità sismica locale 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

Le tipologie di terreni che rientrano nello scenario Z4a possono dare luogo, in occasione di eventi sismici, ad amplificazioni litologiche e geometriche.

Va sottolineato che in tutti i Comuni classificati come zona sismica 3, ai quali appartiene il Comune di Rodano, la normativa regionale richiede 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 l'opera in progetto ricadrà in una zona urbanizzata, è richiesto l'approfondimento sismico di 2° livello.

10.2 AZIONI SISMICHE

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:

Stato Limite	T_r [anni]	$a_g/g[-]$	$F_o[-]$	$T^*_c[s]$
Operatività	60	0.031	2.527	0.211
Danno	101	0.037	2.577	0.230
Salvaguardia Vita	949	0.079	2.616	0.291
Prevenzione Collasso	1950	0.098	2.632	0.304

Dove a_g = accelerazione orizzontale massima al sito,

F_o = 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.

Per la scelta dei parametri progettuali, visto il contesto dell'opera (cimitero), abbiamo assegnato al manufatto una vita nominale V_n (2.4.1 - NTC2008) maggiore di 50 anni e una classe d'uso “IV” (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 = 2 per classe d'uso IV) = 100 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 preso in considerazione una prova sismica MASW, eseguita nel gennaio 2016 in un cantiere di via Cavour, il cui risultato è stato $V_{s30} = 321$ m/s.

L'area oggetto di indagine presenta quindi 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 ($15 < N_{spt} < 50$)”*.

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

10.3 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).

Per tale motivo, la verifica alla liquefazione viene omessa.

11. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO

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 F_a si riferisce agli intervalli di periodo compresi tra 0,1 e 0,5 s e tra 0,5 e 1,5 s, in funzione del 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 V_s (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 V_s e modello geofisico del terreno

Per valutare l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) 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 V_s 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 (F_a).

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 - V_s , si è considerata la litologia sabbiosa.

Inoltre, tenuto conto della profondità del primo strato equivalente e della velocità V_s ottenuta come media pesata (189 m/s con 4,3 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 – 1,1 metri	189	0,02328
da – 1,1 metri a – 2,5 metri	183	0,053868
da – 2,5 metri a – 4,3 metri	194	0,090938
da – 4,3 metri a – 6,5 metri	223	0,129611
da – 6,5 metri a – 9,3 metri	279	0,16592
da – 9,3 metri a – 12,8 metri	351	0,197779
da – 12,8 metri a – 17,1 metri	407	0,230985
da – 17,1 metri a – 22,5 metri	426	0,274983
da – 22,5 metri a – 29,3 metri	417	0,336673
da – 29,3 metri a – 36,1 metri	542	0,375421

Tabella – periodo proprio di oscillazione ad ogni variazione di velocità delle onde S.

Utilizzando la precedente formula, si è ottenuto un valore massimo del periodo del sito T pari a 0,375.

Calcolo di Fa:

$$\mathbf{Fa_{0.1 \div 0.5 \text{ s}} = 1,66}$$

$$\mathbf{Fa_{0.5 \div 1.5 \text{ s}} = 1,59}$$

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 Rodano, 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:

$$\mathbf{Fa_{0.1 \div 0.5 \text{ s}} = 1,66 < 1,8}$$

$$\mathbf{Fa_{0.5 \div 1.5 \text{ s}} = 1,59 < 2,4}$$

Ne consegue che:

- Per il periodo T compreso tra 0.1 e 0.5 s la normativa è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- Per il periodo T compreso tra 0.5 e 1.5 s la normativa è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

Per il progetto andrà quindi utilizzata la categoria sismica C.

12. CONSIDERAZIONI FINALI

La presente relazione geotecnica, redatta ai sensi del D.M. 14/01/2008, ha permesso di ricostruire il modello geotecnico a supporto delle verifiche di stabilità dell'opera.

Le verifiche hanno confermato l'idoneità del dimensionamento delle fondazioni in rapporto ai parametri di resistenza del terreno ottenuti attraverso lo sviluppo dei calcoli.

