



COMUNE DI VANZAGO

PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI

PERITO INDUSTRIALE **DANIELE CERRI**

Iscritto all'ordine dei Periti Industriali e
Periti Industriali Laureati delle province di Milano e Lodi
N° 3924

PROGETTAZIONE STRUTTURE

MADE s.r.l. Via della Pusterla, 9 - 27100 Pavia

PROGETTISTA STRUTTURALE

INGEGNERE **GABRIELE PORTA**

Iscritto all'ordine degli Ingegneri della provincia
di Milano
N° A25859

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
E COORDINAMENTO GENERALE



ARCHITETTO **SABINO BIZZOCA**
Iscritto all'ordine degli Architetti
di Milano
N° 17700

www.bzz-ac.com

AMPLIAMENTO CIMITERO COMUNALE

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SPECIALISTICA SULLE OPERE DI FONDAZIONE

TAV. N°

all-15

SCALA

—

DATA

MAGGIO 2025

COMUNE DI VANZAGO

**via Paolo Ferrario
20010 – Vanzago (MI)**

AMPLIAMENTO CIMITERO COMUNALE

RELAZIONE SPECIALISTICA SULLE OPERE DI FONDAZIONE

	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO
00	LUG 2021	PRIMA EMISSIONE	GP	MS
01	MAG 2025	REVISIONE	GP	MS

SOMMARIO

1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	2
2. CARATTERISTICHE DELL'OPERA	2
3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AREA	3
4. PROGETTO DELLE FONDAZIONI	6
5. RELAZIONE GEOLOGICA DOTT. ORLANDO	14

1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Oggetto della presente è l'ampliamento del cimitero comunale del Comune di Vanzago (MI).

L'opera in progetto è strutturalmente indipendente.

È prevista una fondazione a platea di spessore 40cm con piano di imposta pari a circa -0.60m rispetto al piano di campagna, realizzata su un magrone di 10cm di spessore. È disponibile una relazione geologica riferita all'intervento alla quale potrà essere fatto riferimento per le specifiche riferite. Al termine degli scavi e prima della realizzazione del magrone sarà possibile valutare l'idoneità del terreno ovvero la rispondenza del piano di imposta con quanto riportato nella relazione geologica.

Le strutture verticali sono in pareti in cls sp. 25cm qualità faccia a vista.

La struttura orizzontale del piano primo è un solaio in calcestruzzo pieno, sp. 25cm con armatura a maglia incrociata..

La copertura è in calcestruzzo, solaio pieno sp. 25cm con armatura a maglia incrociata.

L'opera verrà completata con l'installazione di loculi prefabbricati che dovranno essere considerati come elementi non strutturali in conformità alle normative vigenti.

A completamento delle opere sono previsti dei rivestimenti che verranno fissati ad una sottostruttura in acciaio fissata alle strutture in c.a.

In relazione alle esigenze architettoniche di creare dei motivi decorativi sulle pareti in calcestruzzo sono state inserite delle armature c.d. di pelle per consentire di mantenere le sezioni resistenti previste nel progetto delle strutture e di realizzare i motivi architettonici previsti.

1.1 Protezione dal fuoco

Non è prevista una protezione dal fuoco delle strutture.

2. CARATTERISTICHE DELL'OPERA

OGGETTO: Ampliamento Cimitero Comune di Vanzago

COMUNE: Vanzago (MI)

ZONA SISMICA: Zona 4

ALTITUDINE: 161 m s.l.m.

TIPOLOGIA STRUTTURALE: A pareti in c.a. e solai in getto pieno

NORMATIVA: D.M.17/01/2018

CLASSE D'USO DELLA COSTRUZIONE; Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente.

COEFFICIENTE D'USO C_U ; 1,5

VITA NOMINALE DELL'OPERA V_N ; $V_N = 50$ anni

DESTINAZIONE D'USO: Cimitero

TIPO DI COSTRUZIONE Tipo 2 - "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA: $V_r = 75$ anni

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: C

3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AREA

Per la progettazione dell'opera in oggetto è stata condotta un'indagine geognostica e uno studio geologico dell'area in cui è prevista l'opera. La relazione è a firma del dott. geol. Antonio Roberto Orlando, titolo "Relazione Geologica-Geotecnica" per i "lavori di ampliamento del cimitero comunale di Vanzago (MI)" commissionata dal Comune di Vanzago e datata 02 gennaio 2021.

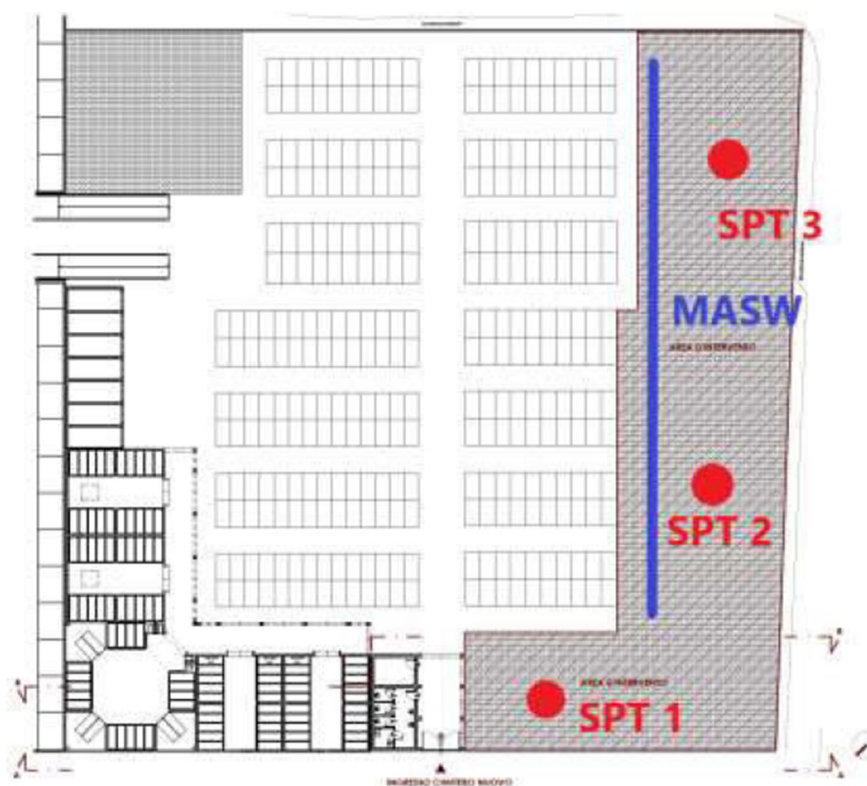
Nella relazione citata si legge:

- "L'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei terreni oggetto di studio è stato desunto dalla documentazione esistente presente nel PGT di Vanzago (MI) e dai sopralluoghi e rilievi eseguiti in sito. Per la definizione delle caratteristiche geotecniche e sismiche degli orizzonti più superficiali dei terreni, sono state eseguite specifiche indagini in sito ovvero n° **3 prove penetrometriche dinamiche SPT**, n° **1 indagine sismica MASW** per la caratterizzazione del parametro V_{s30} .

- "L'analisi della Carta di Sintesi non evidenzia per l'area oggetto di studio situazioni di criticità geologica quali aree in frana ed aree potenzialmente instabili."

- Profondità della falda -12 mt

Ubicazione delle indagini



Si riporta uno stralcio dei dati riferiti alle caratteristiche del terreno rinvenuto

MODELLO STRATIGRAFICO GEOTECNICO – PROVA SPT 1 (rappresentativa)

Profondità dello strato (m)	Densità relativa (%)	Angolo d'attrito (°)	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Poisson	Classificazione AGI
0.00-0.20	50.00	29.47	100.00	38.00	1.34	1.84	NULLA	0.35	SCIOLTO
0.20-6.30	71.30	32.45	275.99	104.68	1.54	1.96	NULLA	0.32	MODERATAMENTE ADDENSATO

Nella relazione geologica le caratteristiche geotecniche del terreno sono completate con una tabella riportante il carico limite verticale considerato e i relativi cedimenti.

Carico limite verticale

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (Kg/cm ²)	Resistenza di progetto [Rd] (Kg/cm ²)	Tensione [Ed] (Kg/cm ²)	Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Tipo rottura	Costante sottofondo (Kg/cm ³)	
A1+M1+R3	TERZAGHI (1955)	6.83	2.97	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73	
SISMA	TERZAGHI (1955)	6.40	3.55	2.13	3	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.56	
S.L.E.	TERZAGHI (1955)	6.83	6.83	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73	
S.L.D.	TERZAGHI (1955)	6.83	6.83	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73	

I valori della costante di sottofondo suggerita sono non inferiori a 2.73. Nel modello di calcolo è stato impostato un valore di sicurezza (per la valutazione dei cedimenti) di 1.73.

L'indagine sismica ha consentito di classificare il terreno in **categoria C**

Le indagini svolte escludono il rischio della liquefazione dei terreni

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (Kg/cm ²)	S'vo (Kg/cm ²)	T	R	Fs	Condizione:
1	0,20	12,00	14,363	0,720	0,720	0,019	0,168	8,72	Livello non liquefacibile
2	6,30	55,00	35,515	1,933	1,933	0,013	6,259	499,58	Livello non liquefacibile

Già in fase di redazione della relazione geologica l'ipotesi di progetto prevedeva la realizzazione di fondazioni a platea, le verifiche contenute nella relazione geologica si riferiscono a tale tipologia di fondazione.

4. PROGETTO DELLE FONDAZIONI

4.1 Verifiche lato strutture

4.1.1 Procedura verifica elementi D3

Il controllo dei risultati della progettazione e delle verifiche dei d3, sia orizzontali che verticali, viene eseguito dal software in base alle armature effettivamente disposte. Le verifiche vengono poi espresse tramite mappe cromatica.

Le verifiche sono normalizzate ad 1 quindi risultano verificate se < 1 .

Verifiche SLU

Verifica N/M: riporta il risultato della verifica a pressoflessione

Tensione da V3: riporta la mappa della tensione tangenziale. In ogni punto viene riportato il valore massimo della tensione derivante dalle azioni V13 e V23.

La tensione da V3 è calcolata a partire dall'Azione V (sollecitazione) che è espressa in daN/cm e nel caso di verifica agli SLU indica il taglio per unità di lunghezza divisa per l'altezza utile H_u . L'azione viene combinata nelle due direzioni.

Verifica V cls: riporta il valore della verifica a taglio lato calcestruzzo. La verifica è necessaria solo se tensione da V3 $> V_{Rd}$, viceversa questo risultato non è disponibile

Verifiche SLE

Tensioni calcestruzzo rare: formula 4.1.15 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1

Tensioni acciaio rare: formula 4.1.17 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1

