

ECOGIS

studio geologico associato

Gianluca Nascimbene
Giuseppe Zuffada

Sede legale e Uffici :
Via A. Moro, 5
27028 S. Martino Siccomario (PV)
Tel. 0382/1750334 - Fax 0382/1752557
Email : ecogis@ecogis.it
P.Iva/C.F. 02300900186



REGIONE: Lombardia

PROVINCIA: PAVIA

COMUNE: Casei Gerola

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI NUOVI EDIFICI AGRICOLI IN COMUNE DI
CASEI GEROLA (PV)**

A CURA DI:

Dott. Geol.
GIANLUCA NASCIMBENE

*Iscritto all'Ordine dei
Geologi della Lombardia
N° 1076*



**RELAZIONE
GEOLOGICA E SISMICA**

DATA:
FEBBRAIO 2020

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	3
2.1. Aspetti geografici e geolitologici	3
2.2. Aspetti idrogeologici	6
2.3 Fattibilità geologica, pericolosità sismica locale e vincoli	9
3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	11
3.1 Misura della Vs30 tramite la tecnica "MASW"	14
3.1.1 Analisi dei risultati	15
3.2 Parametri sismici	22
3.3 Valutazione della suscettibilità sismica dell'area (Verifica di II livello)	25
4. Analisi del rischio alla liquefazione	29
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE	32
6. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE	36
7. SCAVI	39
8. TERRE E ROCCE DA SCAVO	40
9. CONCLUSIONI	42

Allegato 1 – Prove penetrometriche – tabelle e grafici

1. PREMESSA

La presente relazione, redatta ai sensi delle NTC 2018, è stata richiesta a supporto del progetto per la realizzazione di n. 3 capannoni agricoli (allevamento di tacchini), un magazzino con annessi gli uffici e l'abitazione del custode in Comune di Casei Gerola (PV). In particolare, l'elaborato illustra i risultati delle indagini geologico – tecniche che hanno permesso di valutare il comportamento geomeccanico dei terreni di fondazione dei manufatti in progetto.

Le indagini sono state finalizzate a:

- illustrare i principali lineamenti geomorfologici della zona, gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto e/o potenziali;
- definire le locali condizioni litologiche, la presenza di acque sotterranee e valutare le proprietà fisico - meccaniche dei terreni indagati, definendo il carico unitario ammissibile finalizzato ad un corretto dimensionamento delle opere di fondazione;
- suggerire eventuali opere di salvaguardia al fine di assicurare la stabilità del complesso costruzione – terreno, tali da evitare gli impatti esercitati dalla edificazione in progetto.

Lo studio ha comportato un rilievo geomorfologico di dettaglio della zona interessata dal progetto e di un suo significativo intorno, per la caratterizzazione geologica dell'area e, l'esecuzione in data 30 gennaio 2020, di n.3 prove penetrometriche statiche (CPT1, CPT2, CPT3) e n.1 prova penetrometrica dinamica (SCPT1) per una classificazione geotecnica puntuale dei litotipi riconosciuti. Al fine di pervenire alla categoria di sottosuolo è stato realizzato uno stendimento sismico (MASW) eseguito in corrispondenza dell'area di intervento.

Tale indagine è stata suffragata inoltre, da una ricerca bibliografica per la consultazione di studi pregressi e da un confronto con indagini geognostiche condotte in aree limitrofe.

NORMATIVA NAZIONALE DI RIFERIMENTO

- ✓ **D.M.LL.PP. 11/03/88 Norme** tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- ✓ **D.M. 9 Gennaio 1996** Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi
- ✓ **D.M.16 Gennaio 1996** Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- ✓ **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. n. 105 del 8.05.2003)

- ✓ **Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003** Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003
- ✓ **OPCM 3 maggio 2005** Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche" (Ordinanza n. 3431) – (G.U.n.107del10 maggio2005–Suppl.Ord.n. 85)
- ✓ **D.M. 17 gennaio 2018** Norme tecniche per le costruzioni
- ✓ **Eurocodice 7** Progettazione geotecnica

- ✓ **Eurocodice 8** Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- ✓ **D.G.R. n. IX/2616** "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374"
- ✓ **D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001** Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2.1. Aspetti geografici e geolitologici

Il territorio comunale di Casei Gerola risulta cartografato sulla Carta Geologica d'Italia in Scala 1:100.000 sul Foglio n.58 denominato "Mortara" e sul Foglio A8E2 della Carta Tecnica Regionale in Scala 1: 10.000. Dal punto di vista altimetrico l'area oggetto d'indagine si trova in prossimità del confine comunale con Molino dei Torti, ad una quota media di circa 76,0 m s.l.m.

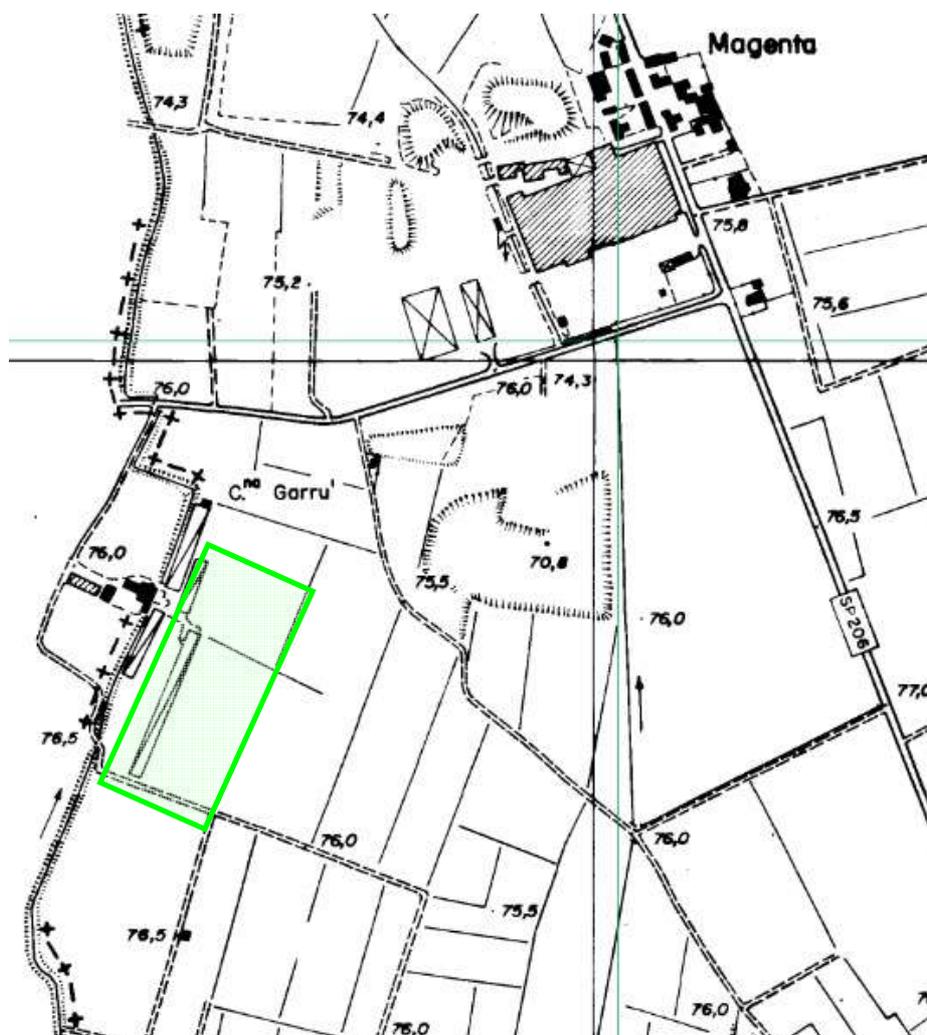


Fig.1 - Ubicazione area d'indagine.



Fig.2 – Corografia area d'indagine

Dal punto di vista geologico-strutturale la pianura pavese è costituita da una successione di depositi alluvionali, di età quaternaria, rilasciati dall'attività del fiume Po e dai suoi affluenti, che si poggia direttamente su un substrato formato da sedimenti marini (argille di età miopliocenica) coinvolti in peculiari strutture morfo - tettoniche, instauratesi nel corso delle ultime fasi dell'orogenesi alpina e, in alcuni casi, rimaste attive anche durante l'Era Quaternaria (Braga G. et al., 1987).

La zona esaminata si trova nella fascia di pianura situata in destra orografica del F. Po e risulta essere raccordata alle alluvioni più recenti interessate dal Fiume Po.