Dott. Geol. Fabio Fusina



The image shows a handwritten signature in blue ink that reads "Fabio Fusina". Below the signature is a circular professional stamp. The stamp has a double border. The outer border contains the text "ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA" in a circular arrangement. The inner circle contains the text "FUSINA FABIO" and "n° 759" below it.

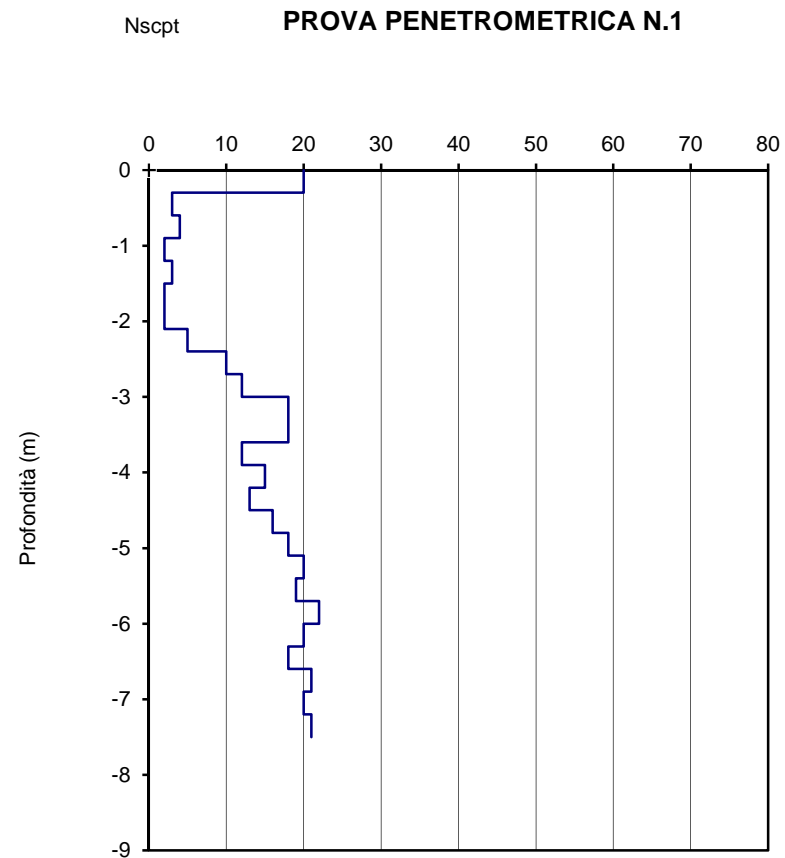
13. ALLEGATI

COMMITTENTE: COMUNE DI RODANO
 CANTIERE DI RODANO (MI) - VIA CIVASCO
 PROFONDITA' DELLA FALDA : 2,50 METRI
 DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 09/12/2016

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

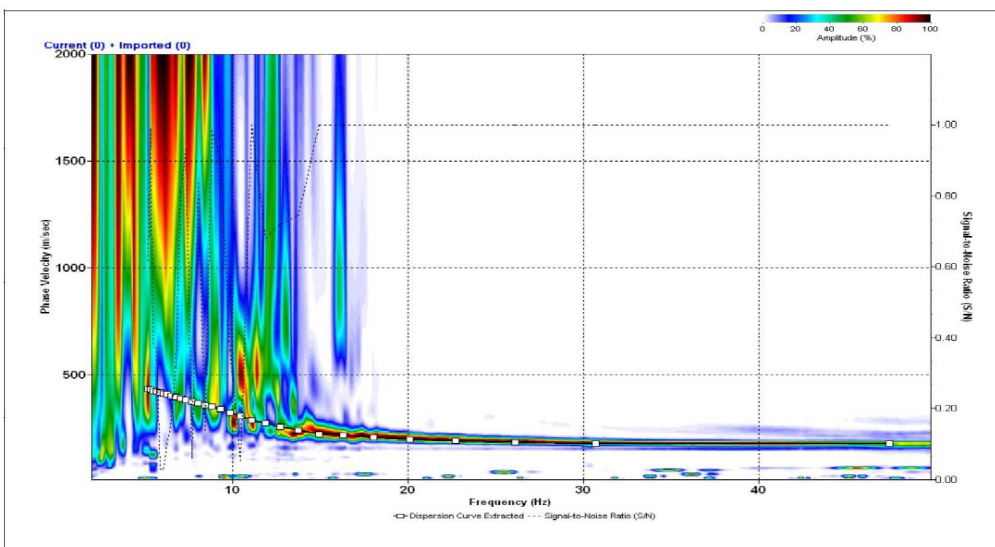
Profondità	RP	RL
0	20	
	3	
	4	
	2	
-1,5	3	
	2	
	2	
	5	
	10	
-3	12	
	18	
	18	
	12	
	15	
-4,5	13	
	16	
	18	
	20	
	19	
-6	22	
	20	
	18	
	21	
	20	
-7,5	21	