4.1.2 Verifiche di sicurezza

Si riportano le verifiche riferite all'elemento D3 di fondazione

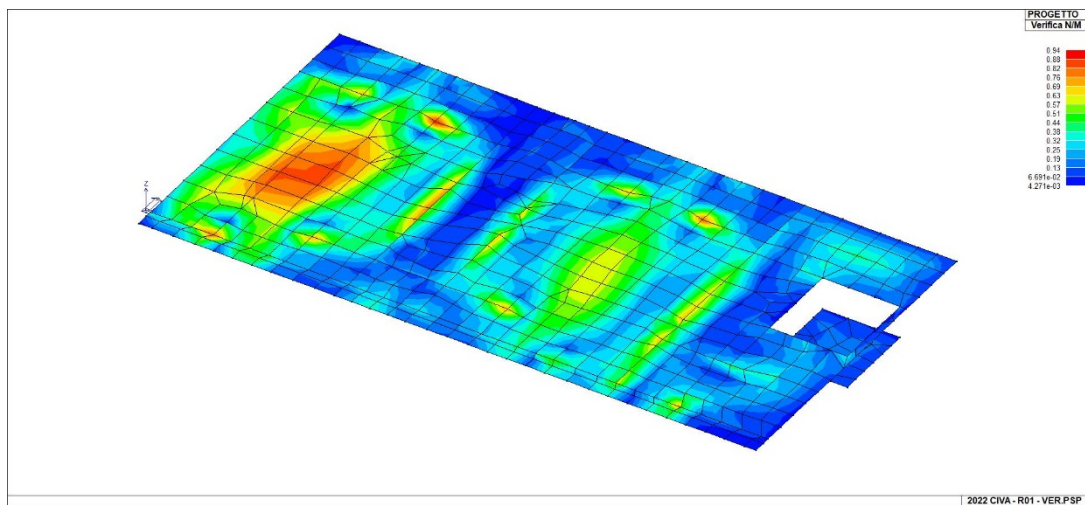


Figure 1 - Verifica N/M

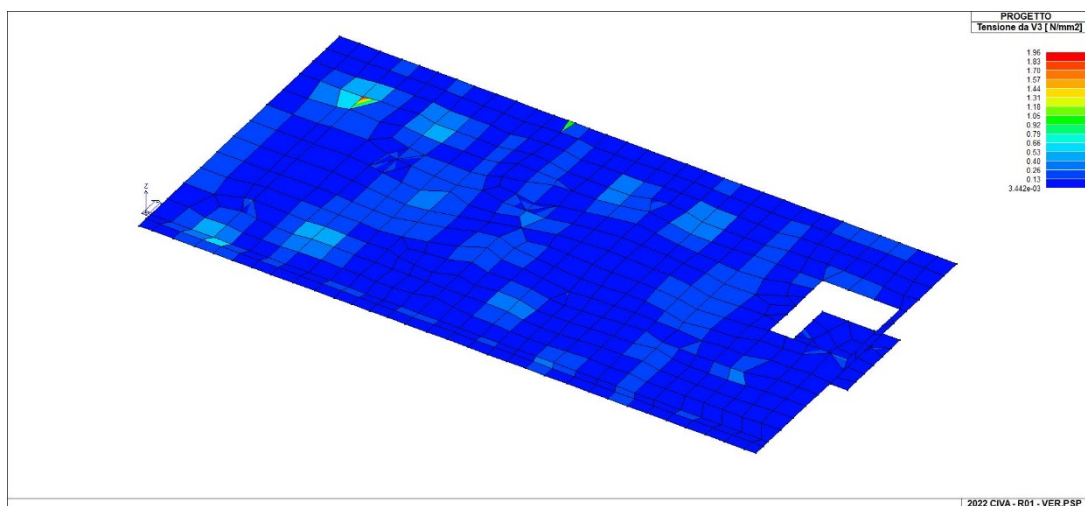


Figure 2 - Tensione da V3

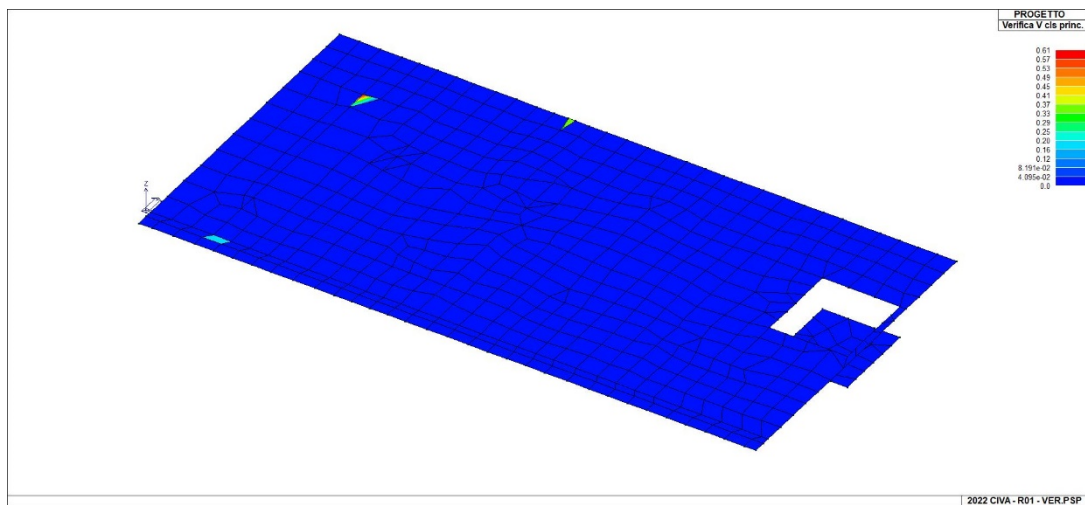


Figure 3 - Verifica Vcls principale

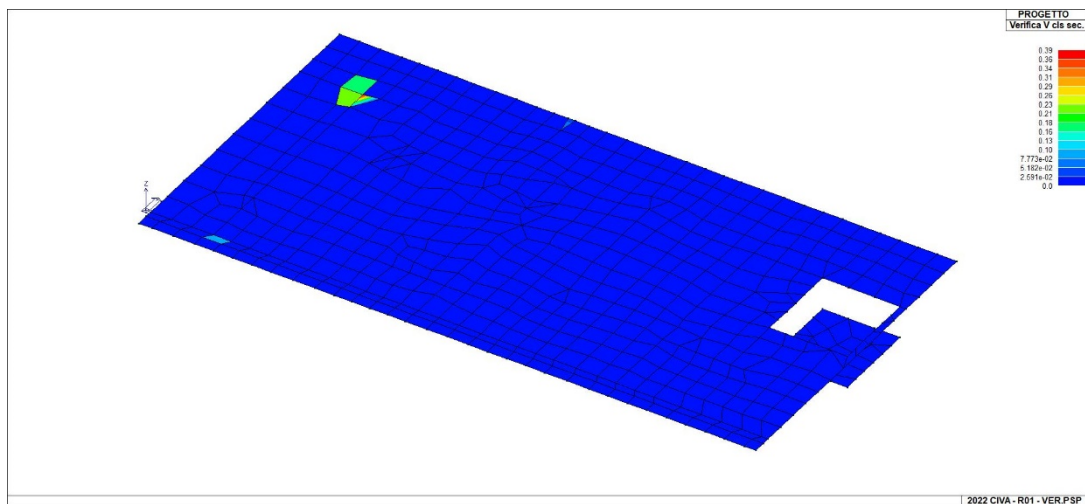


Figure 4 - Verifica Vcls secondaria

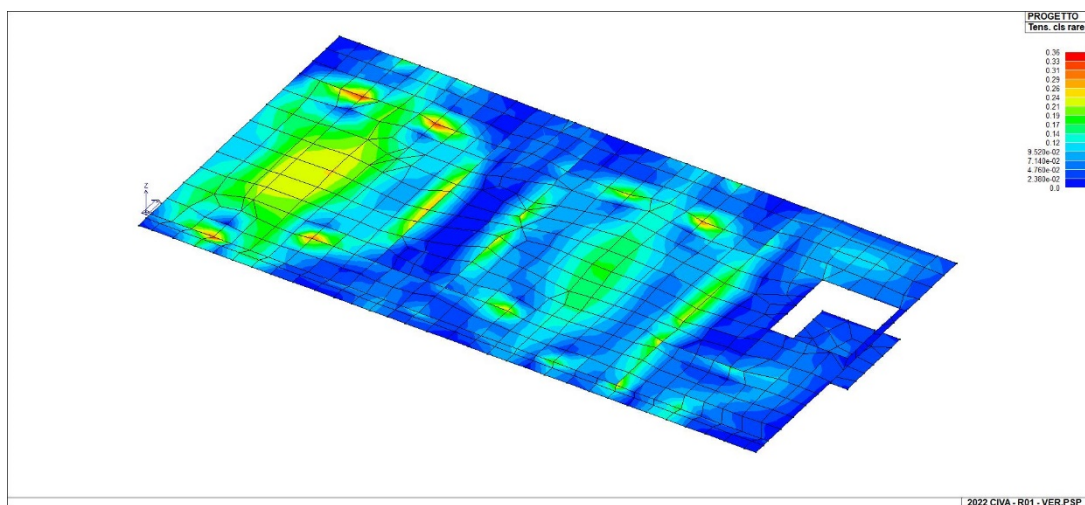


Figure 5 - Tensioni cls rare

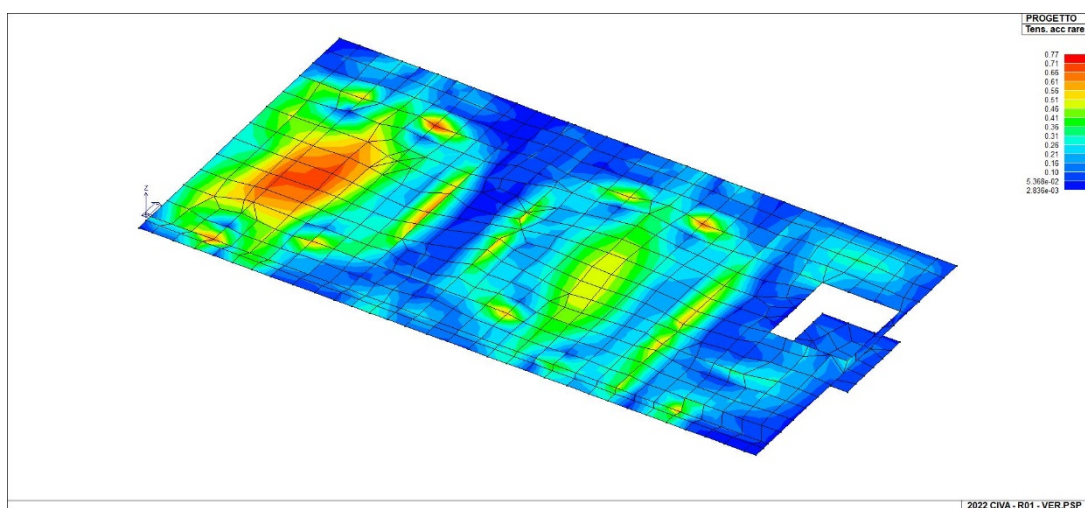


Figure 6 - Tensione Acciaio rare

4.2 Verifiche lato geotecnico

Il progetto delle opere di fondazioni è contenuto nella relazione di calcolo e nel fascicolo dei calcoli. Si riportano di seguito i risultati principali riferiti alle tensioni attese sul terreno di fondazione e sui cedimenti attesi.

Il piano di imposta delle fondazioni è previsto a quota -0.60m rispetto al p.c., collocandosi quindi sullo strato 2 individuato nella relazione geologica.

La modellazione delle fondazioni è eseguita come modello su suolo elastico alla Winkler con kw impostato, a favore di sicurezza, con un

valore pari a 1,73 kg/cm³

Si riporta la massima tensione nel terreno sotto la platea allo SLU pari a -0,10 N/mm²

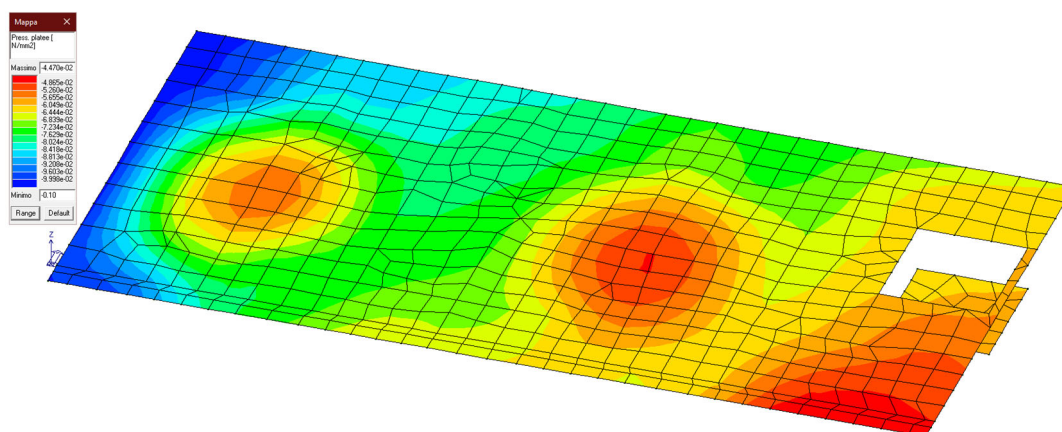


Figure 7 - massima tensione terreno SLU

La tensione è inferiore alla tensione da carico limite calcolata nella relazione geologica, di cui si riporta uno stralcio, per un fattore pari a

Fattore sicurezza = Carico limite / Valore sollecitante = 0,297 N/mm² / 0,1 N/mm² = 2,97 > 1 - Verificato

Carico limite verticale

Nome combinazi one	Autore	Carico limite [Qult] (Kg/cm²)	Resistenza di progetto [Rd] (Kg/cm²)	Tensione [Ed] (Kg/cm²)	Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Tipo rottura	Costante sottofondo (Kg/cm³)	
A1+M1+R3	TERZAG HI (1955)	6.83	2.97	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73	
SISMA	TERZAG HI (1955)	6.40	3.55	2.13	3	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.56	
S.L.E.	TERZAG HI (1955)	6.83	6.83	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73	
S.L.D.	TERZAG HI (1955)	6.83	6.83	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73	

Figure 8 - stralcio dalla relazione geotecnica

La massima tensione delle fondazioni in esercizio (SLE) è pari a 0,07 N/mm², inferiore a quella di accettabile di progetto riportata nella relazione geologica

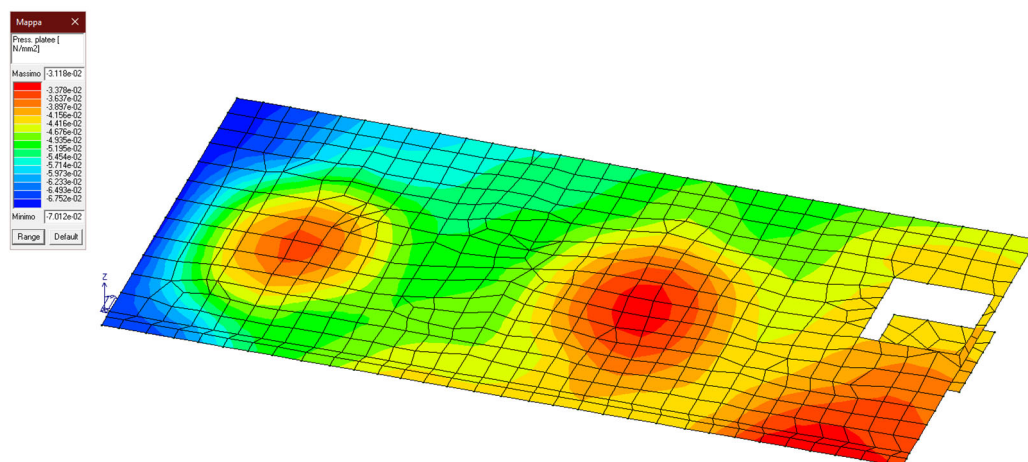
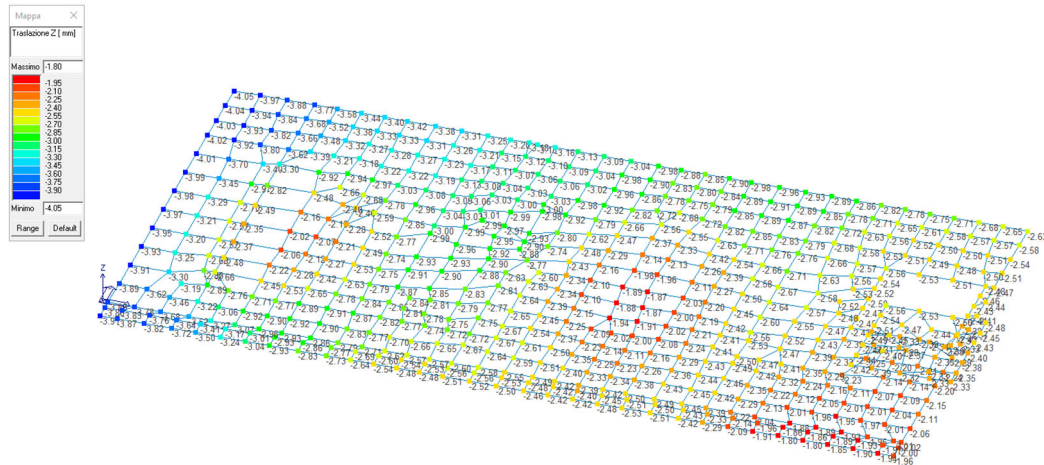


Figure 9 - massima tensione SLE

Con la modellazione su suolo elastico alla Winkler descritte sopra è possibile stimare il cedimento atteso



Il cedimento atteso varia da 4mm a 1,8mm.