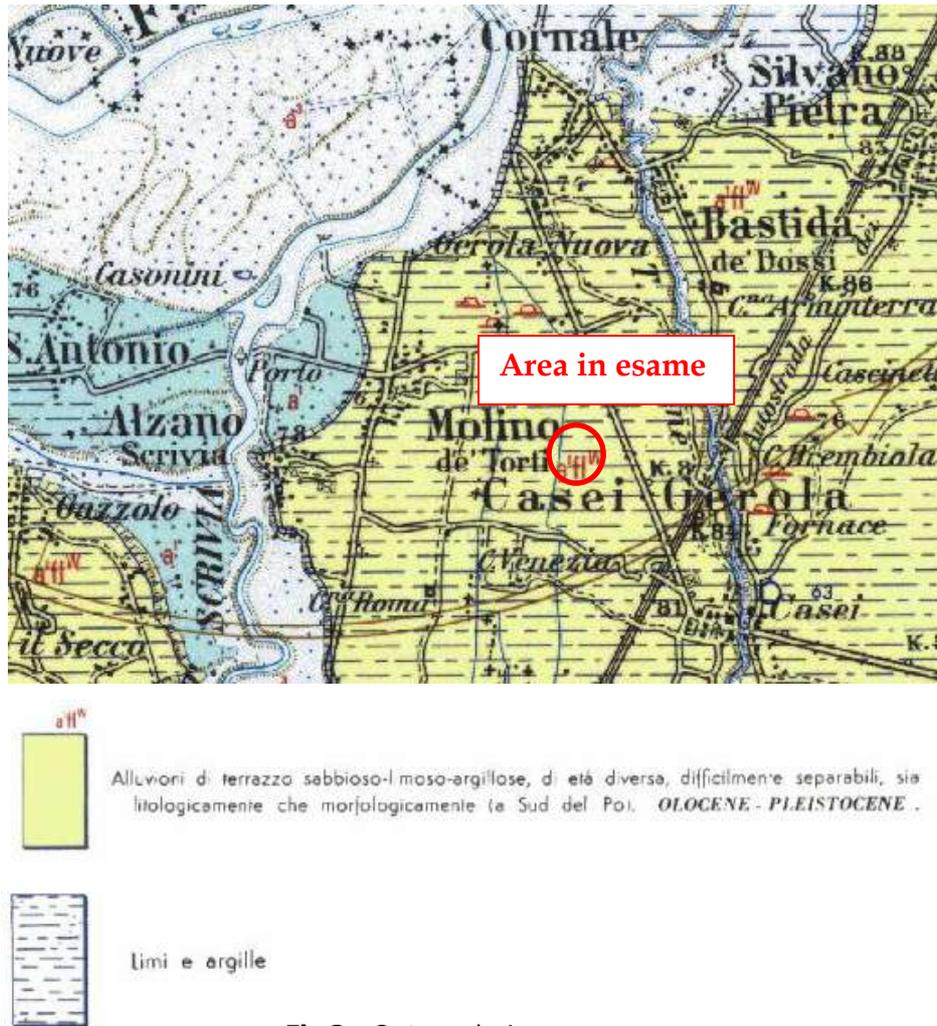


Fig.3 – Carta geologica

Il territorio comunale risulta per la maggior parte impostato su alluvioni limoso-sabbiose con lenti argillose più o meno estese (a1 flw nel F° 58 Mortara della Carta Geologica d'Italia), datate Olocene-Pleistocene superiore

Alcuni lembi del territorio comunale sono impostati su Alluvioni attuali (Olocene superiore) ghiaioso-sabbiose e in parte anche limose. Si ritrovano nel territorio comunale sul fondo dei corsi d'acqua, nelle due aree isolate a nord della Frazione GEROLA e nella parte in sinistra orografica del Fosso Calvenza che lambisce il T. Scrivia.

In relazione ai caratteri geologici evidenziati, l'area comunale risulta impostata su un'unica superficie che degrada blandamente da sud a nord con pendenze medie di 0,2-0,3 %.

Tale superficie è il risultato dell'azione dei locali affluenti appenninici del Po che hanno dato luogo alla giustapposizione ed alla coalescenza dei rispettivi conoidi detritici.

2.2. Aspetti idrogeologici

L'idrografia del Comune di CASEI GEROLA è costituita principalmente dal T. Curone che attraversa l'abitato e tutto il territorio comunale.

Come riportato nel PGT, le acque sotterranee sono state studiate mediante la misurazione di pozzi e la ricostruzione di massima delle isopieze caratteristiche della zona. I dati di deflusso e di livello della falda superficiale, che si trovano riportati sulla carta idrogeologica, derivano da misurazioni svolte in sito nel periodo maggio-giugno 2008.

L'assetto idrogeologico comunale appare costituito da più falde idriche, sovrapposte.

In questo contesto generale, la porzione di pianura è caratterizzata da una successione litologica costituita, partendo dalla superficie:

- da argilla limosa, fino a circa 5.5 – 7.0 m di profondità, talora con modeste intercalazioni sabbiose discontinue.
- da limo sabbioso, da circa 6.0 m, comunque dal livello precedente, a circa 7.5 m (questo livello è assente nella porzione occidentale);
- da sabbia, sabbia e ghiaia acquiferi fino a 30-35 m circa, poggianti su un livello continuo argilloso spesso alcuni metri;

Seguono nuovamente alternanze di depositi dello stesso tipo dei punti precedenti fino a circa 120-150 m di profondità dove si incontra il basamento pliocenico raccordato con i rilievi appenninici.

Locali eteropie tra sedimenti argillosi e sedimenti sabbioso-ghiaiosi all'interno dello strato più superficiale creano le condizioni per la genesi di locali falde sospese, la cui potenzialità idrica risulta per il territorio in esame storicamente limitata in ragione dell'estensione areale delle lenti di materiale poroso-permeabili, che fungono da serbatoio. Tali eteropie si riflettono maggiormente nella geometria e quindi nella struttura di quella che è la prima falda vera e propria, il cui acquifero giunge fino a circa 30-35 m di profondità dal piano campagna e risulta avere carattere di tipo *semiconfinato*, in relazione alle oscillazioni piezometriche dell'acqua di falda ed alla profondità a cui si trovano ancora depositi fini impermeabili.

L'andamento delle isopiezometriche è relativamente regolare con assi di drenaggio orientati verso Nord, Nord-est conformemente con la direzione di drenaggio generale esercitato dal vicino Torrente Curone e dal Fiume Po.

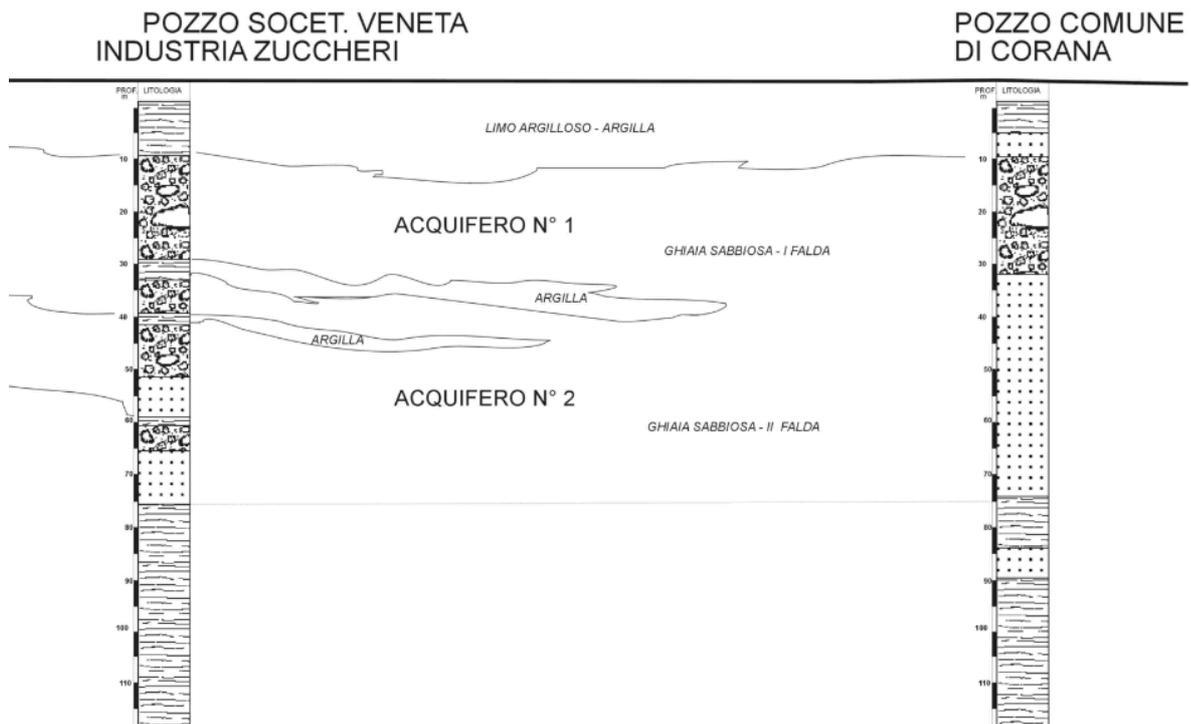


Fig.4a – Sezione idrogeologica

In base alle informazioni di carattere idrogeologico e litologiche riportate nel PGT è stato possibile attribuire ai terreni afferenti all'area di studio una vulnerabilità medio-bassa e una soggiacenza della falda di circa 5 m da piano campagna. Durante l'indagine eseguita (gennaio 2020) è stata individuata una falda acquifera superficiale alla profondità di circa 3.60-4.00 m dal piano di esecuzione delle prove penetrometriche.