Profondità	RP	RL
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

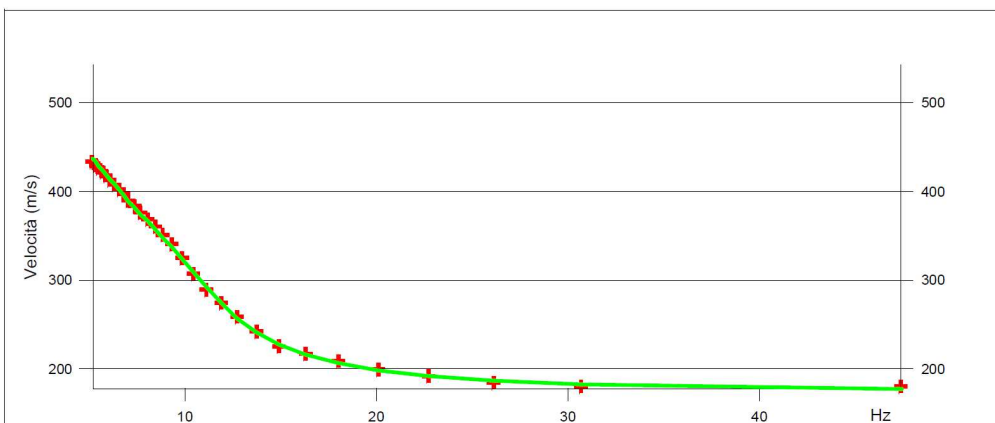
Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619