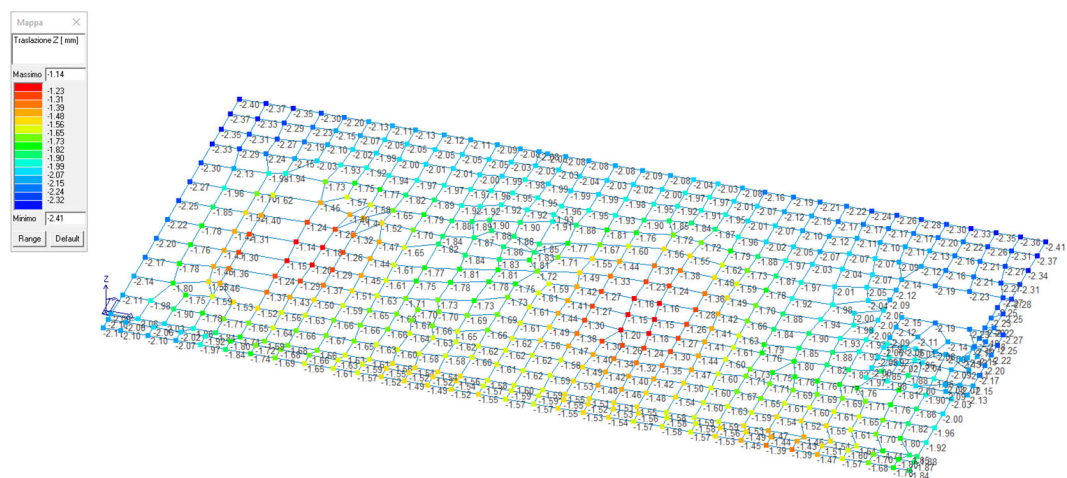
I cedimenti sono compatibili con la struttura in oggetto

4.3 Considerazioni progettuali sulle tensioni del terreno e sui cedimenti attesi

La differenza delle pressioni sul terreno è compatibile con le strutture in progetto e coerente con la distribuzione dei loculi in pianta (area loculi e area montafereetri). La modellazione ha restituito variazioni di tensione (e quindi di cedimenti teorici) che sono compatibili con le strutture in progetto.

Le verifiche eseguite sono state ottenute considerando un k cautelativo e a favore di sicurezza rispetto a quanto riportato nella relazione geologica. A favore di sicurezza non è inoltre stato considerato lo strato di bonifica sottofondale previsto a progetto. Le caratteristiche del terreno descritte nella relazione geotecnica riportano inoltre un terreno di tipo incoerente che consente di esprimere un parere favorevole riguardo ai cedimenti calcolati.

Inoltre il cedimento dovuto al solo peso proprio della struttura varia da -2,41mm a -1,14mm che conferma che la maggior parte dei cedimenti avverrà durante la fase di costruzione dell'opera e che questi sono compatibili con quanto in progetto.



5. RELAZIONE GEOLOGICA DOTT. ORLANDO

Si riporta la relazione geologica del dott. Orlando

Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando
Cell.: 380.4356854; Email: info@studiodigeologia.com

Versione: 01/12/2020

DOTT. GEOL. ANTONIO ROBERTO ORLANDO

Via Repubblica Cisalpina, 266 – 20069 Vaprio d'Adda (MI)

P.IVA: 09773550968 C.F.: RLN NNR 76L16 H7920

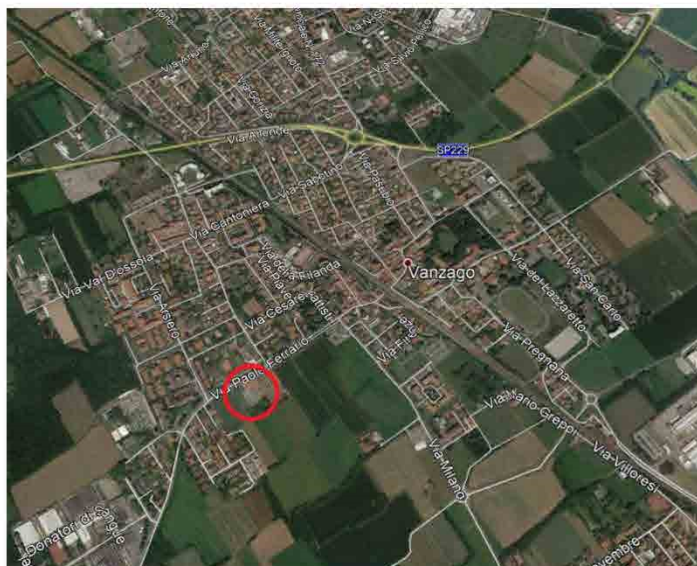
PEC: orlandoroberto@postecert.it

Ordine dei Geologi della Lombardia n°1679



**Ambiente
Geologia
Geotecnica
Sismica
Idrogeologia**

Comune di Vanzago (MI)



Relazione Geologica-Geotecnica

ai sensi del D.M. 17.01.18 (R1-R2) e della D.G.R. IX/2616 e del 30.11.2011 (R3)

Lavori di ampliamento del cimitero comunale di Vanzago (MI)

IL COMMITTENTE : Comune di Vanzago

02 Gennaio 2021

IL GEOLOGO
Dott. Antonio Roberto Orlando



Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 1 a 28

INDICE

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO	3
2. UBICAZIONE	4
3. COMPONENTE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	7
4. INDAGINE GEOTECNICA	11
5. SISMICITA' DELL'AREA E CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE	15
6. INDAGINE SISMICA	22
7. CONCLUSIONI	28

	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 2 a 28

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO

Nel seguente rapporto verranno illustrati i risultati delle indagini e degli studi di carattere geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico condotte su un terreno sito nel territorio comunale di Vanzago (MI), presso il cimitero in Via Paolo Ferrario.

Finalità degli studi e delle indagini eseguite, illustrate nel seguente documento, è definire in modo puntuale le caratteristiche dei terreni di sottotondo dell'area di intervento, a supporto dell'istanza di autorizzazione per l'intervento come da oggetto.

L'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei terreni oggetto di studio è stato desunto dalla documentazione esistente presente nel PGT di Vanzago (MI) e dai sopralluoghi e rilievi eseguiti in sito. Per la definizione delle caratteristiche geotecniche e sismiche degli orizzonti più superficiali dei terreni, sono state eseguite specifiche indagini in sito ovvero **n° 3 prove penetrometriche dinamiche SPT, n°1 indagine sismica MASW** per la caratterizzazione del parametro Vs30.

Lo studio è stato redatto in conformità ai contenuti nella Deliberazione della Giunta Regionale della Lombardia 30 novembre 2011 - n. IX/2616 aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374.

Sono state adottate, inoltre, i riferimenti normativi ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", che raccolgono in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità in modo da determinare e verificare la costituzione geologica dell'area interessata dal progetto come in oggetto;

- ✓ studiare le caratteristiche geomorfologiche, con particolare riguardo alle condizioni di stabilità dei versanti;
- ✓ definire l'assetto idrogeologico, con riguardo alla circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- ✓ indicare le caratteristiche tecniche dei terreni, con particolare interesse a quelle che più riguardano il terreno su cui poggiano le fondazioni.

A tale scopo sono state effettuate le seguenti attività:

- ✓ Rilevamento geologico di superficie per il riconoscimento dei litotipi affioranti, loro identificazione e la definizione dei reciproci rapporti stratigrafici;
- ✓ Rilevamento geomorfologico per l'individuazione dell'eventuale presenza di aree caratterizzate da precaria stabilità, di frane attive e/o incipienti e/o di zone a rischio esondazione e/o liquefazione.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di sedime sono state prese in considerazione i dati presenti in letteratura, inoltre è stato, investigato il terreno con indagini per poter determinare i parametri geotecnici e sismici dell'area oggetto di studio, come riportato negli allegati.

Ritenuto i dati acquisiti più che sufficienti per gli scopi del presente lavoro è stata redatta la relazione geologica, corredata da:

- ✓ Corografia; All. 1
- ✓ Carta della Fattibilità Geologica; All. 2
- ✓ Carta dei Vincoli Idrogeologici; All. 3
- ✓ Carta della Pericolosità Sismica; All. 4
- ✓ Carta Geolitologica; All. 5
- ✓ Carta Idrogeologica; All. 6
- ✓ Ubicazione delle indagini; All. 10

	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 3 a 28

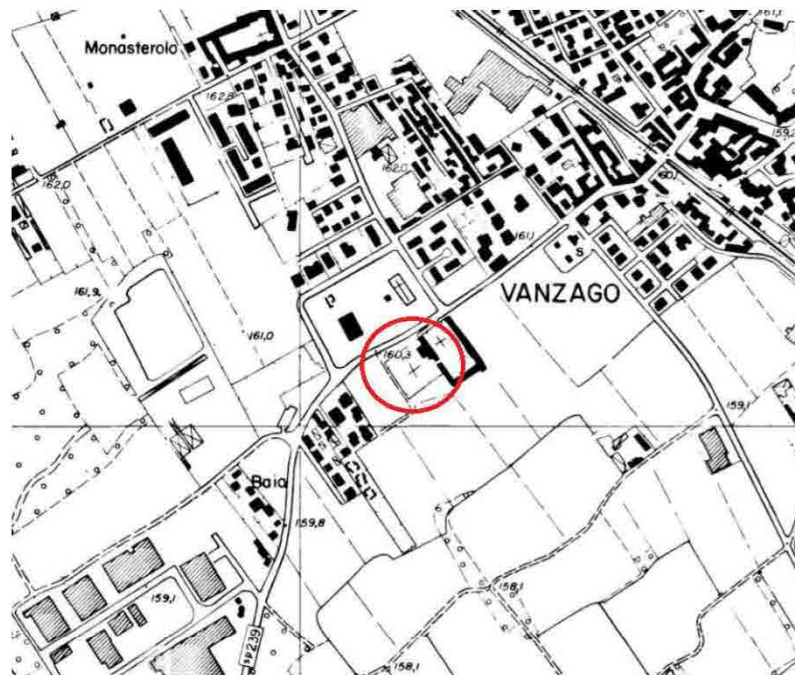
2. UBICAZIONE

In riferimento alla cartografia catastale l'area oggetto d'interesse risulta identificata sulla CTR della Lombardia in scala 1:10.000, ai Fogli A6E1 di Parabiago (MI) e censita al foglio ed ai mappali presso Ufficio Provinciale di Milano – Territorio Servizi Catastali.

Utilizzando il sistema GPS si è rilevato che l'area su cui si dovrà effettuare l'intervento si attesta ad una quota altimetrica media di circa 160 metri s.l.m. e le coordinate geografiche medie sono le seguenti:

Latitudine Nord 45°31'03.06"N

Longitudine Est 9°09'39.86"E



ALL. 1 – Corografia

Secondo la normativa regionale (L.R. 12/05) il territorio comunale di Vanzago (MI) è sottoposto ad azzonamento in base alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, morfologiche e geotecniche, le quali permettono di determinare la classe di fattibilità geologica e di cui lo stralcio della relativa carta viene qui di seguito riportata.

Nel dettaglio l'area di nostro interesse rientra nell'ambito della classe di **fattibilità geologica 2** (Fattibilità con modeste limitazioni). Le aree che rientrano in questa classe hanno morfologia pianeggiante e sono litologicamente costituite da depositi di natura sabbioso-ghiaiosa, con percentuali variabili di matrice limosa o limoso sabbiosa. La natura della limitazione consiste nell'alta vulnerabilità dell'acquifero superficiale di queste aree (Allegato 2).