Inoltre, l'area ricade nel territorio interessato nel 1976 dall'esondazione di esondazione fluviale del Torrente Curone .

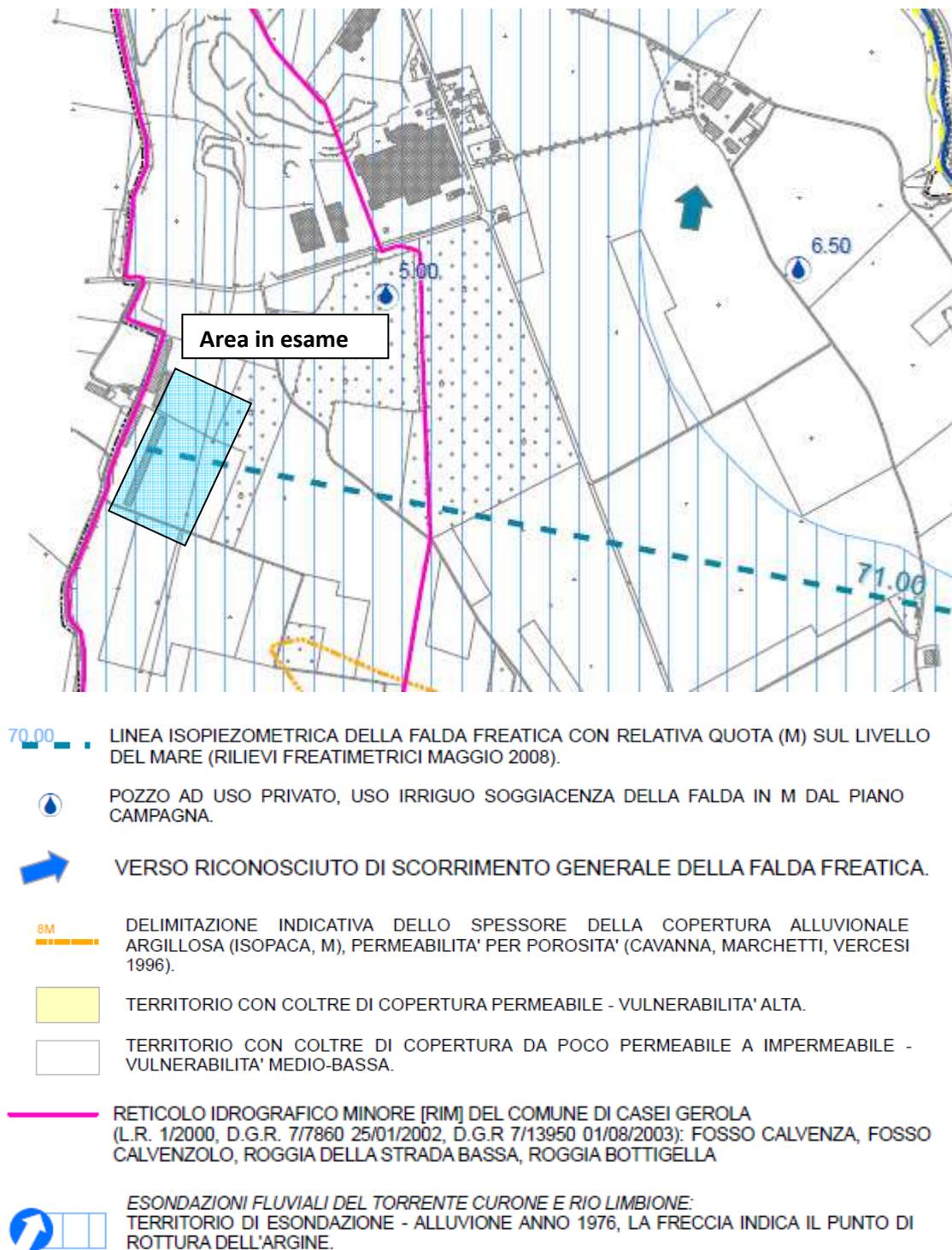


Fig.4b – Carta idrogeologica

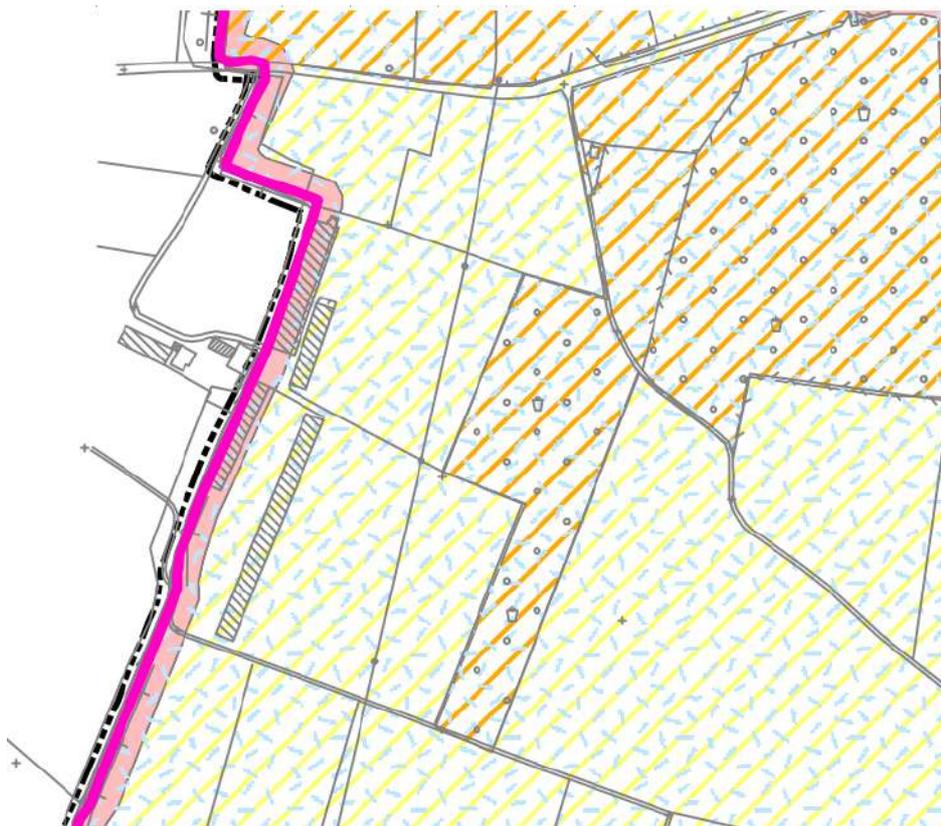
2.3 Fattibilità geologica, pericolosità sismica locale e vincoli

Dal punto di vista della fattibilità geologica l'area è definita da una classe 2 di fattibilità geologica, ossia FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI. In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Lungo il confine occidentale l'area ricade in classe 4 di fattibilità geologica all'interno della fascia di rispetto di 10 m del Fosso Calvenza.

L'area, inoltre, ricade in fascia C PAI, area di inondazione per piena catastrofica. La FASCIA C, ovvero l'area di inondazione per piena catastrofica che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

Per la delimitazione di questa fascia si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente ad un tempo di ritorno superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con tempo di ritorno di 500 anni.



CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni



CLASSE 4 - Fascia di rispetto dai corsi d'acqua principali e minori.

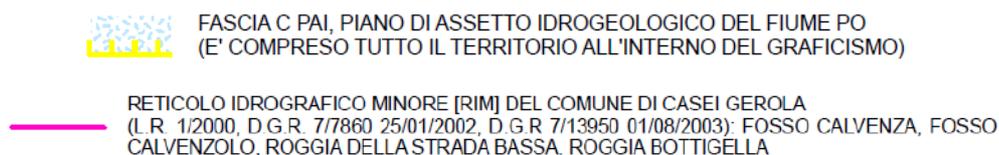
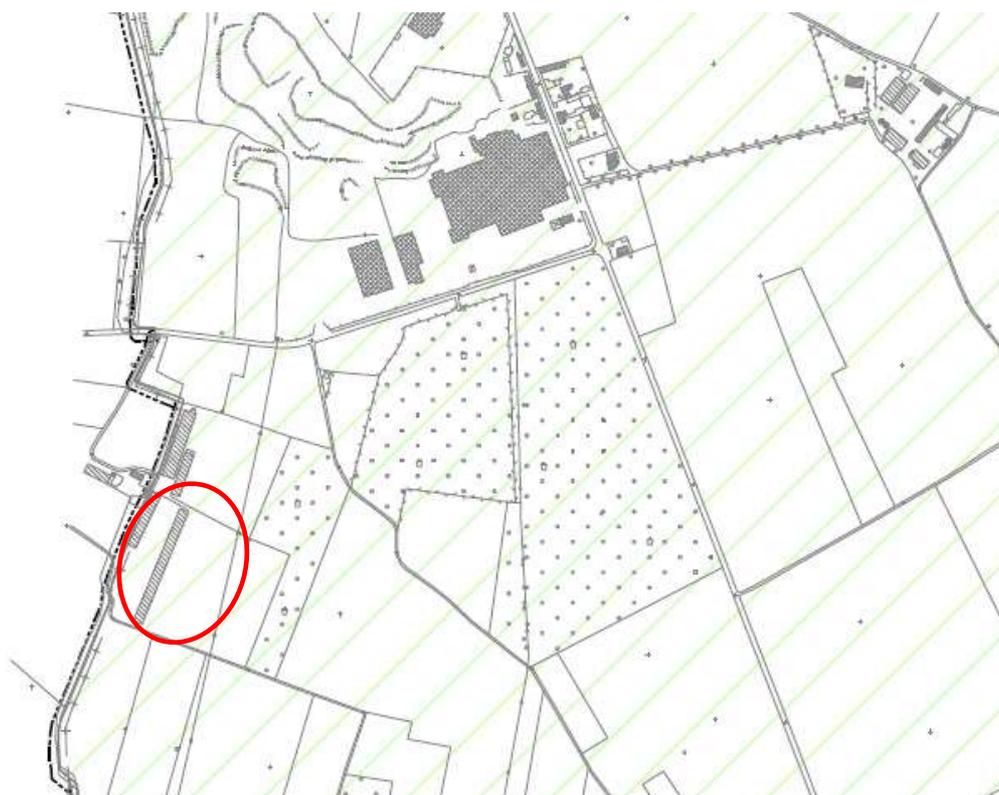