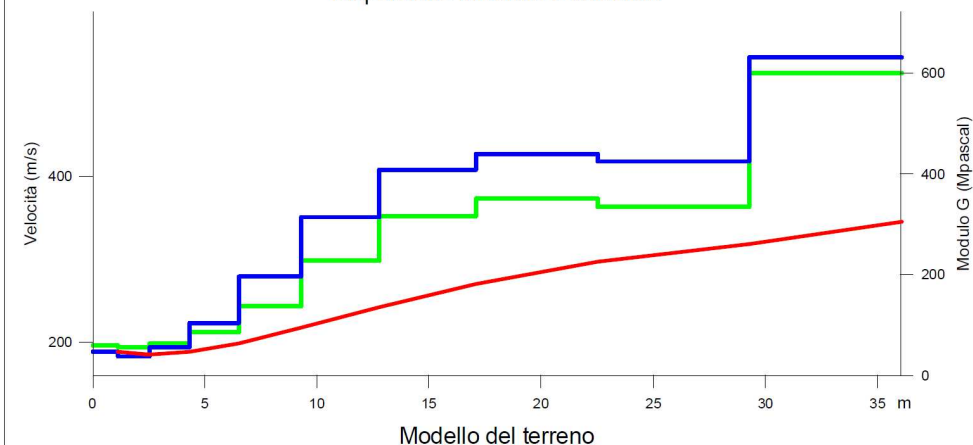
LEGENDA

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

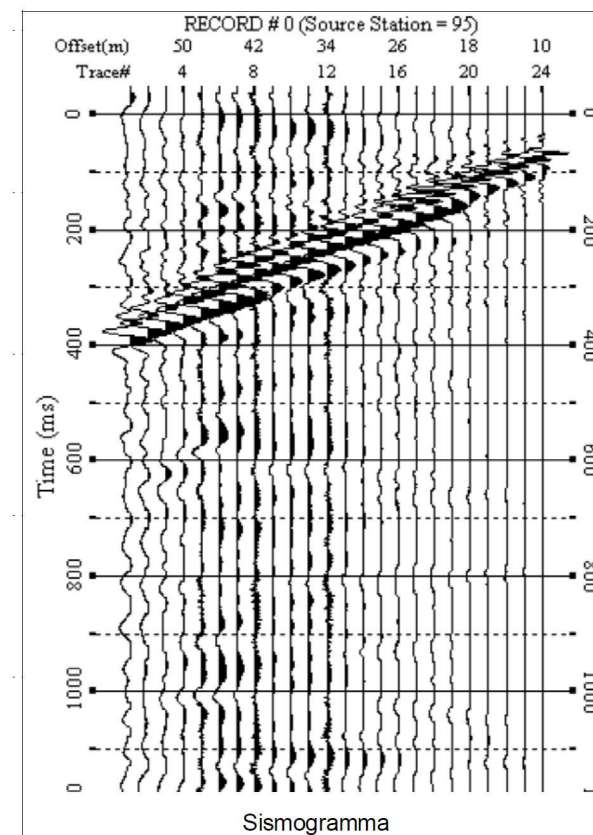
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno



Sismogramma

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.1	189	.006	189	60
1.1	2.5	183	.0077	186	57
2.5	4.3	194	.0092	189	64
4.3	6.5	223	.0099	199	86
6.5	9.3	279	.0099	218	138
9.3	12.8	351	.0099	243	228
12.8	17.1	407	.0106	270	316
17.1	22.5	426	.0127	296	350
22.5	29.3	417	.0162	318	334
29.3	36.1	542	.0125	344	600

VALORE CALCOLATO VS30 = 321 m/s

PROVA SISMICA VS30

RODANO - VIA CAVOUR

FUSINA S.R.L.

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

Gennaio 2016

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA 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

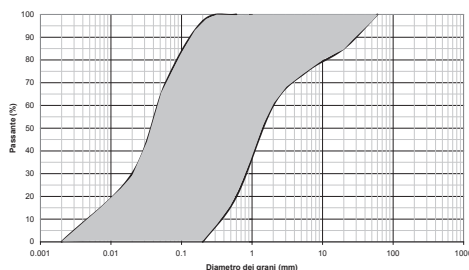
Struttura granulo-sostenuta

Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%

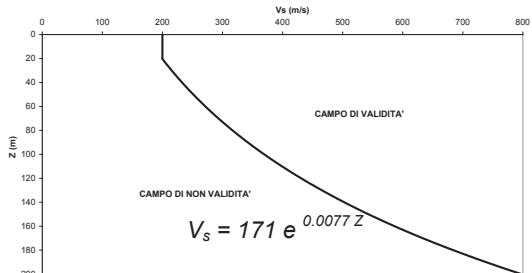
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%

Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



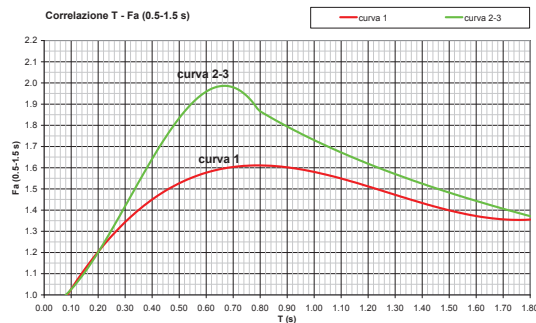
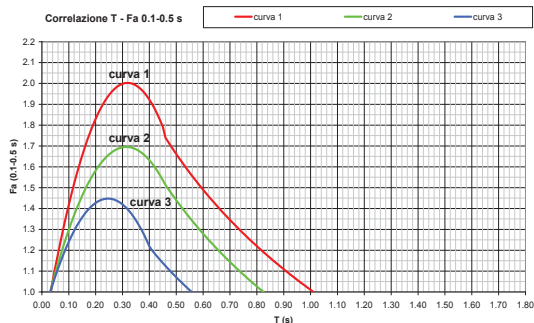
		Profondità primo strato (m)																	
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110
Velocità primo strato (m/s)	200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3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

ove
la sigla NA indica $Fa = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

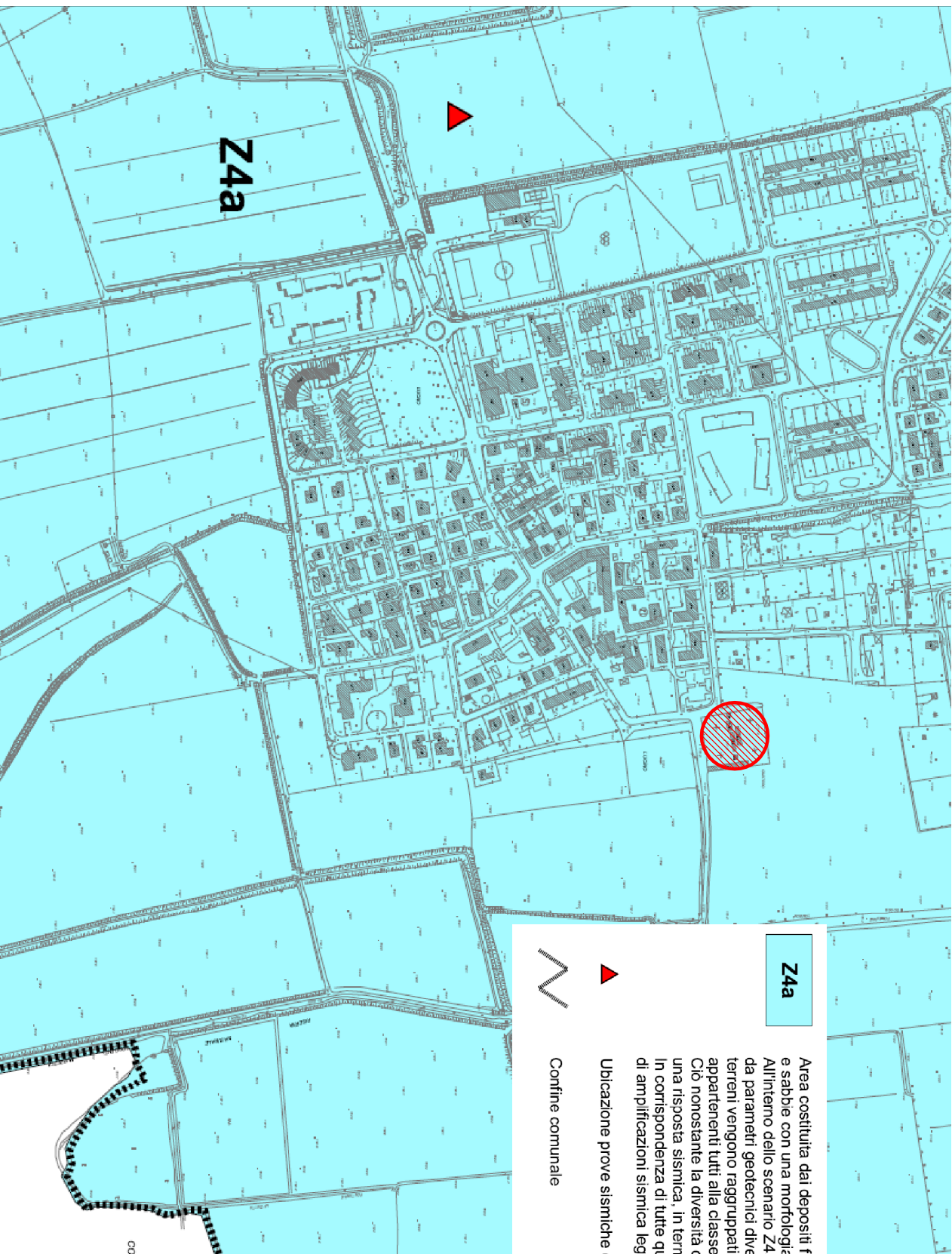
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggianti su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$ m/s	0
$V_s > 500$ m/s	5 - 12 m