Secondo quanto stabilito con D.G.R. n. 2129 del 11 luglio 2014 il territorio comunale di Vanzago (MI) appartiene alla **zona sismica 4**, con **PSL Z4a** – Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi (Allegato 4).

In tali aree, nel caso di progetti di opere classificate come strategiche o rilevanti, secondo il D.d.u.o n. 19904/03 della Regione Lombardia, analizzati gli aspetti derivanti dalla pericolosità sismica locale si dovrà

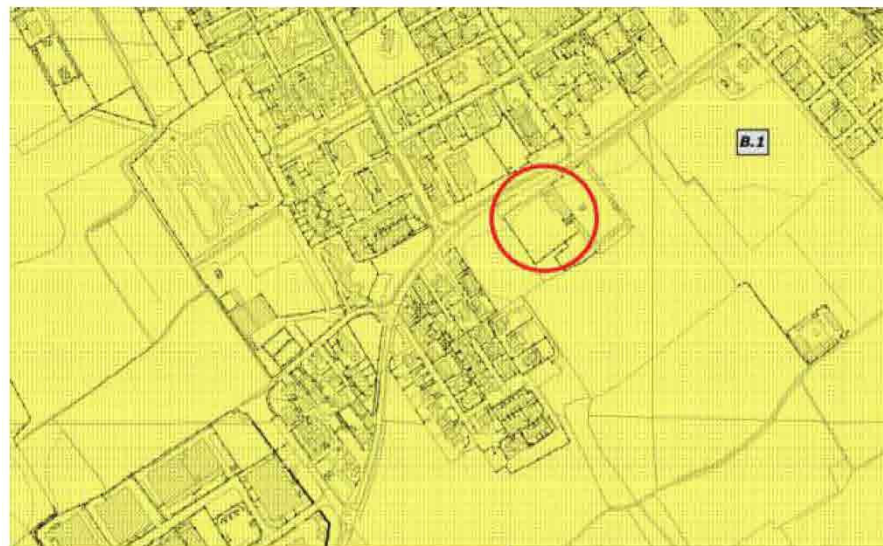
Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 4 a 28

passare a successivi livelli di approfondimento, in conformità alle vigenti disposizioni nazionali (D.M. 17.01.2018) e regionali (allegato 5 della D.G.R. n. 9/2616 del 2011), che prevedono:

a) analisi sismica di 2° livello (fase pianificatoria) per caratterizzare in modo semiquantitativo gli effetti di amplificazione sismica attesi, verificando se in tali aree la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici locali; la valutazione va effettuata confrontando il valore di Fa ottenuto dalle Schede di valutazione con i valori soglia St e Ss previsti dalle NTC18;

b) analisi sismica di 3° livello (fase progettuale) per caratterizzare in modo quantitativo gli effetti di amplificazione sismica attesi, quando per le aree indagate con il 2° livello il fattore di amplificazione Fa calcolato supera il valore soglia corrispondente.

L'analisi della Carta di Sintesi non evidenzia per l'area oggetto di studio situazioni di criticità geologica quali aree in frana ed aree potenzialmente instabili.




 **Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**

B.1 - Aree ad alta vulnerabilità dell'acquifero superficiale


Fasce fluviali (PAI)

 Limite di progetto tra la fascia B e la Fascia C

 Limite esterno della Fascia C

Pericolosità sismica locale

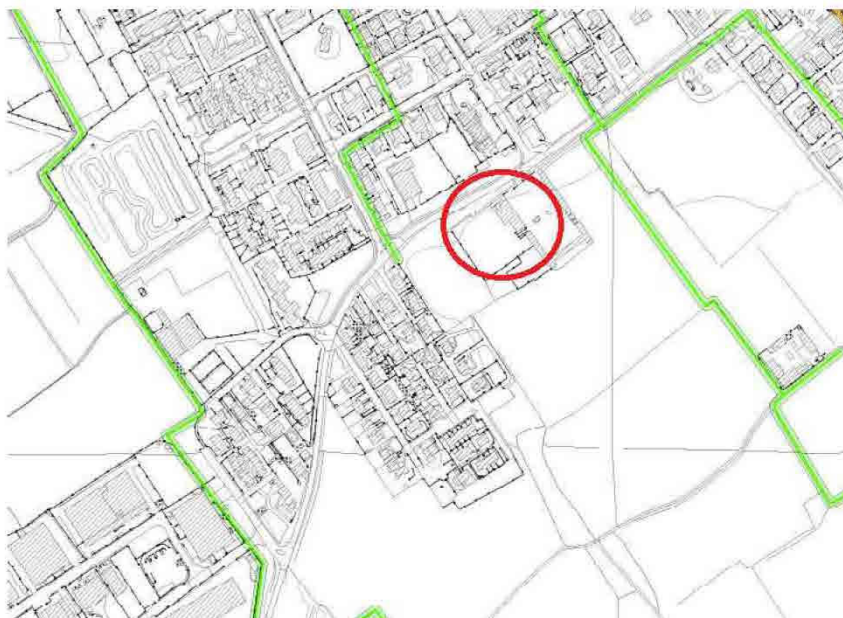
Effetti di amplificazione litologica e geometrica

 Z4a - Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali





ALL. 2 – Carta della Fattibilità Geologica e della pericolosità sismica

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 5 a 28


Versione: 01/12/2020





Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino

-  Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C
-  Limite di Fascia C
-  Fascia A - Fascia di deflusso della piena art. 29, 38, 38bis, 38ter, 39 e 41 N.d.A. PAI
-  Fascia C - Area di inondazione per piena catastrofica art. 31 N.d.A. PAI

Vincoli di polizia idraulica

-  Reticolo idrico principale
-  Fascia di rispetto del reticolo idrico principale (m 10,0) R.D. n. 523/1904
-  Reticolo idrico consortile - Canali secondari
-  Fascia di rispetto del reticolo idrico consortile, canali secondari (m 6,0) D.G.R. 6 aprile 2011 n. IX/1542
-  Reticolo idrico consortile - Canali terziari
-  Fascia di rispetto del reticolo idrico consortile, canali terziari (m 5,0) D.G.R. 6 aprile 2011 n. IX/1542

Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

-  Area di tutela assoluta art. 94 comma 3 D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.
-  Area di rispetto art. 94 comma 4 D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

ALL. 3 – Carta dei Vincoli

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 6 a 28

3. COMPONENTE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

Il comune di Vanzago si inserisce nel quadro stratigrafico ed evolutivo del bacino sedimentario terziario della Pianura Padana costituito, a partire dal basso stratigrafico, da:

- depositi torbiditici e di mare profondo sciolti o cementati di età Pliocenica;
- sedimenti di origine transizionale (litorali e deltizi) di età Pliocene sup. – Pleistocene Inf.;
- depositi continentali di piana fluvio-glaciale e/o fluviale (Pleistocene medio- Olocene).

L'attuale Pianura Padana è il risultato del colmamento di sedimenti di un bacino sedimentario compreso tra le falde sudvergenti delle Alpi meridionali e le strutture a thrust nordvergenti dell'Appennino settentrionale.

Nel corso dell'Oligocene una forte subsidenza del bacino sedimentario, unita alla fase di orogenesi delle catene Alpine e Appenniniche, favorì la deposizione di notevoli spessori di sedimenti di origine marina. Dal Messiniano importanti variazioni climatiche e movimenti tettonici su vasta scala determinarono in tutto il bacino Mediterraneo un abbassamento del livello medio del mare che favorì l'emersione di vaste porzioni di territorio interessate successivamente da fenomeni di erosione fluviale che produssero l'incisione delle valli principali e dei maggiori laghi prealpini. Nel corso del Pliocene e parte del Quaternario continuò la sedimentazione in ambiente marino mentre l'attività tettonica dei sovrascorimenti appenninici produsse una riduzione della subsidenza del bacino Padano portando alla coalescenza delle delta-conoidi alpine a nord con quelli appenninici a Sud che colmarono definitivamente il bacino marino. Durante il Quaternario medio-superiore il bacino era ormai in condizioni di sedimentazione continentale; da questo momento in poi l'evoluzione geologica e geomorfologia della pianura padana fu condizionata prevalentemente dalle condizioni climatiche che, con l'alternanza di periodi glaciali e interglaciali, hanno determinato la deposizione ed erosione di estese piane fluviali e fluvio-glaciali.

Nel settore di contatto con i rilievi ("bordo di pianura") sono presenti superfici terrazzate più elevate ("terrazzi antichi") rispetto alla quota media di pianura interna (Marchetti, 2001); queste superfici, talvolta isolate nella pianura ("pianalti"), sono spesso ricoperte da loess la cui alterazione pedogenetica ha dato origine a suoli argillosi rubefatti spessi alcuni metri, caratterizzati da illuviazione di argilla e deposizione di ossidi Fe-Mn (suoli a "ferretto"). Le superfici terrazzate sono interpretate come relitti di antiche piane fluviali e fluvio-glaciali, incise e deposte a più riprese durante le fasi erosive in periodi interglaciali.

Nel corso dell'ultima deglaciazione, avvenuta nell'Olocene, il Po e i suoi affluenti alpini hanno inciso, più o meno profondamente, la piana fluvio-glaciale e fluviale deposta nel corso dell'Ultimo Massimo Glaciale; la superficie di tale piana è definita, con criterio fisiografico, "Livello Fondamentale della Pianura". Sulla superficie del Livello Fondamentale, è possibile individuare abbondanti tracce di idrografia abbandonata (paleovalle), legate a corsi d'acqua in passato caratterizzati da portate molto maggiori rispetto agli attuali o a corsi d'acqua secondari attivi fino all'Olocene e caratterizzati da bacini idrografici di piccole dimensioni e spesso non più riconoscibili (Marchetti, 2001). Dall'Olocene fino ai giorni nostri l'azione di erosione e sedimentazione fluviale è stata quindi progressivamente confinata alle "Valli Attuali", ovvero alle aree ribassate rispetto al livello fondamentale nelle quali si sono verificate diverse fasi di erosione e sedimentazione che hanno portato alla formazione di elementi geomorfologici facilmente distinguibili quali terrazzi, lanche, paleovalle, dossi fluviali.

La suddivisione delle diverse unità geologico-litologiche cartografate è stata operata principalmente sulla base di elementi morfologici caratteristici, quali orli di terrazzo e/o contropendenze. Questo a causa della frammentarietà dei corpi sedimentari in aree di pianura e di estese coperture eluvio-colluviali, che si manifesta con un esiguo numero di affioramenti naturali. Per una migliore descrizione delle caratteristiche fitologiche di tali unità, ci si è basati anche su studi svolti in aree limitrofe, dove le differenti fitologie sono state meglio osservate e descritte. Trovandosi in un territorio interessato da depositi superficiali quaternari e morfologie legate all'azione fluviale e fluvio-glaciale, sono state utilizzate le Unità Allostratigrafiche, la cui denominazione è stata ricavata dalla letteratura scientifica esistente. Per Unità Allostratigrafica s'intende un "corpo di rocce sedimentarie cartografabile, definito ed identificato sulla base di discontinuità che lo delimitano". Le discontinuità sono spesso associabili alla superficie topografica attuale o a profili di alterazione dei depositi. Di seguito vengono quindi riportate le diverse Unità geologiche presenti nel territorio comunale, coadiuvate da una specifica caratterizzazione litologica, dalla più antica alla più recente:

-Unità di Rovellasca

-Unità Postglaciale

Unità di Rovellasca

L'unità occupa la maggior parte del territorio comunale ad esclusione dell'estremità Nord-orientale corrispondente alla valle del Fiume Olona. Si tratta di depositi fluvio-glaciali costituiti dal punto di vista litologico da ghiaie a supporto clastico, a supporto di matrice sabbiosa e sabbioso limosa e da ghiaie da massive a grossolanamente stratificate. I clasti sono arrotondati o sub arrotondati, di dimensione media da 1 a 5 cm,

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 7 a 28

massima fino a c.ca 20 cm. La composizione petrografica dei clasti vede prevalere le rocce metamorfiche, i porfidi e le vulcaniti, con quantità subordinate di rocce terrigene, quarzo e selci. Se rocce carbonatiche sono pressoché assenti. Questa composizione indica un'alimentazione da parte del bacino del Fiume Olona. La superficie limite superiore, coincidente in parte con la superficie topografica, in parte con una superficie erosionale su cui poggiano, lungo il fiume Olona, i depositi fluviali dell'Unità Postglaciale, è caratterizzata da suoli con spessore medio di C.ca m 1,5; localmente è possibile la presenza di suoli sepolti. La copertura Loessica è per lo più assente. Il limite inferiore è una superficie debolmente erosionale.

Unità postglaciale

L'unità comprende tutti i sedimenti depositi a partire dall'ultima deglaciazione fino all'attuale. Si tratta dei depositi alluvionali antichi e recenti del Fiume Olona ('alluvium antico' e 'alluvium recente' p.p.), costituiti prevalentemente da ghiaie a matrice sabbioso limosa (debolmente argillosa in superficie), da sabbie ghiaiose (depositi fluviali) e da sabbie e limi (depositi di esondazione). La petrografia dei clasti è dominata da rocce endogeno-metamorfiche, porfidi rosa e vulcaniti. Il limite superiore coincide sempre con la superficie topografica, ed è da suoli poco evoluti, di spessore generalmente inferiore al metro. Il limite inferiore è di tipo erosionale che incide la sottostante Unità di Rovellasca.