Fig.5 – Carta di fattibilità geologica

Dall'analisi della carta della pericolosità sismica locale allegata al PGT comunale, l'area in esame risulta compresa nello scenario di pericolosità sismica locale Z4a, definita come: "zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio glaciali granulari e/o coesivi".



SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE:

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

CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA:

H2 = 2° livello di approfondimento.

Fig.6 – Carta di pericolosità sismica locale

Poiché il Comune di Casei Gerola ricade in classe sismica 3, in relazione allo Scenario di Pericolosità Sismica Locale (Z4a - Effetti: AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE), in fase progettuale si dovrà applicare il 2° LIVELLO di approfondimento per ogni tipologia di strutture/opere e non solo per Opere strategiche e rilevanti (d.d.u.o. n. 19904/2003).

Dal punto di vista della vincolistica, l'area ricade (lungo il confine occidentale) all'interno della fascia di rispetto di 10 m del Fosso Calvenza che appartiene al reticolo idrico minore.

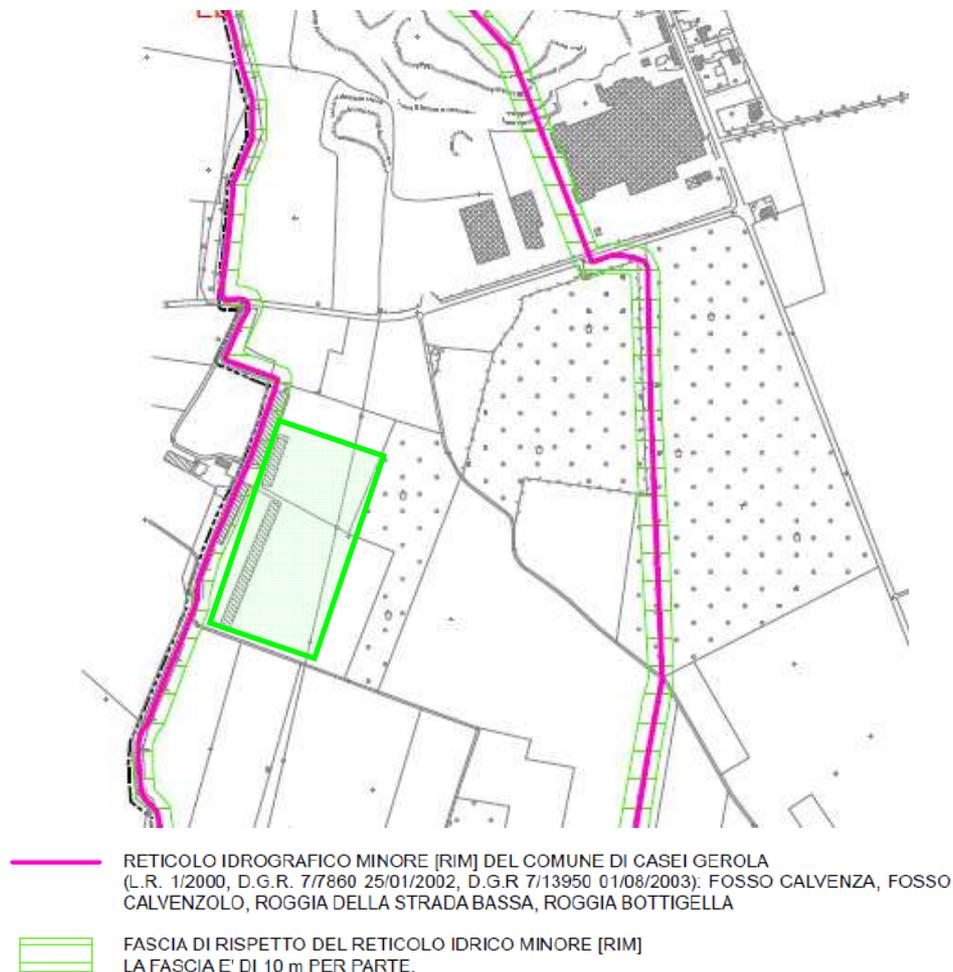


Fig.7 – Carta dei vincoli

3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

La normativa sismica (D.M. 16 Gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003 suddivideva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ($C=(S-2)/100$). Lo spettro di progetto $S_a(T)$ si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale $R(T)$ indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione e che di regola è unitario, salvo che per "terreni particolarmente compressibili" per i quali si consiglia di incrementare fino a 1.3.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03 ha fornito alcune disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM 3274/03, confermando la classificazione dei territori comunali lombardi riportata nell'Ordinanza e l'adeguamento alle norme tecniche allegate.

A seguito della entrata in vigore (10 Aprile 2016) della D.G.R 11 Luglio 2014 – n. X/2129 – "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia", il Comune di **CASEI GEROLA (PV)** è passato dalla "classe sismica 4" alla "classe sismica 3".

In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell'ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l'assistenza per il completamento e la gestione della "mappa di pericolosità sismica" prevista dall'OPCM 3274.

Già l'Ordinanza PCM 3519 del 27/04/06 fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **CASEI GEROLA** nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.050 e 0.75 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