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	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
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	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$	

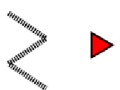


AREA DEL CIMITERO

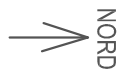
Z4a

Area costituita dai depositi fluvio-glaciali formati essenzialmente da ghiaie e sabbie con una morfologia prevalentemente piana o debolmente inclinata. All'interno dello scenario Z4a si possono riconoscere terreni caratterizzati da parametri geotecnici diversi; da un punto di vista normativo questi terreni vengono raggruppati nello stesso scenario di pericolosità sismica perché appartenenti tutti alla classe dei depositi alluvionali. Ciò nonostante la diversità delle caratteristiche geotecniche può comportare una risposta sismica, in termini di amplificazione degli effetti, diversa. In corrispondenza di tutte queste aree si possono pertanto verificare effetti di amplificazioni sismica legate alla natura litologica dei terreni.

Ubicazione prove sismiche (microtremori)



Confine comunale



FUSINA S.R.L. Via Boccanti, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fusinasrl.it	
COMMITTENTE: COMUNE DI RODANO (MI)	
CANTIERE: RODANO (MI) - CIMITERO COMUNALE	
TITOLO: STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSA' SISMICA LOCALE	
DATA: DICEMBRE 2016	



Regione
Lombardia

MODULO 9

DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO

DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PUNTO
6.2.1 DELLE N.T.C. DM 14/01/08 e/o DALLA D.G.R. IX 2616/2011

Il sottoscritto FABIO FUSINA
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA n. AP 759 incaricato in
data da COMUNE DI RODANO
per conto di
di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento
REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO A COLOMBARI
.....
.....
.....
eseguito in Comune di RODANO (MI) Località
Via CIVASCO n° CAP 20090
Comune Catastale Foglio n. Mappale o Particella

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
- ☒ D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, ai sensi dello studio geologico comunale redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, le caratteristiche geologiche del sito di intervento sono:

1. SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.1

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Z1 Instabilità dei versanti | <input type="checkbox"/> Z2a Cedimenti | <input type="checkbox"/> Z2b Liquefazione |
| <input type="checkbox"/> Z3 Amplificazione topografica | <input checked="" type="checkbox"/> Z4 Amplificazione Stratigrafica | |
| <input type="checkbox"/> Z5 Comportamenti differenziali | <input type="checkbox"/> Nessuno scenario | |

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- ☐ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)*
- ☒ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)*
- ☐ Analisi di secondo livello non effettuata

* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.1

- ☐ 1 senza particolari limitazioni
- ☐ 2 con modeste limitazioni
- ☒ 3 con consistenti limitazioni
- ☐ 4 con gravi limitazioni

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.2

- ☐ a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
- ☒ b) Vulnerabilità idrogeologica
- ☐ c) Vulnerabilità idraulica
- ☐ d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- ☐ nessuna particolare limitazione

DICHIARA INOLTRE

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previsti dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di RODANO (MI)

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011:

- ☐ Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
- ☒ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
- ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
- ☒ Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
- ☒ Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
- ☐ Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

☒ indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo UNA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT

☒ indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo UNA PROVA SISMICA MASW

F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:

☐ analisi di risposta sismica locale

☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:

☐ A

☐ B

☒ C

☐ D

☐ E

mediante la seguente tipologia d'indagine *PROVA SISMICA MASW*

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:

☐ analisi di risposta sismica locale

☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:

☒ T1

☐ T2

☐ T3

☐ T4

mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala *1:10000*

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:

☒ esclusione della verifica (punto 7.11.3.4.2 NTC), opportunamente motivata in relazione

☐ verifica di stabilità (punto 7.11.3.4.3 NTC) mediante la seguente metodologia

I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:

☐ senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio

☒ previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto

☐ previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:

☐ non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente

☐ sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti.