ALL. 4 – Carta Litologica

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 8 a 28

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Classi di permeabilità dei depositi che costituiscono le strutture idrogeologiche riconosciute

Le classi di permeabilità sono state definite su base bibliografica:

- Unità a: terreni a permeabilità alta. In questa unità ricadono i depositi grossolani di versante.
- Unità b: terreni a permeabilità media alta. In questa classe rientrano i depositi fluvioglaciali medio-grossolani.
- Unità c: terreni a permeabilità media. In questa unità rientrano i depositi glaciali.
- Unità d: terreni a permeabilità media bassa. Ricadono in questa unità i depositi fluvioglaciali fini.
- Unità e: terreni a permeabilità bassa – molto bassa. In questa unità ricadono i depositi alluvionali-lacustri fini.
- Unità f: rocce a permeabilità molto bassa. In questa classe ricadono le formazioni lapidee del substrato roccioso.

A seguito dell'applicazione della stratigrafia sequenziale allo studio dei depositi alluvionali ("Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia", Regione Lombardia ed ENI divisione AGIP, 2002) le unità stratigrafiche precedentemente enunciate sono state riclassificate. In questo lavoro si introduce un nuovo concetto di Unità Idrostratigrafica Sequenziale (UIS) che definisce una particolare sottoclasse di Unità Idrostratigrafica che presenta le seguenti caratteristiche:

- è costituita da una o più Sequenze Deposizionali;
- è comprensiva di un livello geologico basale, scarsamente permeabile (acquitardo) o impermeabile (acquicludo), arealmente continuo (la continuità areale va intesa in senso geologico e non letterale).

La nuova classificazione prevede la suddivisione dall'alto stratigrafico nei seguenti gruppi acquiferi:

Gruppo Acquifero A (Olocene-Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'unità ghiaiososabbiosa;

Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'insieme delle unità sabbiosoghiaiosa e a conglomerati e arenarie;

Gruppo Acquifero C (Pleistocene Inf.-Pleistocene Medio); corrispondente alla parte superiore dell'unità sabbioso-argillosa;

Gruppo Acquifero D (Pleistocene Inf.); corrispondente alla restante parte dell'unità sabbiosoargillosa

Nell'area della media pianura Milanese, si distinguono almeno tre "unità idrogeologiche", distinte in funzione della loro omogeneità litologica, che dall'alto al basso risultano costituite da:

1. unità "ghiaioso-sabbiosa"
2. unità "ghiaioso-sabbioso-limoso"
3. unità "sabbioso-argillosa"

Unità ghiaioso-sabbiosa

È costituita dai sedimenti fluvioglaciali del Pleistocene sup. (Würm autoctono), litologicamente caratterizzati da ghiaie e sabbie in matrice limosa, intercalati a livelli discontinui e poco potenti di argilla. Queste unità costituiscono l'acquifero della falda freatica superficiale e raggiunge nell'ambito di interesse i 45 - 50 m di profondità (quote di m 105 - 110 s.l.m.), che nel settore occidentale (Pozzo Ferrario) si spingono fino a raggiungere i 70 - 80 m di profondità (m 75 - 85 s.l.m.).

Unità ghiaioso-sabbioso-limoso

È sede di una falda semiconfinata ed è separata dal precedente acquifero da uno strato più o meno continuo di argilla dallo spessore variabile da qualche metro fino a 5-6 metri massimo. Questa unità è costituita dai sedimenti fluvioglaciali del Pleistocene medio (Riss- Mindel autoctono) che in profondità vengono sostituiti, in modo non sempre continuo, specialmente nel settore in esame, dall'unità a "conglomerati e arenarie basali" (Ceppo autoctono). Normalmente questa successione raggiunge i 110 - 120 m di profondità (fino a 140 nel settore occidentale) e, unitamente all'unità idrogeologica precedente costituisce quello che viene definito "acquifero tradizionale" composto appunto da due falde, una libera più superficiale ed una semi confinata. I rapporti tra le due falde dipendono dalla presenza di un livello argilloso di spessore variabile e talvolta discontinuo. Idraulicamente quindi l'"acquifero tradizionale" è un sistema monostrato multi falda, a causa degli scambi idrici legati ai fenomeni di drenanza tra le due falde.

Unità sabbioso-argillosa

La terza unità idrogeologica, generalmente riscontrabile oltre i 120 m di profondità (40 m s.l.m.) è caratterizzata da facies di origine sia continentale e di transizione (unità sabbioso-argillosa) che marine (unità argillosa) del Pleistocene inferiore e Calabrian. Questi sedimenti ospitano la falda più profonda, idraulicamente separata dall'"acquifero tradizionale".

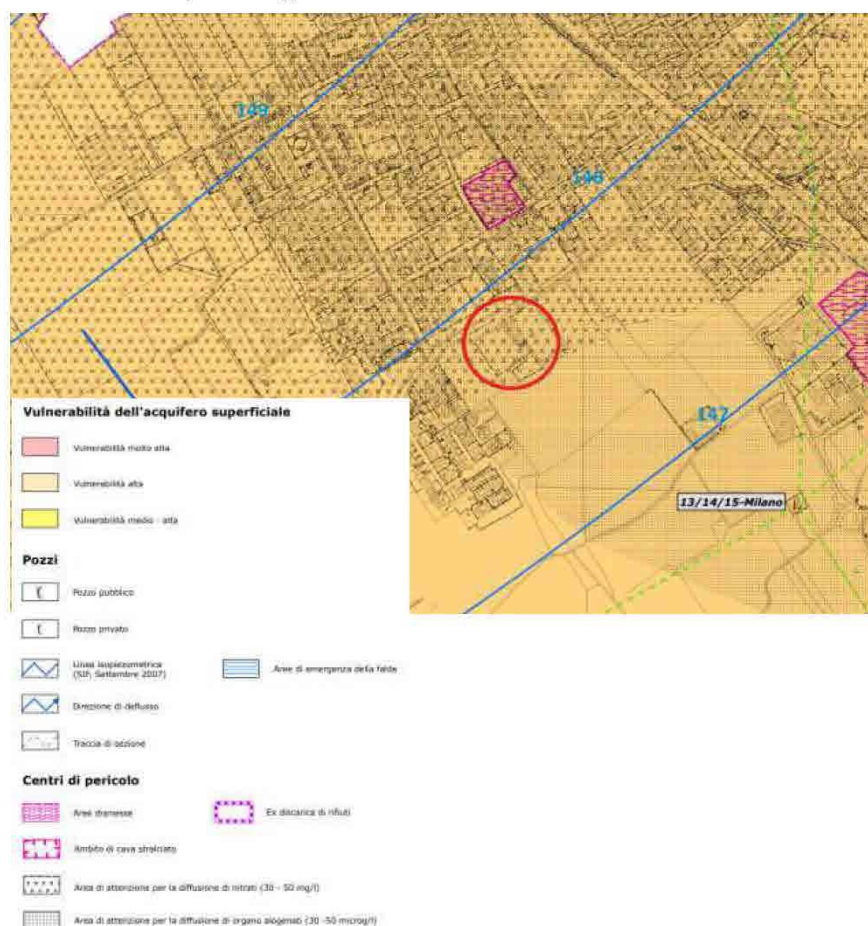
Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 9 a 28

Versione: 01/12/2020

L'acquifero tradizionale è caratterizzato da una buona omogeneità litologica. Altra caratteristica litologica è determinata dalla presenza di lenti e livelli argillosi a volte anche abbastanza potenti (spessori fino a 10 m) ma per lo più discontinui: la loro estensione areale infatti difficilmente supera il chilometro quadrato.

Piezometria

L'andamento principale di deflusso della falda freatica è orientato NO-SE, con un gradiente idraulico medio tra e 0,4% con quote variabili tra c.ca m 144 e 151 s.l.m. La soggiacenza dei livelli piezometrico varia da un minimo di c.ca 5 m in corrispondenza del settore meridionale del territorio comunale, ad un massimo di circa 13 m nel settore settentrionale al confine con Comune di Pogliano. La forma disegnata dalle linee isopiezometriche risulta piuttosto regolare; solo analizzando il contesto a scala provinciale si può intuire la presenza di una asse di drenaggio in corrispondenza della Valle Olona, legato, più che alla presenza dell'attuale corso d'acqua, alla maggiore permeabilità dei depositi dovuta alla presenza di paleovalvei sepolti.



Profondità della falda -12 mt

ALL. 5 Carta Idrogeologica dell'area ed ubicazione della prova di permeabilità

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 10 a 28

4. INDAGINE GEOTECNICA PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

Al fine di approfondire le conoscenze geotecniche del sito oggetto di futura edificazione e per definire una caratterizzazione geotecnica dello stesso, anche in considerazione dei carichi a cui esso sarà sottoposto in seguito alla nuova edificazione in progetto, è stata disposta l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche rappresentata da n. 3 Prove Penetrometriche Dinamiche SPT eseguite a partire dal piano campagna e spinte fino alla profondità massima di 11,40 mt. In fase di esecuzione carotaggio continuo sono state effettuate delle prove SPT in foro a varie profondità specificato in seguito.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi misurando il numero di colpi N necessari ad infiggere l'asta sul terreno di 30 cm. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona. Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
 - altezza libera caduta H;
 - punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
 - avanzamento (penetrazione) δ ;
 - presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).
- Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (light)	$M < 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante	DPSH	$M \geq 60$	25

Le prove penetrometriche dinamiche SCPT (Standard Penetration Test) sono state eseguite con penetrometro dinamico SUPER PESANTE DPSH DEEP DRILL, le cui caratteristiche sono:

CARATTERISTICHE TECNICHE :	DPSH SG63M DEEP DRILL (60°)
PESO MASSA BATTENTE	M=63.50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H=0.75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms= kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D= 35.60 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A=20.40cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La=0.90 mt
PESO ASTE PER METRO	Ma = 5.50 kg
PROF. GIUNZIONE 1-ASTA	P1=0.30mt
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.1\text{mt}$
NUMERO DI COLPI PUNTA	N=N(30) => Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	$Q=(MH)/(A \delta)=6,00\text{kg/cm}^2(\text{prova SPT: } Q_{\text{spt}} = 7.83 \text{ kg/cm}^2)$
COEF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t=Q/Q_{\text{spt}} = 0,383 \quad (\text{teoricamente : } N_{\text{spt}} = \beta_t N)$

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 11 a 28

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

Dove:

$$\beta_i = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandese

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- Rpd resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo (1/N).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

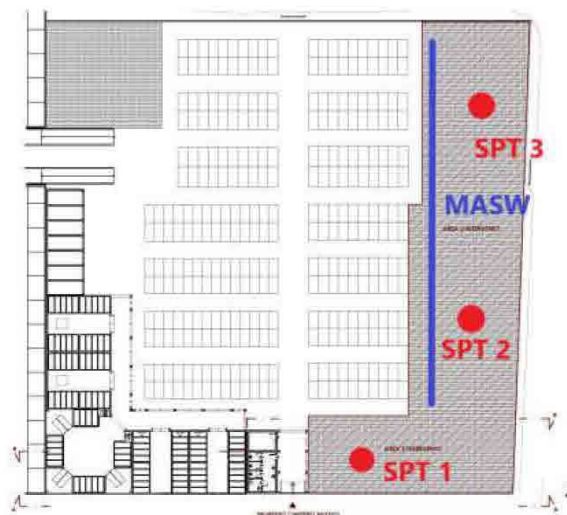
Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 12 a 28



ALL. 9 – Ubicazione delle indagini



Prova Penetrometrica Dinamica SPT3

SPT

N. PROVA	PROFONDITÀ IN MT DA PIANO CAMPAGNA
SPT 1	6,30
SPT 2	6,60
SPT 3	6,30

Le caratteristiche geologiche dei terreni indagati sono state desunte sulla base delle prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test) eseguite e sulle prove SPT in foro eseguite. In **allegato 10** della presente relazione si allegano i diagrammi della **prove penetrometriche SPT** e le **interpretazioni stratigrafiche**.

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 13 a 28

Il modello geotecnico di riferimento evidenzia un terreno a comportamento prevalentemente incoerente, con discrete capacità portante nei primi metri, in aumento con la profondità. Tale modello andrà, a cura della DL, attentamente valutato e verificato in fase di esecuzione degli scavi. In ogni caso si raccomanda alla DL la massima attenzione in fase di scavo, dal punto di vista presenza di cavità o parti di suolo visibilmente scadenti al di sotto del piano di posa delle fondazioni. Qualora siano presenti tali condizioni andranno adeguatamente bonificate ed in casi estremi andranno valutate differenti tipologie di fondazioni.