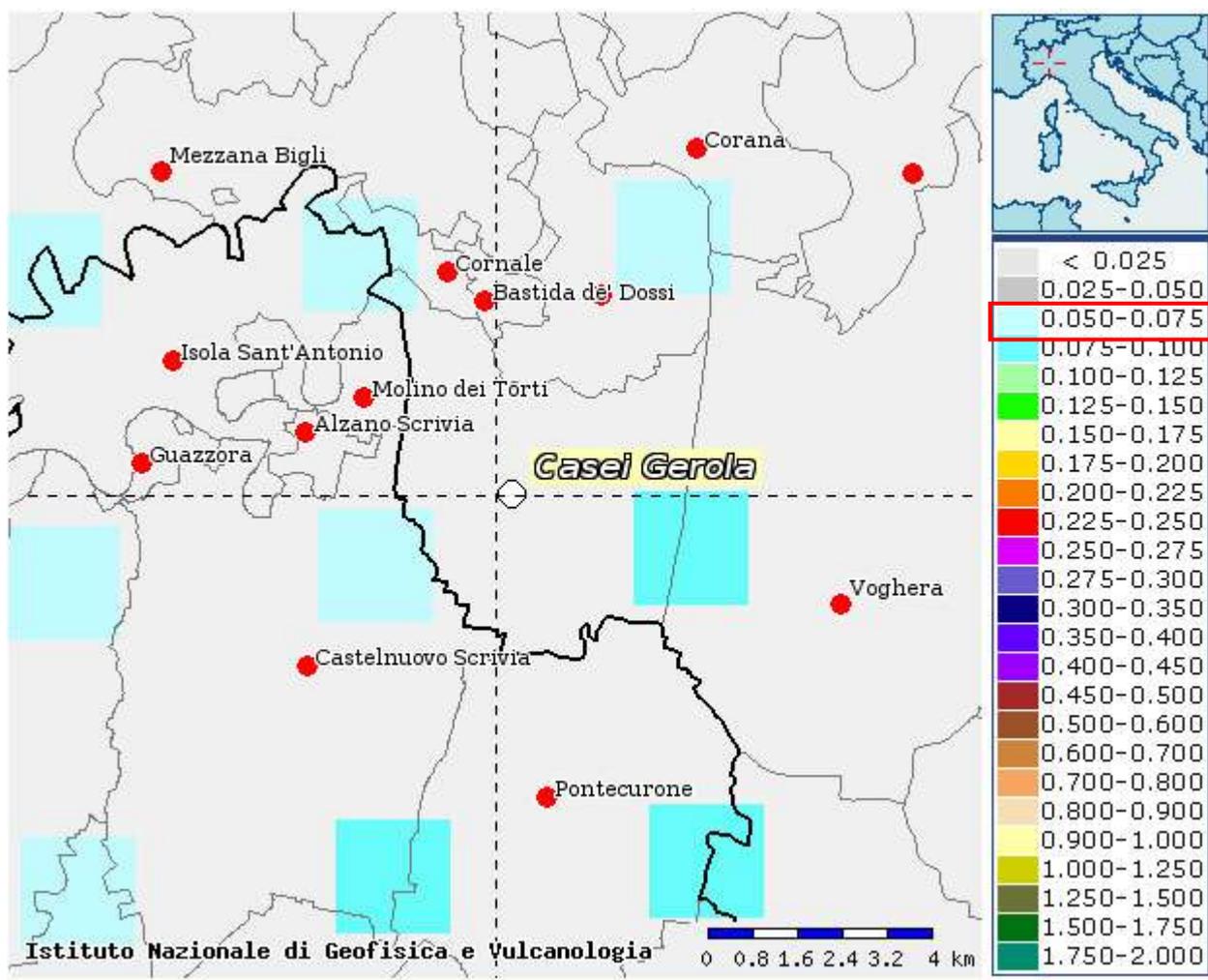


Fig.8 – Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

Più recentemente nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia, le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa. La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n°8/7374 del 28/05/2008 (punto 1.4.3) che *"la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'OPCM 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria"* e specifica altresì che *ai sensi del D.M. 17/01/2018, la determinazione delle azioni sismiche fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti; pertanto in fase di progettazione la determinazione delle azioni sismiche non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito.*

Tali indicazioni coincidono per lo più con quelli riportati nell'Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l'utilizzo di programmi applicativi.

Per quanto riguarda le categorie di sottosuolo, secondo le NTC 2018, vengono eliminate le categorie S1 e S2, mentre con l'utilizzo della VSeq, le categorie di sottosuolo B, C e D vengono ampliate inglobando alcune configurazioni che rientravano in S2, quando il bedrock sismico si posizionava tra i 3 ed i 25 metri dal piano di riferimento. Inoltre, la Categoria di sottosuolo D (che nelle NTC08 erano definite con $V_{s,30} < 180$ m/sec) viene classificata con valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 100 e 180 m/sec. Inoltre, com'è possibile osservare dalla seguente tabella, non si ricava più la categoria di sottosuolo usando o $NSPT_{30}$ o CU_{30} .

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

Tabella 1 - Categorie di sottosuolo

Nelle definizioni precedenti V_{seq} è la velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

h_i = spessore dello strato i -esimo;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, come praticamente appare nel nostro caso, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In base a quanto prescritto nelle NTC 2018, la velocità delle onde di taglio, V_{seq} , va "determinata mediante apposite misure dirette, derivanti da indagini geofisiche di tipo sismico". Nel nostro caso la definizione della categoria di sottosuolo da un punto di vista sismico è stata dedotta da un'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves, con modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde Rayleigh) eseguita in corrispondenza dell'area di studio, che ha permesso di determinare il valore delle $V_{S,eq}$.

3.1 Misura della V_{s30} tramite la tecnica "MASW"

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi. Nel

metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

3.1.1 Analisi dei risultati

La definizione del tipo di suolo ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 2018), è stata possibile mediante la realizzazione di indagini basate sulle tecniche della sismica a rifrazione (misura diretta delle V_{seq} con metodologia MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves).

A tale scopo, è stato predisposto uno stendimento sismico lineare nell'area di studio, con le seguenti caratteristiche:

S 1 - lunghezza pari a **33 m** con 12 geofoni a distanza intergeofonica di 3,0 m;

Il profilo M.A.S.W., sulla base dei modelli medi, indica una V_{s30} pari a **304.96 m/s**.



Fig.9 – Ubicazione dello stendimento MASW



Fig.10 – Stendimento sismico

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le "NTC 2018" il profilo stratigrafico dei terreni coinvolti nel progetto permette di classificare il sito come:

- **Suolo di tipo 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s"

Si riportano di seguito, i profili con le velocità V_{s30} relativi ai singoli stendimenti:

STENDIMENTO 1

Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1002.3
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	0.131