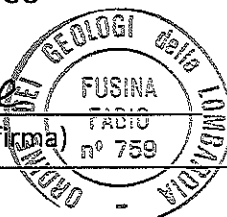
Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Data *12/12/2016*

IL GEOLOGO

Fusina Fabio

(timbro e firma)



MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – AMPLIFICAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z3, Z4 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), *previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. IX/2616); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo Z5 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616)

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Modello sismo-stratigrafico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR IX/2616 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero: 1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino 2- Assenza di inversioni di velocità significative 3- Contrasti di impedenza sismica < 3 4- Valori di $V_{SH} > 250$ m/s		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> $FAC \leq FAS^*$ Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{S30} misurato <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato	<input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni 2° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Non applicabilità dell'analisi di II° livello Obbligo del 3° grado di approfondimento Oppure nel caso <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input checked="" type="checkbox"/> Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input checked="" type="checkbox"/> $FAC \leq FAS^*$ Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{S30} misurato <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato	Nel caso <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Indagine di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione Fine approfondimento



Regione
Lombardia

MODULO 10

DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DELL'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA DI
CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOTECNICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL
PUNTO 6.2.2 DELLE N.T.C. DM 14/01/08

Il sottoscritto FABIO FUSINA
iscritto ALL'ORDINE DEI GEOLGHI DELLA LOMBARDIA, incaricato in data
da COMUNE DI RODANO
per conto di
di redigere la relazione geotecnica relativa al seguente intervento
REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO A COLOMBARI

eseguito in Comune di RODANO (MI) Località
Via CIVASCO n° CAP 20090
Comune Catastale Foglio n. Mappale o Particella

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

- A. di aver fatto riferimento al modello geologico desunto da specifica relazione a firma del Geologo FABIO FUSINA
- B. di aver redatto il modello geotecnico del sito considerando un volume significativo di terreno compatibile con le caratteristiche dell'intervento e la natura e caratteristiche del sottosuolo
- C. di aver considerato nei relativi calcoli geotecnici l'effetto delle azioni sismiche attese, tenendo adeguatamente in considerazione:
1. gli effetti di amplificazione stratigrafica, attraverso:
- ☐ analisi di risposta sismica locale
- ☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo (punto 3.2.2 delle NTC2008):
- ☐ A ☐ B ☒ C ☐ D ☐ E

2. gli effetti di amplificazione topografica, attraverso:

☐ analisi di risposta sismica locale

☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica (punto 3.2.2 delle NTC2008):

☒ T1

☐ T2

☐ T3

☐ T4

D. di aver adeguatamente tenuto in considerazione i risultati della verifica di sicurezza del terreno di fondazione nei confronti della liquefazione

E. di aver individuato i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

peso dell'unità di volume: 0-2,5 m $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$; 2,5-7,5 m $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

angolo di resistenza al taglio: 0-2,5 m $\phi = 27^\circ$; 2,5-7,5 m $\phi = 33^\circ$

coesione efficace: 0

coesione non drenata: 0

F. di aver eseguito i calcoli geotecnici:

☒ in condizioni drenate

☐ in condizioni non drenate

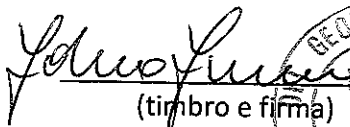
G. di avere redatto la presente relazione conformemente a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14-01-2008

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti e delle relative istruzioni applicative.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

L'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA


(timbro e firma) FABIO
n° 759