MODELLO STRATIGRAFICO GEOTECNICO – PROVA SPT 1 (rappresentativa)

Profondità dello strato (m)	Densità relativa (%)	Angolo d'attrito (°)	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Poisson	Classificazione AGI
0.00-0.20	50.00	29.47	100.00	38.00	1.34	1.84	NULLA	0.35	SCIOLTO
0.20-6.30	71.30	32.45	275.99	104.68	1.54	1.96	NULLA	0.32	MODERATAMENTE ADDENSATO

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 14 a 28

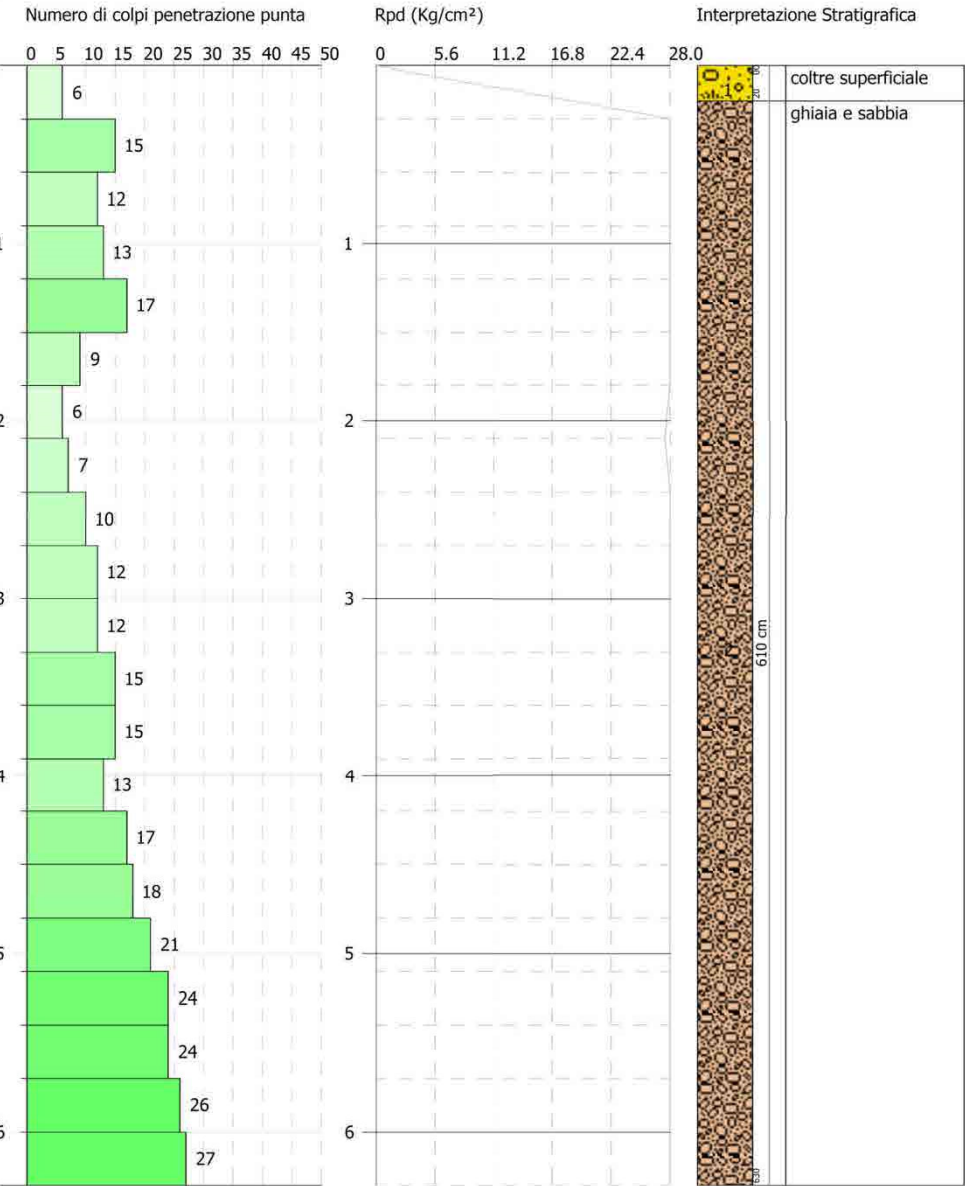
Dott. Geologo Roberto Orlando
Via Repubblica Cisalpina 266 - Vaprio d'Adda (MI)
Cell. 380.4356854
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT 1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Vanzago
Descrizione: Ampliamento
Località: Area cimiteriale

18-12-2020

Scala 1:31



ALL. 7

STRATIGRAFIA

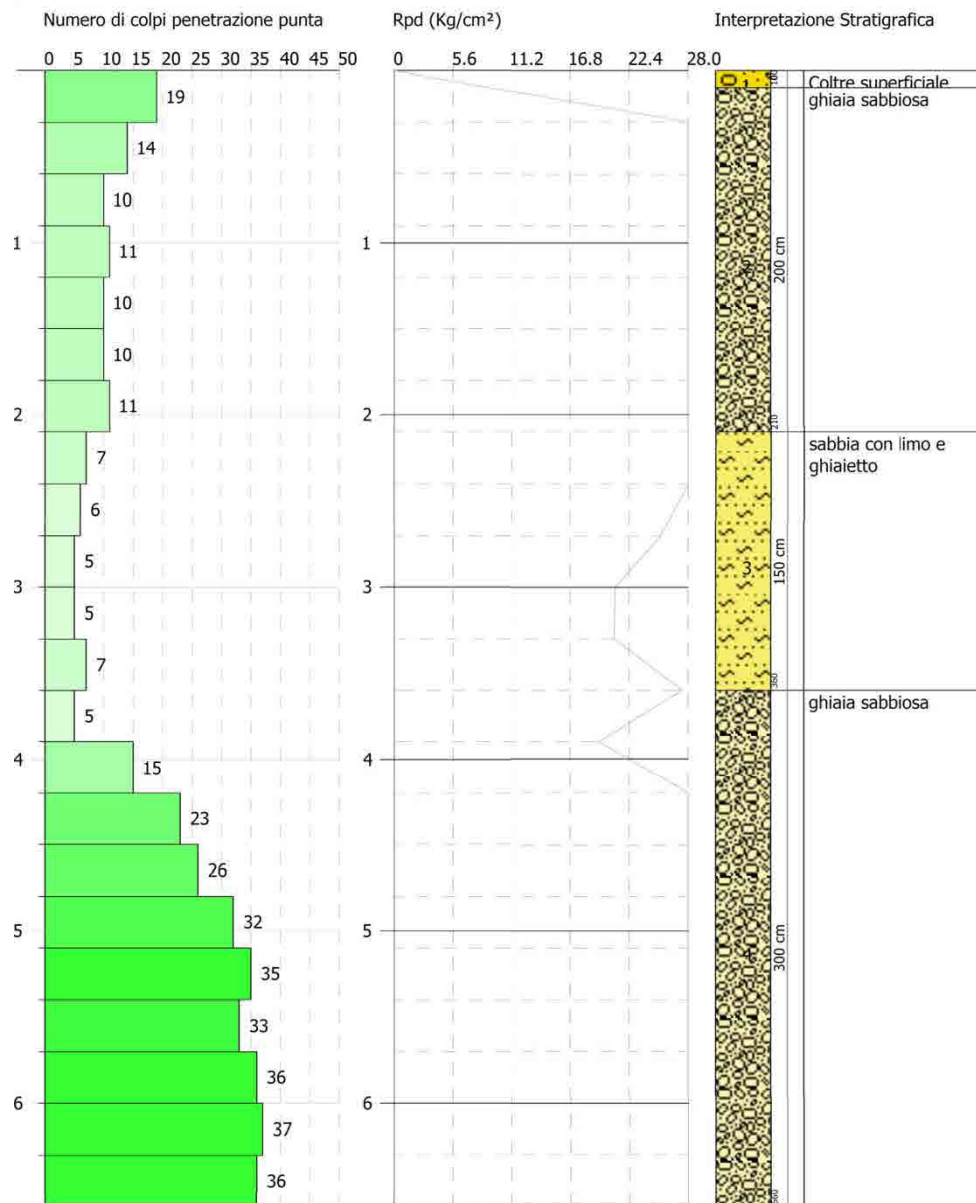
Dott. Geologo Roberto Orlando
Via Repubblica Cisalpina 266 - Vaprio d'Adda (MI)
Cell. 380.4356854
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT 2
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Vanzago
Descrizione: Ampliamento
Località: Area cimiteriale

18-12-2020

Scala 1:32



ALL. 7

STRATIGRAFIA

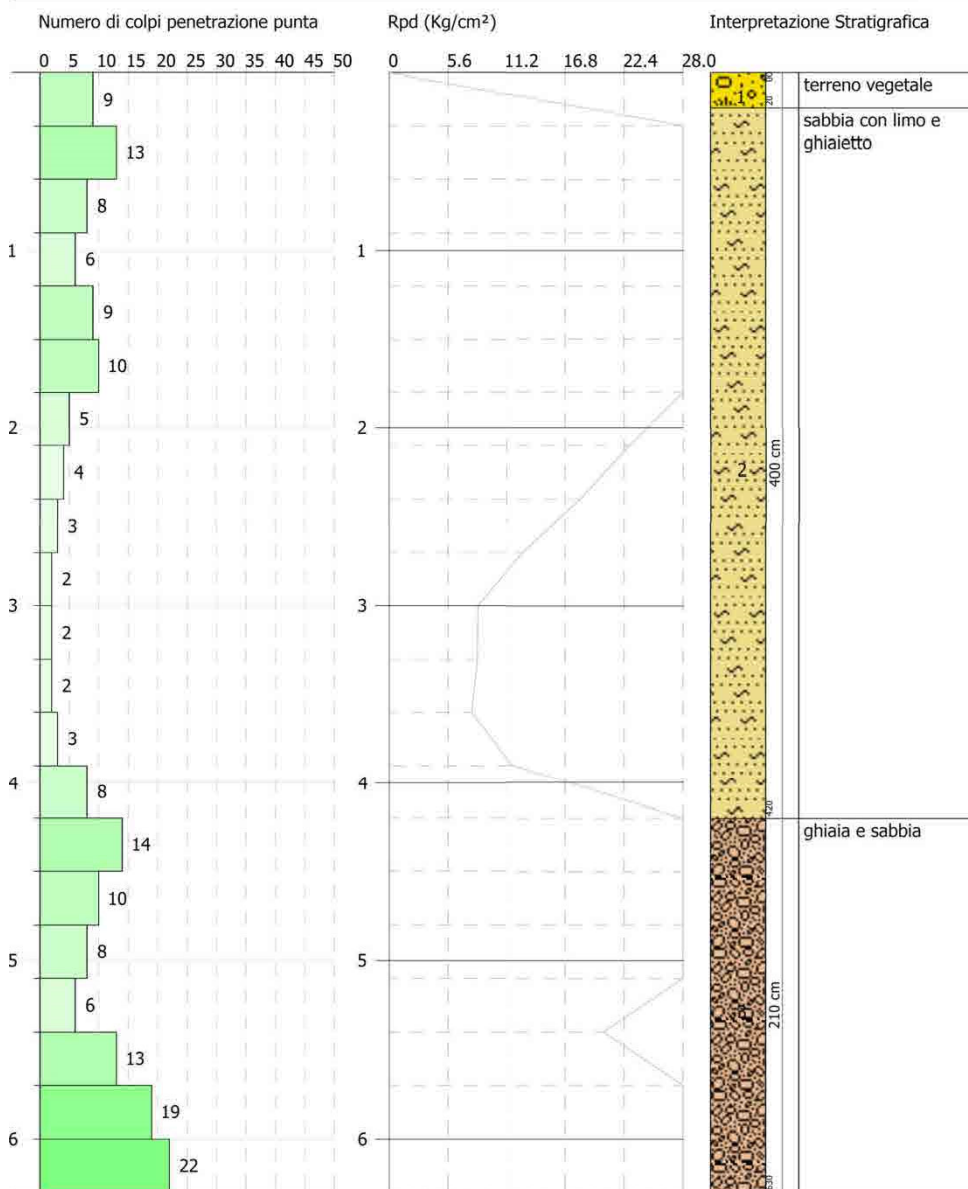
Dott. Geologo Roberto Orlando
Via Repubblica Cisalpina 266 - Vaprio d'Adda (MI)
Cell. 380.4356854
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT 3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Vanzago
Descrizione: Ampliamento
Località: Area cimiteriale

18-12-2020

Scala 1:31



ALL. 7

STRATIGRAFIA

5. SISMICITA' DELL'AREA E CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

AZIONE SISMICA DI PROGETTO

La normativa vigente (D.M. 17 Gennaio 2018) implica l'individuazione del sito di studio all'interno di un reticolo formato da 4 punti distanti tra loro non più di 4 Km. L'individuazione del reticolo di riferimento risulta indispensabile per la determinazione dei valori di accelerazione sismica (a_g) attesa sul sito e per l'individuazione di tutti gli altri parametri necessari alla verifica degli stati limite in azione sismica. Si individuano quindi i parametri intrinseci del sito:

- Coordinate Geografiche del sito (Latitudine, Longitudine)
- Coefficiente Topografico (T)
- Categoria del Suolo

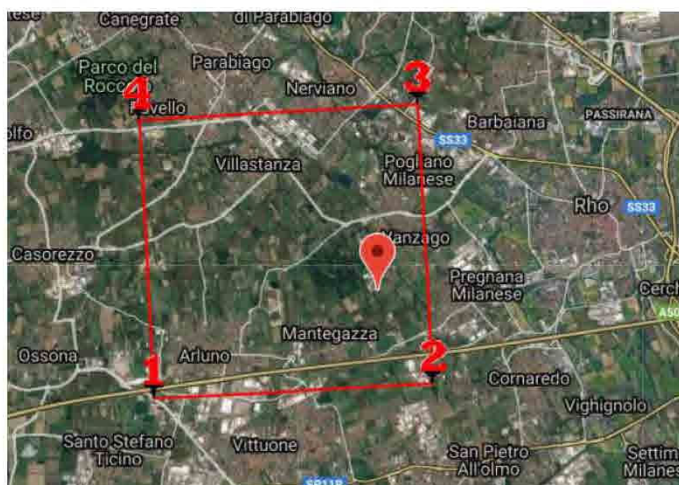


Fig 2 - Localizzazione della maglia di appartenenza dell' area con indicazione dei vertici di riferimento

Secondo le prescrizioni del D.M. 17.01.2018 si identifica il parametro (S) di amplificazione dell'azione sismica di progetto, dipendente dalla categoria del suolo di fondazione e dalla situazione topografica del sito.

$$S = S_s \times S_t$$

Dove:

S_s = Coefficiente di amplificazione stratigrafica determinato per ogni categoria di suolo tramite la seguente tabella:

Tab. 3.2.IV

CATEGORIA SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot A_g / g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot A_g / g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot A_g / g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot A_g / g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

S_t = Coefficiente di amplificazione topografica desunta dalla seguente tabella:

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 15 a 28

Tab. 3.2.V

CATEGORIA TOPOGRAFICA		S _T
T1	Superficie piane, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$	1
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ (valore alla sommità del pendio)	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ (valore della cresta del rilievo)	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ (valore della cresta del rilievo)	1,4

Le sovraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

• Vita Nominale (V_N) • Classe d'Uso dell'opera • Coefficiente d'Uso (C_U) • Vita di Riferimento (V_R)
• Smorzamento e fattore di struttura

Vita nominale (§ 2.4.1 NTC-18)

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 delle NTC-18 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.1 – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Tipi di costruzione		Vita Nominale V _N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Classi d'uso (§ 2.4.2 NTC-18)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita di riferimento (§ 2.4.3 NTC-18)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U.