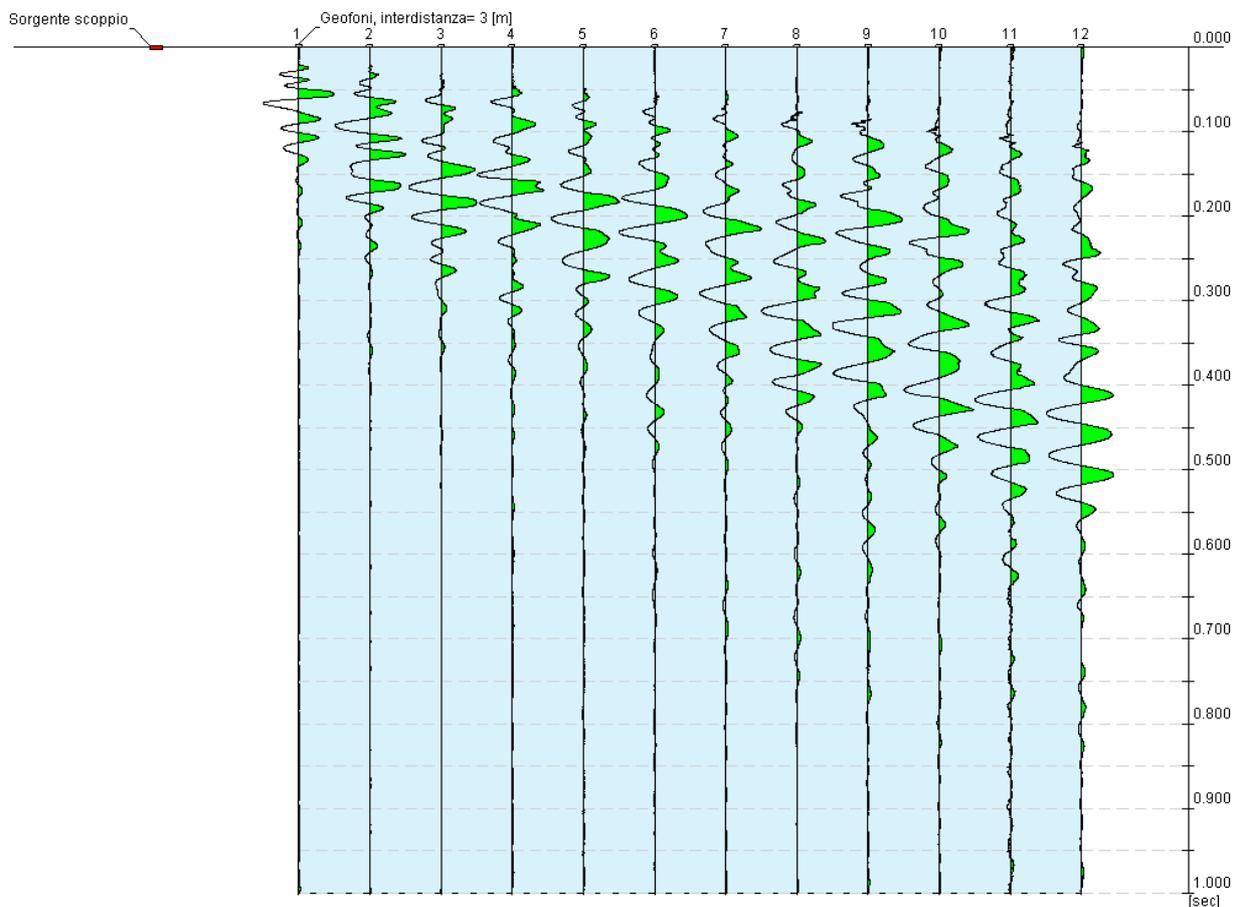


Figura 11 - Sismogramma stendimento MASW 1

Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

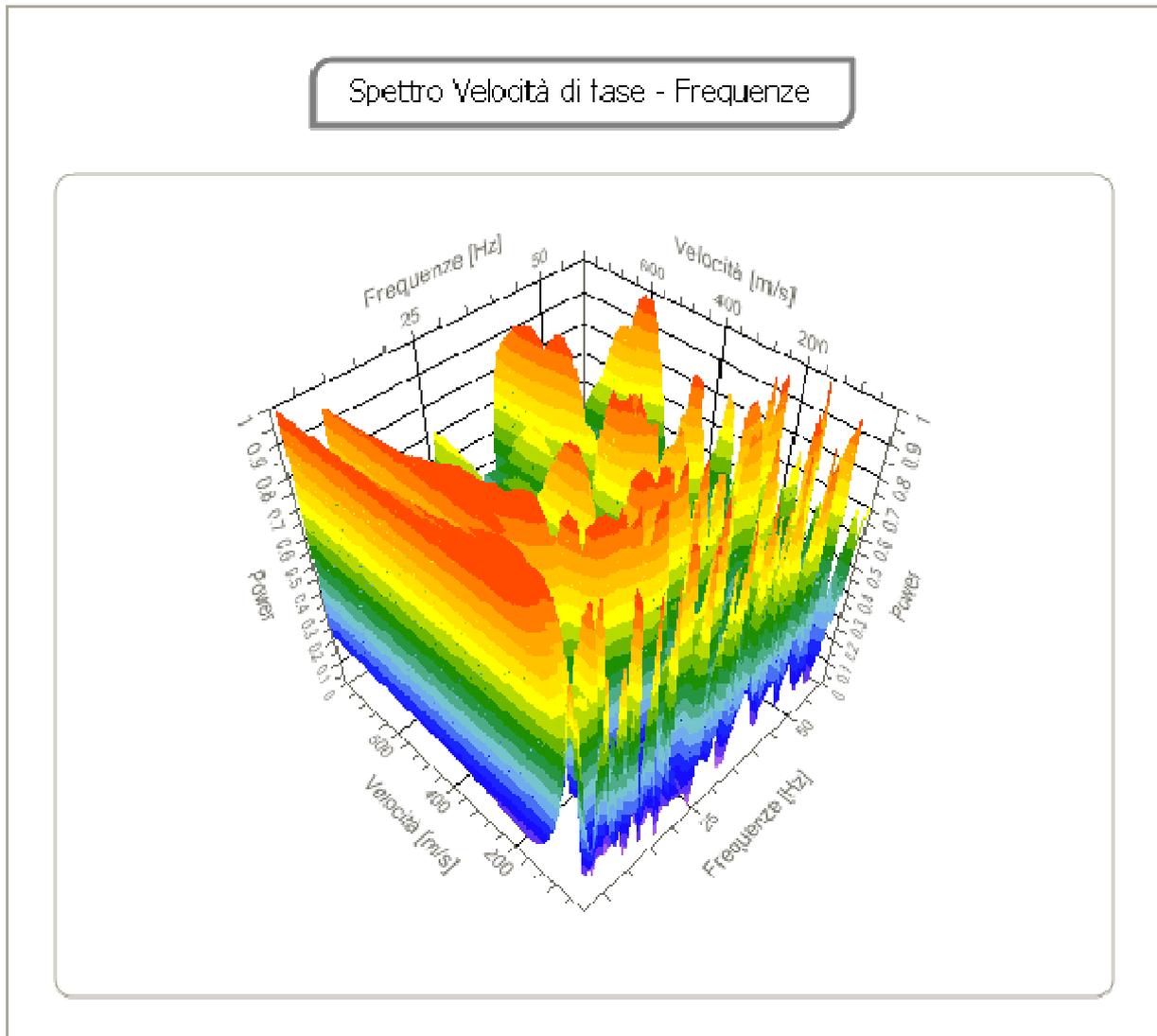


Figura 12- Analisi spettrale

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.6	346.8	0
2	5.6	308.1	0
3	8.6	271.1	0
4	11.4	257.6	0
5	14.2	238.0	0
6	17.2	182.9	0
7	20.1	170.9	0
8	22.8	184.6	0
9	25.6	189.2	0
10	28.5	199.2	0
11	31.7	182.9	0
12	35.0	176.9	0
13	39.1	168.0	0
14	42.2	165.0	0
15	45.7	159.0	0
16	45.5	289.9	0
17	49.8	156.0	0
18	52.9	150.1	0
19	57.5	147.1	0
20	55.3	147.1	0

Tabella 2 - Parametri della curva di dispersione

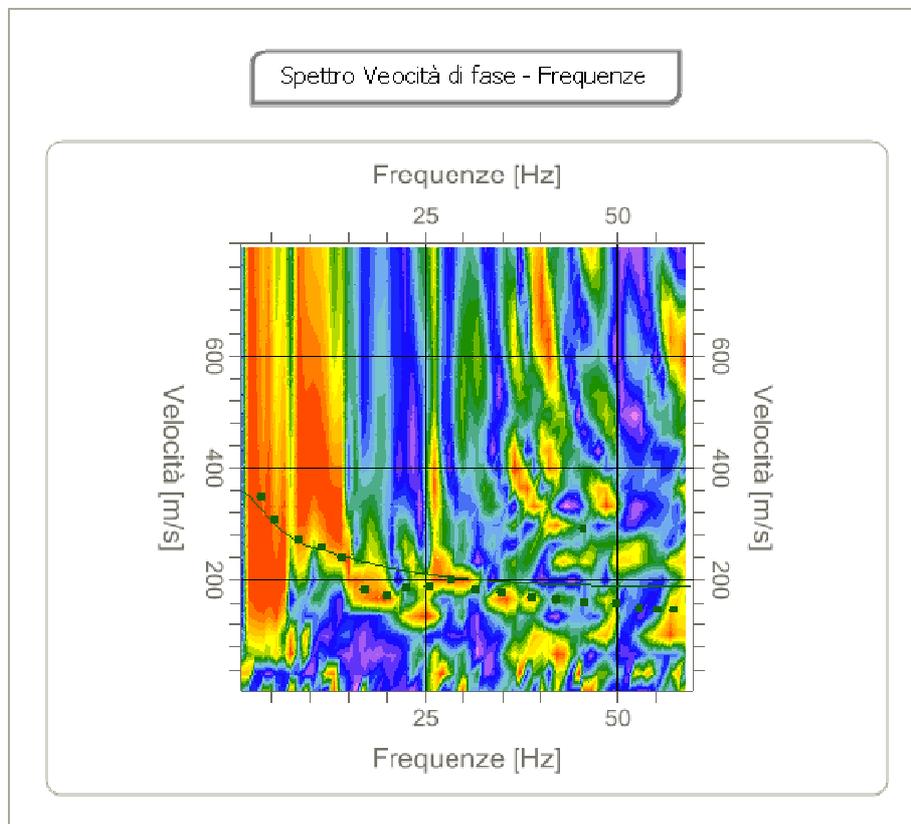


Figura 13 - Curva di dispersione stendimento masw 1

Inversione							
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.51	1.51	1800.0	0.3	No	294.8	157.6
2	6.35	4.84	1750.0	0.3	Si	394.6	210.9
3	11.45	5.11	1800.0	0.3	Si	549.8	293.9
4	35.76	24.31	1900.0	0.3	Si	715.6	382.5
5	oo	oo	1900.0	0.3	Si	748.6	400.2