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione: 02/01/2021	Redatto da: Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Committente: Comune di Vanzago (MI)	Pag. Pag. 16 a 28
---	---	---	---	-----------------------------

$$V_r = V_n \times C_u$$

Il valore del coefficiente d'uso C_u è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella Tab. 2.4.II delle NTC-18.

Tabella 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_u

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1	1,5	2

Se $V_r \leq 35$ anni si pone comunque $V_r = 35$ anni.

5.2 FONDAZIONI SUPERFICIALI E CARICO LIMITE

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e circolare.

Le fondazioni superficiali devono essere verificate almeno con riferimento a meccanismi di rottura per carico limite, scorrimento sul piano di posa e stabilità globale. La verifica della condizione fondamentale considerata dagli Eurocodici e dalle NTC 2018 (D.M. 17 gennaio 2018) è la seguente:

$$R_d \geq E_d$$

Tale verifica può essere effettuata tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle di riferimento:

Coefficienti A(6.2.I), M(6.2.II), R(6.4.I) delle Norme Tecniche delle Costruzioni, seguendo per la verifica a rottura per carico limite e per scorrimento almeno uno dei due approcci:

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI.

Approccio 1:

- Combinazione 1 (A1+M1+R1) [STR] - Combinazione 2 (A2+M2+R2) [GEO]

Approccio 2:

- Combinazione (A1+M1+R3) [GEO]

• A = Coefficiente di amplificazione dei carichi;

• M = Coefficiente di riduzione dei parametri geotecnici;

• R = Coefficienti di riduzione delle Resistenze (portanza, scorrimento, etc.).

Gli Stati Limite rappresentano la frontiera tra il dominio di stabilità e quello di instabilità. Nella definizione di stato limite si distinguono:

Stati Limite Ultimi (SLU): associati al valore estremo della capacità portante o ad altre forme di cedimento strutturale che possono mettere in pericolo la sicurezza delle persone. Alcuni esempi delle cause che possono condurre agli SLU sono: a) perdita di stabilità di parte o dell'insieme della struttura; b) rottura di sezioni critiche della struttura; c) trasformazione della struttura in un meccanismo; d) instabilità in seguito a deformazione eccessiva; e) deterioramento in seguito a fatica; f) deformazioni di fluage o fessurazioni, che producono un cambiamento di geometria tale da richiedere la sostituzione della struttura. Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Nei confronti delle azioni sismiche (SLU dinamici) gli stati limite ultimi si suddividono in (D.M. 17.01.2019):

- ✓ **Stato limite di salvaguardia della vita (SLV):** a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 17 a 28

Versione: 01/12/2020

- ✓ **Stato limite di prevenzione del collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi danni e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Stati Limite di Esercizio (SLE): sono stati oltre i quali non risultano più soddisfatti i requisiti di esercizio prescritti. Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile: nel primo caso i danni o le deformazioni sono reversibili e cessano non appena sia eliminata la causa che ha portato al superamento dello SLE; nel secondo caso si manifestano danneggiamenti o deformazioni permanenti inaccettabili e ineliminabili per mezzo della soppressione della causa che le ha generate. Nei confronti delle azioni sismiche (SLE dinamici), gli stati limite di esercizio si suddividono in (D.M. 17.01.2019):

- ✓ **Stato Limite di operatività (SLO):** a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso (inclusando elementi strutturali, elementi non strutturali, ecc.) non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- ✓ **Stato limite di danno (SLD):** a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso (inclusando elementi strutturali, elementi non strutturali, apparecchiature rilevanti, ecc.) subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Nelle tabelle di seguito si riportano i coefficienti parziali con cui calcolare le diverse combinazioni, tratte dalle NTC.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(a)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

^(a) Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G2} .

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 18 a 28

La misura del grado di sicurezza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione

$$Ed \leq Rd \text{ oppure } Rd - Ed \geq 0$$

con:

- R_d = valore di progetto della resistenza del terreno (di pertinenza del geotecnico);
- E_d = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista).

La resistenza del terreno R_d è determinata:

- Analiticamente (i valori di progetto si ottengono dai valori caratteristici divisi per il coefficiente parziale γ_M);
- Con misure dirette, utilizzando le tabelle sopra citate per i coefficienti parziali.

L'azione E_d è determinata dal valore caratteristico amplificato mediante i coefficienti parziali γ_F e deve essere fornita dallo strutturista.

Secondo le NTC il primo step è il calcolo della resistenza di progetto del terreno R_d secondo il metodo di Terzaghi descritto nel capitolo successivo o secondo il metodo di Brinch-Hansen. Il valore di R_d è il prodotto tra la capacità portante limite e l'area della fondazione. Per eseguire il secondo step il progettista deve fornire il valore delle azioni dei carichi per poter calcolare il valore di progetto dell'azione E_d . Come terzo e ultimo stadio si deve verificare se la condizione iniziale

$$Ed \leq Rd$$

sia soddisfatta. Questi step vanno effettuati per le tre combinazioni esistenti e viene scelto il valore più cautelativo. Per il fabbricato da realizzare, nelle verifiche geotecniche relative alla resistenza dei terreni, sono state considerate fondazioni a platea con le seguenti caratteristiche:

- Fondazione $H = 0,40$ m
- piano di posa delle fondazioni = - 0,50 m dal p.c. incastro = - 0,40 m
- combinazione fondamentale statica SLU (GEO) **approccio 2** ($A1+M1+R3$) autore Terzaghi
- R_d = resistenza di progetto (resistenza del terreno di fondazione)
- E_d = combinazione delle azioni sulle fondazioni (tensione massima di esercizio)

DATI GENERALI

NTC 2018	
Normativa	
Larghezza fondazione	14.0 m
Lunghezza fondazione	25.0 m
Profondità piano di posa	0.5 m
Altezza di incastro	0.4 m
Correzione parametri	

SISMA

Accelerazione massima (a_{max}/g)	0.024
Effetto sismico secondo	Paolucci, Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.0048

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [-]	TC^* [sec]
S.L.O.	30.0	0.157	2.547	0.159
S.L.D.	50.0	0.196	2.528	0.182
S.L.V.	475.0	0.402	2.665	0.287
S.L.C.	975.0	0.481	2.724	0.306

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 19 a 28

Versione: 01/12/2020

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2355	0.2	0.0048	0.0024
S.L.D.	0.294	0.2	0.006	0.003
S.L.V.	0.603	0.2	0.0123	0.0061
S.L.C.	0.7215	0.2	0.0147	0.0074

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
4	S.L.D.	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Ca pacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

Carico limite verticale

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (Kg/cm²)	Resistenza di progetto [Rd] (Kg/cm²)	Tensione [Ed] (Kg/cm²)	Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Tipo rottura	Costante sottofondo (Kg/cm³)
A1+M1+R3	TERZAG HI (1955)	6.83	2.97	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73
SISMA	TERZAG HI (1955)	6.40	3.55	2.13	3	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.56
S.L.E.	TERZAG HI (1955)	6.83	6.83	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73
S.L.D.	TERZAG HI (1955)	6.83	6.83	2.13	3.21	Verificata	* Rottura generale; Ir=3039.4; Icrit=98.11	2.73

CEDIMENTI DI BURLAND e BURBIDGE

Qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche per il calcolo dei cedimenti è possibile fare affidamento al metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità I_c al risultato N della prova penetrometrica dinamica. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma_{v0}^i \cdot B^{0.7} \cdot I_c / 3 + (q^i - \sigma_{v0}^i) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right]$$

nella quale:

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 20 a 28

Versione: 01/12/2020

q' Pressione efficace lorda;
 σ'_{vo} Tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;
 B Larghezza della fondazione;
 I_c Indice di compressibilità;
 f_s, f_H, f_t Fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità I_c è legato al valore medio N_{av} di N_{spt} all'interno di una profondità significativa z :

$$I_c = \frac{1.706}{N_{av}^{1.4}}$$

Per quanto riguarda i valori di N_{spt} da utilizzare nel calcolo del valore medio N_{av} va precisato che i valori vanno corretti, per sabbie con componente limosa sotto falda e $N_{spt} > 15$, secondo l'indicazione di Terzaghi e Peck (1948)

$N_c = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15)$ dove N_c è il valore corretto da usare nei calcoli.

Per depositi ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi il valore corretto è pari a:

$N_c = 1.25 N_{spt}$

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	2.93 Kg/cm ²
Spessore strato	1.0 m
Profondità substrato roccioso	15.0 m
Modulo Elastico	275.99 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.32

Coefficiente di influenza I_1	0.0
Coefficiente di influenza I_2	0.03
Coefficiente di influenza I_s	0.02

Cedimento al centro della fondazione	4.27 mm
--------------------------------------	---------

Coefficiente di influenza I_1	0.0
Coefficiente di influenza I_2	0.02
Coefficiente di influenza I_s	0.01
Cedimento al bordo	1.02 mm

FONDAZIONE A PLATEA MT	Q_{ult} kg/cm ²	R_d kg/cm ²	E_d kg/cm ²	$F_s = \frac{Q_{ult}}{E_d}$	Costante di sottofondo (Winkler) (Kg/cm ³)	VERIFICA $\frac{R_d}{E_d} \geq 1$	CEDIMENT TOTALI IN MM
H = 0,40	6,83	2,97	2,13	3,00	2,73	VERIFICATA	4,27 < 25

Sarà cura dello strutturista verificare la congruenza di tali dati con le azioni effettivamente agenti sulle fondazioni del fabbricato e qualora necessario, saranno ripetute nuove verifiche sulla base delle azioni di progetto. Si raccomanda di difendere le fondazioni e le strutture interrato con idonee guaine impermeabilizzanti e relativi pacchetti drenanti.

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 21 a 28

6. INDAGINE SISMICA

M.A.S.W.

In data 18 Dicembre 2020 è effettuata un'indagine geosismica M.A.S.W. nell'area di futura edificazione con stendimento posizionato come illustrato in allegato 10.

Configurazione sismografo:

Strumentazione	Geofoni Verticali	Cavi	Sorgente	Base	Data
GEA 24 Pasi	12	24 mt	Mazza battente	Piattello metallico	18/12/2020
Profilo	Tipo di indagine	Tempo di campionamento	N. campioni	Tempo di registrazione	N. Stacks
S1	MASW	125µs	4096	2000 ms	3
Lunghezza stesa	Numero geofoni	Off set sorgente	Distanza 1° geofono	12° geofono	Equidistanza fra i geofoni
26 mt	12 (4.5 Hz)	2 mt	0 mt	24 mt	2 mt

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 22 a 28

Modello sismico e strumentazione

Il modello sismico monodimensionale costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito (risposta sismica locale - RSL) che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (definizione della categoria di sottosuolo).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i.; D.M. 17.01.2018; D.G.R. n. 8/7374 e D.G.R. IX/2616/2011). La strumentazione è costituita da un compatto sismografo PASI a 24 canali della serie GEA24 e da un software "EasyMasw" della GEOSTRU utilizzato per l'interpretazione.

Committente: Comune di Vanzago (MI)
Località: Cimitero comunale di Vanzago (MI)
Data: 04/01/2021

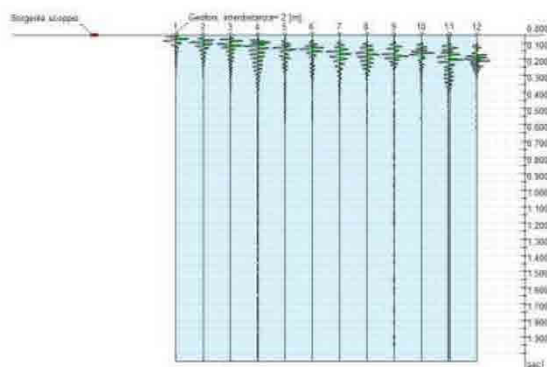


Fig. 3 - Immagine grafico delle tracce

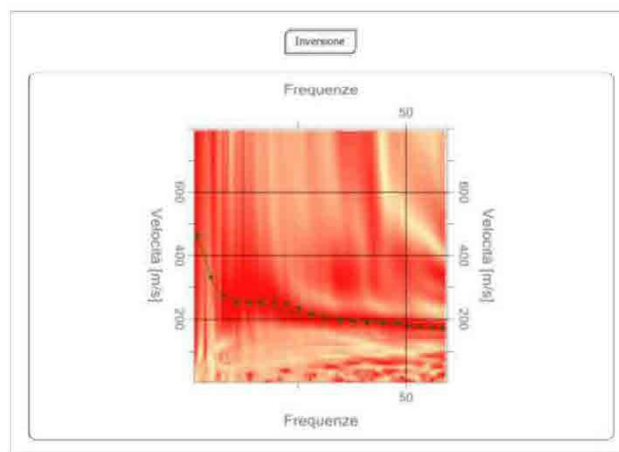


Fig. 4 - Spettro velocità di fase

Indagine geologico tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 23 a 28

Versione: 01/12/2020

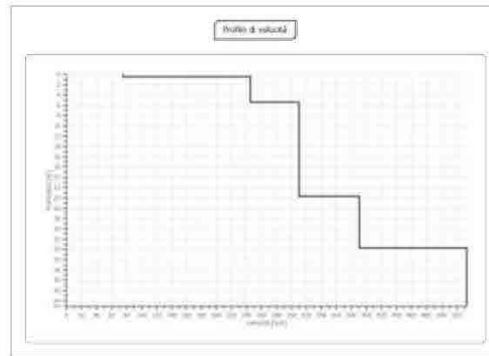


Fig. 5 - Profilo di velocità

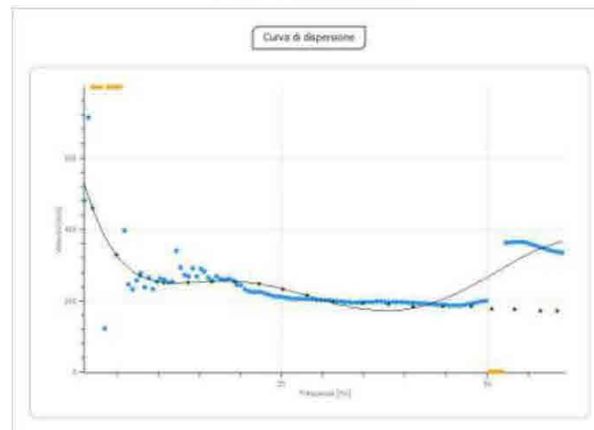


Fig. 6 - Dispersione



Fig. 7 - Immagine fotografica

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 24 a 28

Versione: 01/12/2020

Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		0.40	0.40	1800.0	0.30	No	139.7	74.7
2		5.40	5.00	1800.0	0.30	No	458.4	245.0
3		23.72	18.32	1800.0	0.30	No	579.9	310.0
4		33.72	10.00	1800.0	0.30	No	730.2	390.3

Tipo di analisi: onde di Rayleigh VS30 (m/s): 307,60

Questo fa sì che in applicazione della normativa sismica vigente (D.M. 17.01.2018 e successive modifiche - Circolare C.S.LL.PP. 617 del 02/02/2009) il sito rientra nella **categoria C di sottosuolo** così come si evince dalla allegata tabella:

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs30 (m/s)	NSPT	Cu (kPa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	180-360	15-50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	<180	<15	<70
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	-	-	-

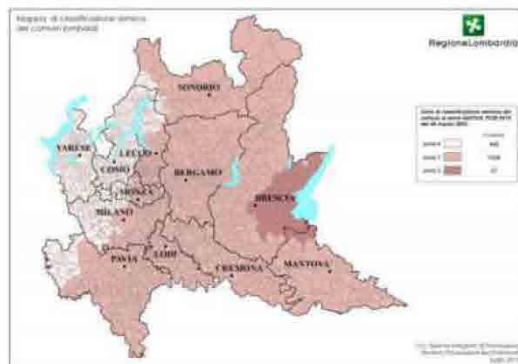


Fig. 8 - Classificazione sismica della Lombardia

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 25 a 28

ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI SECONDO LIVELLO

L'approfondimento di II° livello, così come previsto nell'Allegato 5 alla D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 1566 (ora D.G.R. 15.12.2011 n. VIII/2616), ha lo scopo di valutare alla scala del sito in studio ("microzonazione") se gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa vigente (OPCM 3274/03 e NTC 2018) sono sufficienti a verificare in modo esaustivo gli effetti di amplificazione litologica propri dell'area in esame.

L'approfondimento di II° livello consiste nel confrontare il valore di Fa (Fattore di Amplificazione) caratteristico dell'area in cui è inserito il progetto in esame rispetto al valore di Fa caratteristico del territorio comunale in cui l'area è inserita; quest'ultimo valore, detto Fa di soglia, è noto e fa riferimento ad un apposito elenco redatto dalla Regione Lombardia, suddiviso per categoria di suolo di fondazione e per periodo di riferimento.

Tale analisi è obbligatoria in fase di pianificazione territoriale, secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 2616/2011 e si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1- 0.5 s. (da testo DGR).

La procedura semplificata richiede la conoscenza di parametri conosciuti e descritti nella relazione. La litologia prevalente presente nel sito è quella **GHIAIOSA**, gli strati e le relative velocità sono date dalle prove Masw. Il periodo si ricava dalla seguente formula :

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)} = 0,3144 \text{ s}$$

h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello

profondità primo strato (m)

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8,5T^2 + 5,4T + 0,95$	$Fa_{0.1-0.5} = 1,46 - 0,32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0,40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7,4T^2 + 4,8T + 0,84$	$Fa_{0.1-0.5} = 1,32 - 0,28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0,40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -4,7T^2 + 3,0T + 0,92$	$Fa_{0.1-0.5} = 1,17 - 0,22LnT$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1									
250				2	2	2								
300				3	3	3	3							
350				3	3	3	3	3						
400				3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3	3			
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

$$Fa_{0.1-0.5} = -4,7T^2 + 3,0T + 0,92 = -0,464 + 0,943 + 0,92 = 1,399 < 1,8$$

$$Fa_{0.5-1.5} = -0,58T^2 + 0,84T + 0,94 = -0,057 + 0,264 + 0,94 = 1,147 < 2,4$$

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 26 a 28

Versione: 01/12/2020

Comune di Vanzago (MI)			
Valori di soglia indicati dalla Regione Lombardia per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 s			
Suolo di tipo B	Suolo di tipo C	Suolo di tipo D	Suolo di tipo E
1,4	1,8	2,2	1,9
Valori di soglia indicati dalla Regione Lombardia per il periodo compreso tra 0,5 e 1,5 s			
Suolo di tipo B	Suolo di tipo C	Suolo di tipo D	Suolo di tipo E
1,7	2,4	4,1	3,0

Considerando che la categoria di suolo ottenuta è la **C**, si ottengono i seguenti risultati:

nel caso di intervalli di periodo tra 0,1 e 0,5 s, che si riferiscono a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, si registrano valori di **Fa maggiori** alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia per suoli appartenenti alla categoria **C** ($1,399 < 1,8$). La normativa nazionale (D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni") è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia.

Nel caso di intervalli di periodo tra 0,5 e 1,5 s, che si riferiscono a strutture più alte e più flessibili, si registrano valori di **Fa minori** alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia ($1,147 < 2,4$), per suoli appartenenti alla categoria di suolo **C**. La normativa nazionale (D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni") è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia.

ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Con il termine "liquefazione" viene definita «la circostanza, causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, caratterizzata da deformazioni permanenti significative o dall'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno». In particolare, con il termine "liquefazione" si definisce il fenomeno per cui un terreno incoerente saturo, sottoposto ad una sollecitazione sismica, assume un comportamento meccanico simile a quello dei liquidi, con l'annullamento quasi totale della sua resistenza al taglio τ in seguito ad un aumento istantaneo della pressione interstiziale dell'acqua presente nei vuoti intergranulari. A parità di altre condizioni, esso si verifica con maggiore probabilità in materiali incoerenti sabbiosi e/o sabbioso – limosi con elevato grado di saturazione e basso grado di addensamento, ossia bassa densità relativa D_r (%) ed elevato indice dei vuoti.

La vigente normativa, rappresentata dal D.M. 17 gennaio 2018 (NTC18), stabilisce che in fase di progettazione di nuove opere deve essere valutata la stabilità del sito di costruzione nei confronti della liquefazione, che determina potenziali effetti di instabilità nei confronti delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione.

Per condurre a liquefazione un terreno suscettibile al fenomeno è necessaria non solo l'occorrenza di un forte sisma, sia in termini di magnitudo che durata, ma anche di particolari condizioni litostatiche, idrogeologiche e geomeccaniche dei terreni di fondazione. La sicurezza nei confronti della liquefazione può essere valutata con procedure di analisi avanzata (specifiche analisi di risposta sismica locale e prove dinamiche di laboratorio) oppure mediante metodi semplificati, in funzione dell'importanza dell'opera e della sismicità dell'area di intervento.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Nell'area oggetto di studio viene effettuata la verifica alla liquefazione poiché la profondità media stagionale della falda è inferiore 15,0 mt dal piano campagna.

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (Kg/cm ²)	S'vo (Kg/cm ²)	T	R	Fs	Condizione:
1	0,20	12,00	14,363	0,720	0,720	0,019	0,168	8,72	Livello non liquefacibile
2	6,30	55,00	35,515	1,933	1,933	0,013	6,259	499,58	Livello non liquefacibile

Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 27 a 28

7. CONCLUSIONI

Nel seguente rapporto sono stati verranno illustrati i risultati delle indagini e degli studi di carattere geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico condotte su un terreno sito nel territorio comunale di Vanzago (MI), presso il cimitero in Via Paolo Ferrario.

Nel dettaglio l'area di nostro interesse rientra nell'ambito della classe di **fattibilità geologica 2** (Fattibilità con modeste limitazioni). Le aree che rientrano in questa classe hanno morfologia pianeggiante e sono litologicamente costituite da depositi di natura sabbioso-ghiaiosa, con percentuali variabili di matrice limosa o limoso sabbiosa. La natura della limitazione consiste nell'alta vulnerabilità dell'acquifero superficiale di queste aree (Allegato 2).

Secondo quanto stabilito con D.G.R. n. 2129 del 11 luglio 2014 il territorio comunale di Vanzago (MI) appartiene alla **zona sismica 4**, con **PSL Z4a** – Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi (Allegato 4).

In applicazione alla normativa sismica vigente (D.M. 17.01.2018 e successive modifiche - Circolare C.S.LL.PP. 617 del 02/02/2009) il sito rientra nella **categoria C di sottosuolo**.

Sulla base delle indagini in situ eseguite e sulle successive interpretazioni ed elaborazioni sono stati condotti i calcoli relativi agli aspetti geotecnici e sismici per fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni ed ai progettisti gli elementi per il dimensionamento delle strutture di fondazione. A tal fine si riporta il modello stratigrafico geotecnico:

MODELLO STRATIGRAFICO GEOTECNICO – PROVA SPT 1 (rappresentativa)

Profondità dello strato (m)	Densità relativa (%)	Angolo d'attrito (°)	Modulo di Young (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Poisson	Classificazione AGI
0.00-0.20	50.00	29.47	100.00	38.00	1.34	1.84	NULLA	0.35	SCIOLTO
0.20-6.30	71.30	32.45	275.99	104.68	1.54	1.96	NULLA	0.32	MODERATAMENTE ADDENSATO

Come argomentato nel paragrafo relativo alle analisi del potenziale di liquefazione dei terreni, si escludono problemi per quanto riguarda la liquefazione.

Si raccomanda di ottemperare alle indicazioni descritte nella presente relazione, soprattutto quelle relative ai calcoli della resistenza del terreno (capacità portante), secondo la formula citata (Terzaghi) e con le dimensioni geometriche fondazionali previste ed i parametri geotecnici relativi (condizione A1+M1+R3):

FONDAZIONE A PLATEA MT	Q_{ult} kg/cm²	R_d kg/cm²	E_d kg/cm²	$F_s = \frac{Q_{ult}}{E_d}$	Costante di sottofondo (Winkler) (Kg/cm³)	VERIFICA $\frac{R_d}{E_d} \geq 1$	CEDIMENTI TOTALI IN MM
H = 0,40	6,83	2,97	2,13	3,00	2,73	VERIFICATA	4,27 < 25

Le indicazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico emerse dallo studio delle aree di intervento e dai sopralluoghi in sito non hanno evidenziato la presenza di processi geomorfologici relitti, quiescenti o in atto, che possano, a seguito della realizzazione delle opere di progetto, evolvere verso forme di dissesto idrogeologico o che possano in qualche modo interferire con esse; pertanto l'intervento di progetto, eseguendo i lavori a regola d'arte, risulta fattibile.

Vaprio d'Adda 02/01/2021

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando



Indagine geologica tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	02/01/2021	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 28 a 28