Tabella 3- Valori dell'inversione

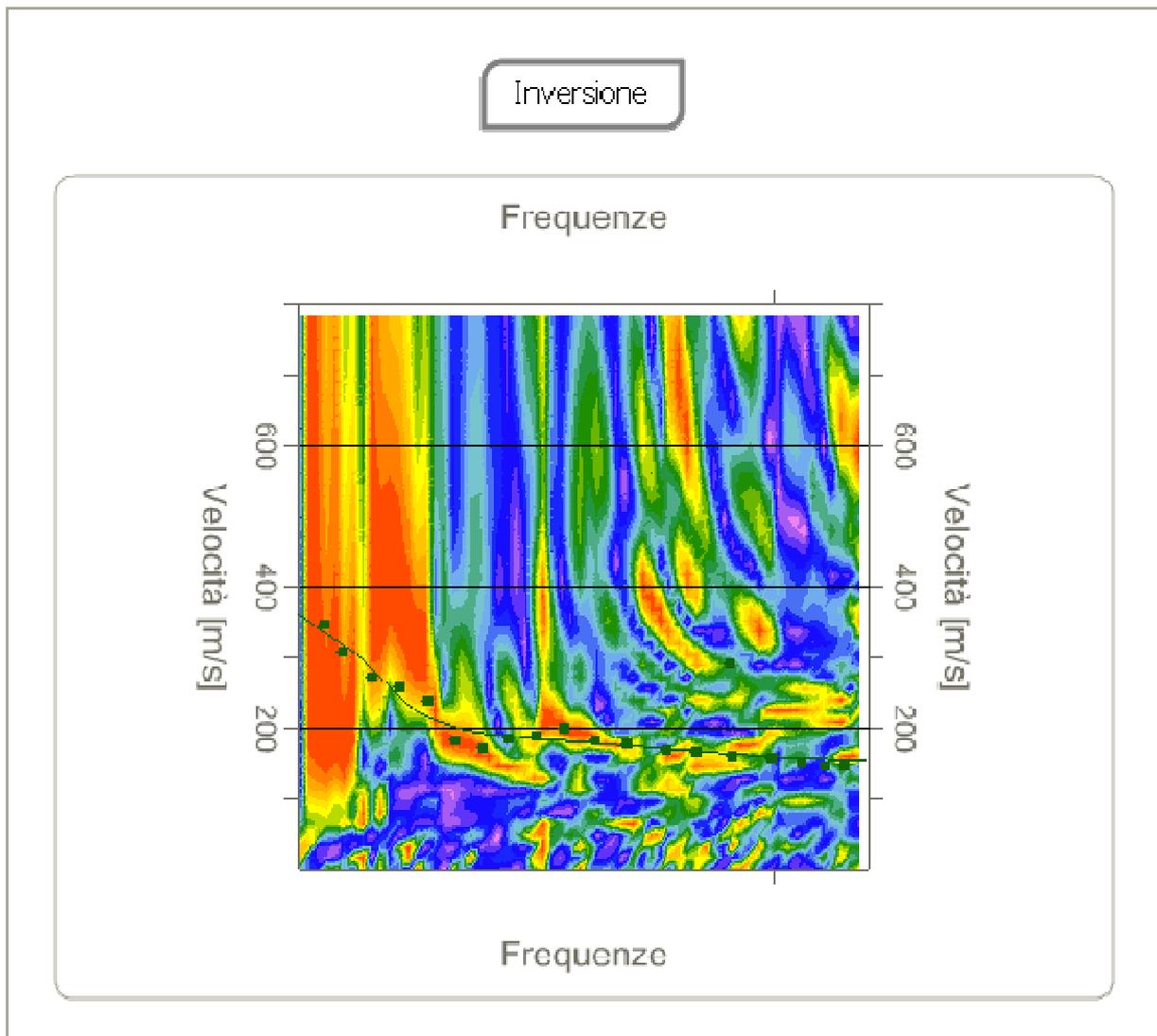


Figura 14-Inversione

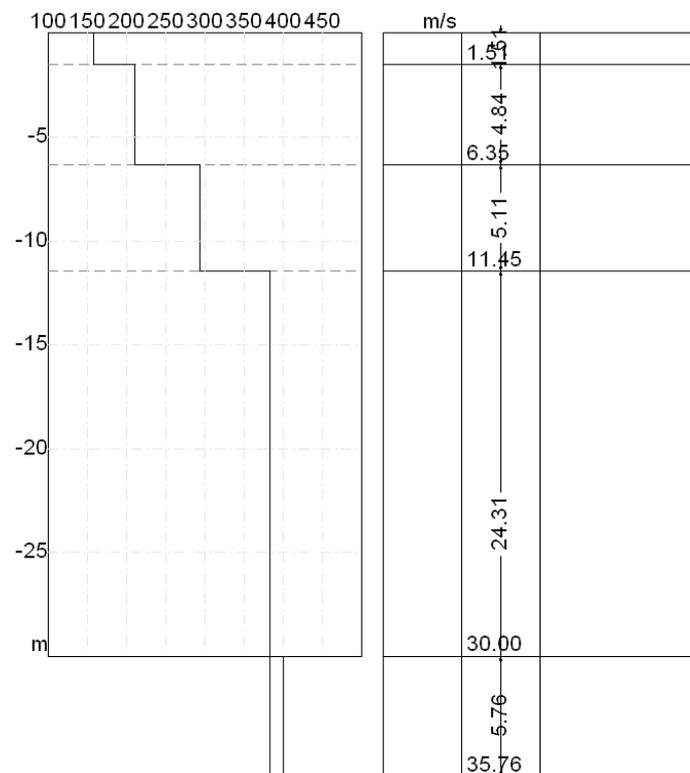
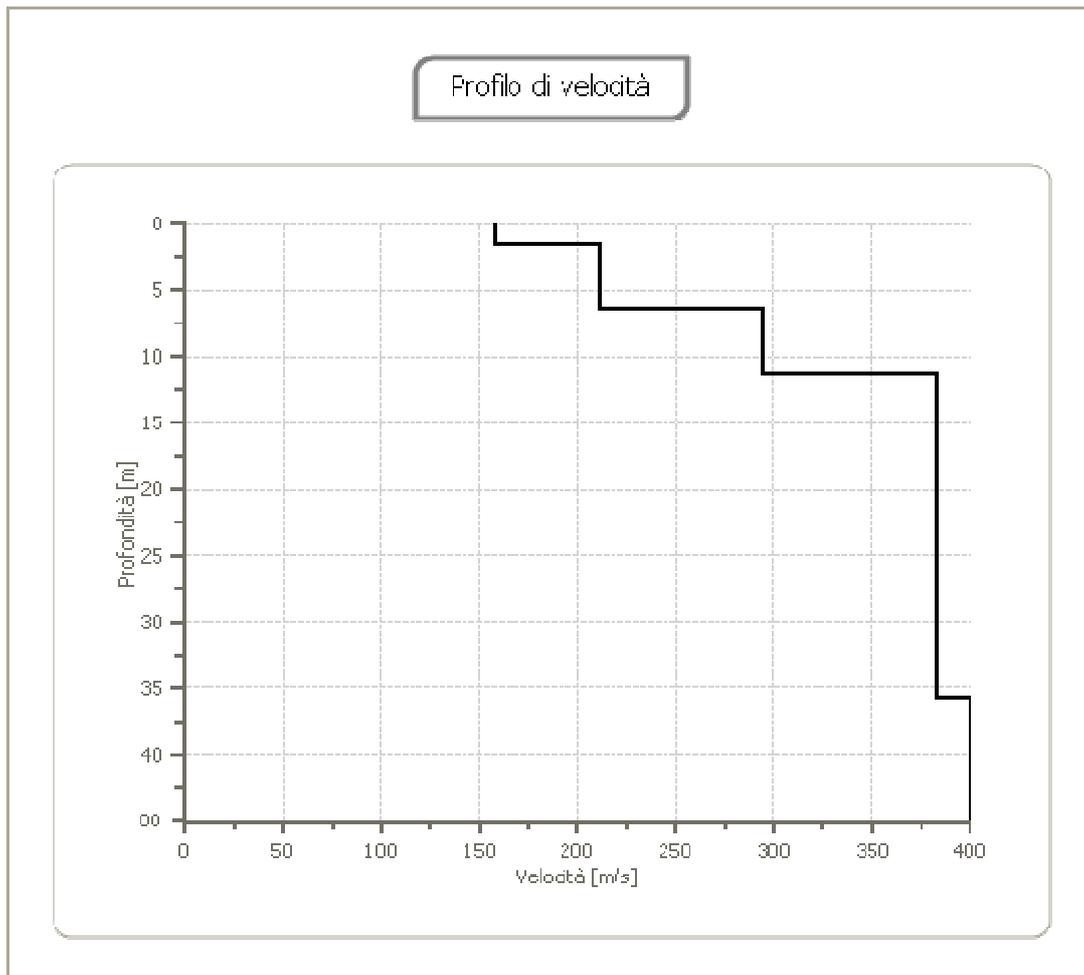


Figura 15-16 - Modello risultante dall'inversione dei dati - Sismostratigrafia

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.51	1.51	157.58	294.81	1700.00	0.30	42.21	147.75	91.46	109.76
2	6.35	4.84	210.95	394.65	1850.00	0.30	82.32	288.13	178.37	214.04
3	11.45	5.11	293.88	549.79	1900.00	0.30	164.09	574.32	355.53	426.64
4	35.76	24.31	382.50	715.59	2000.00	0.30	292.61	1024.15	634.00	760.79
5	oo	oo	400.16	748.64	2000.00	0.30	320.26	1120.92	693.90	832.69

Tabella 4 - Schema riassuntivo parametri estrapolati dalla MASW

G0: Modulo di deformazione al taglio;
 Ed: Modulo edometrico;
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
 Ey: Modulo di Young;

3.2 Parametri sismici

Da un punto di vista topografico, l'area ricade nella classe T1 (Tab. 3.2.III - NTC 2018).

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

Tabella 5: Tab 3.2.III NTC 2018 - caratteristiche della superficie topografica

La vita nominale di progetto VN di un'opera è definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. Nel nostro caso la vita nominale Vn è posta pari a 50 anni (costruzioni con livelli di prestazioni ordinari).

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 6: Tab. 2.4.I NTC 2018 - Valori minimi della Vita nominale VN di progetto

Nell'area in esame saranno edificati edifici agricoli (classe d'uso I), ma poiché sono previsti anche uffici e l'abitazione del custode, cautelativamente viene considerata una classe d'uso II per l'intero ambito di intervento.

Alla luce di quanto esposto in precedenza, gli elementi fondamentali dell'area di interesse ed i parametri sismici del sito in esame, sono:

SITO IN ESAME	VALORE
latitudine:	45,025004
longitudine:	8,905851
Vita nominale:	50
Classe d'uso dell'edificio:	II
PARAMETRI SISMICI	VALORE
Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Coefficiente c_u :	1,0

Tabella 7: dati del sito di riferimento

Le azioni sismiche di 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):

Tipo di costruzione	Classe d'uso	Coefficiente d'uso (C_U)	V_N	V_R
1	I	1,0	50 anni	50 anni

Tabella 8 – Determinazione del periodo di riferimento

A partire dai parametri di input sopra riportati, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} e del periodo di ritorno T_R , sono calcolati, per i diversi stati limite richiesti dalla norma, i valori a_g , F_0 , T_C^* e gli ulteriori parametri necessari per la caratterizzazione sismica locale:

		P_{VR}	T_R	Valori interpolati			Valori ricavati da a_g , F_0 , e T_C^*						
		[adm]	[anni]	a_g	F_0	T_C^*	S_s	C_c	S_t	T_B	T_C	T_D	F_v
		[adm]	[anni]	[g]	[adm]	[s]	[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]	[adm]
SLE	SLO	81%	30	0,021	2,51	0,18	1,50	1,84	1,00	0,11	0,33	1,69	0,50
	SLD	63%	50	0,028	2,49	0,20	1,50	1,77	1,00	0,12	0,37	1,71	0,57
SLU	SLV	10%	475	0,071	2,50	0,27	1,50	1,60	1,00	0,15	0,45	1,89	0,91
	SLC	5%	975	0,095	2,49	0,28	1,50	1,60	1,00	0,15	0,45	1,99	1,04

Tabella 9 – Parametri e coefficienti sismici del sito

Si riportano di seguito i principali parametri e riferimenti che entrano in gioco:

P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite;

T_R = periodo di ritorno;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito (valore nominale);

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

T_{c^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLE = stati limite di esercizio:

- **(SLO) Stato Limite di Operatività:** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **(SLD) Stato Limite di Danno:** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

SLU = stati limite ultimi:

- **(SLV) Stato Limite di salvaguardia della Vita:** 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **(SLC) Stato Limite di prevenzione del Collasso:** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture 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.

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

C_c = coefficiente di categoria di sottosuolo

S_t = coefficiente di amplificazione topografica

T_b = tratto ad accelerazione costante

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

T_d = periodo inizio tratto a spostamento costante

F = fattore di amplificazione spettrale

I tre valori ottenuti di a_g , F_0 e T_{c^*} definiscono le varie forme spettrali. Per calcolare il valore di A_{max} (accelerazione massima) occorre moltiplicare il valore di a_g per i coefficienti di amplificazione sismica (S) secondo la seguente relazione:

$$A_{max}=a_g (m/s^2) * S$$

Poiché l'accelerazione massima deve essere fornita in m/s^2 dai valori nominali di a_g trovati in precedenza si determina il valore di accelerazione massima attesa al sito moltiplicando prima i valori di a_g per $9,81 m/s^2$ e successivamente, per ottenere il valore finale di A_{max} relativo ad ogni stato limite, occorre moltiplicare a_g (m/s^2) per i coefficienti di amplificazione sismica S , con $S = S_s \times S_t$ (in questo caso $S = 1,5$ poiché $S_s=1,50$ e $S_t=1,00$).

		a_g (accelerazione orizzontale massima)	a_g x 9,81 (m/s^2)	S (coefficiente di amplificazione sismica)	(a_g* S)g	A max (accelerazione massima)
		[g]	m/s^2			m/s^2
SLE	SLO	0,021	0,20	1,5	0,031	0,31
	SLD	0,028	0,27	1,5	0,041	0,41
SLU	SLV	0,071	0,69	1,5	0,107	1,05
	SLC	0,095	0,93	1,5	0,141	1,39

Tabella 10 – Determinazione dell'accelerazione massima per i diversi stati limite

I coefficienti K_h (coefficiente sismico orizzontale riferito al sito) e K_v (coefficiente sismico verticale riferito al sito) hanno i seguenti valori:

		K_h	K_v
SLE	SLO	0,006	0,003
	SLD	0,009	0,004
SLU	SLV	0,021	0,011
	SLC	0,028	0,014

Tabella 11–Valori del coefficiente sismico orizzontale (K_h) e verticale (K_v), riferiti al sito

3.3 Valutazione della suscettibilità sismica dell'area (Verifica di II livello)

Effetti litologici

Al fine di determinare i valori di F_a dal punto di vista degli effetti litologici, sono stati utilizzati i risultati emersi dall'esecuzione dello stendimento geofisico con metodo MASW.

Mediante tale elaborazione e con l'utilizzo di apposite schede messe a disposizione dalla Regione Lombardia, contenute nella D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, si è calcolato il valore di F_a (fattore di amplificazione) da confrontare con i limiti di riferimento indicati dalla Regione Lombardia.

Per ottenere il suddetto F_a è necessario ricavare il valore di V_{s30} (onde sismiche di taglio o trasversali) utilizzando le velocità V_s degli strati intercettati mediante la formula precedentemente riportata. In questo modo si risale al tipo di suolo, che come precedentemente indicato si tratta di **tipo C**.

Sulla base di parametri geotecnici e litologici, si individua la litologia prevalente del sito e da questo dato si sceglie la relativa scheda di riferimento riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente nella D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011. Nello specifico la normativa regionale riporta 6 tipi di schede litologiche:

- scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- scheda per le litologie sabbiose (da utilizzarsi in zone di pianura).

Si riportano, in un apposito diagramma all'interno di queste schede, i valori delle V_s relative ad ogni strato. Tale confronto permette di verificare se si rientra o meno nel campo di validità della scheda di riferimento. I dati ottenuti in campagna e riportati in Tabella 3 vengono inseriti all'interno della scheda relativa al grafico per la litologia "sabbiosa".

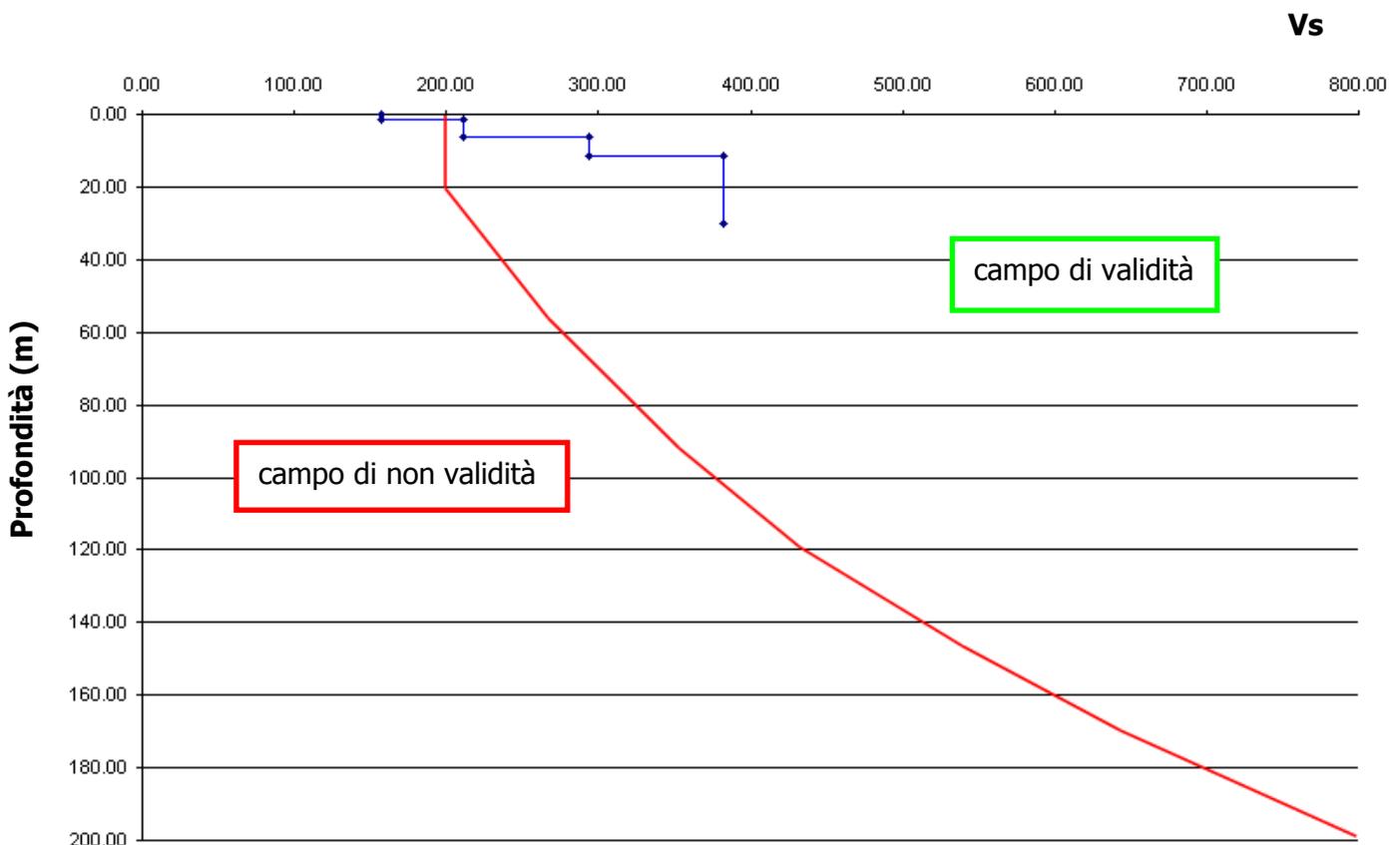


Fig. 17 - Grafico relativo al campo di validità della scheda litologica sabbiosa

Ottenuti la velocità del primo strato ed il relativo spessore si riportano questi valori all'interno dell'abaco al fine di ricavare il colore della curva da utilizzare (Fig. 18) per ottenere il valore di F_a .

Facendo pertanto la media pesata del "primo strato" assimilabile ai primi 6,35 m di spessore, è possibile associare una velocità delle onde pari a 200 m/s.

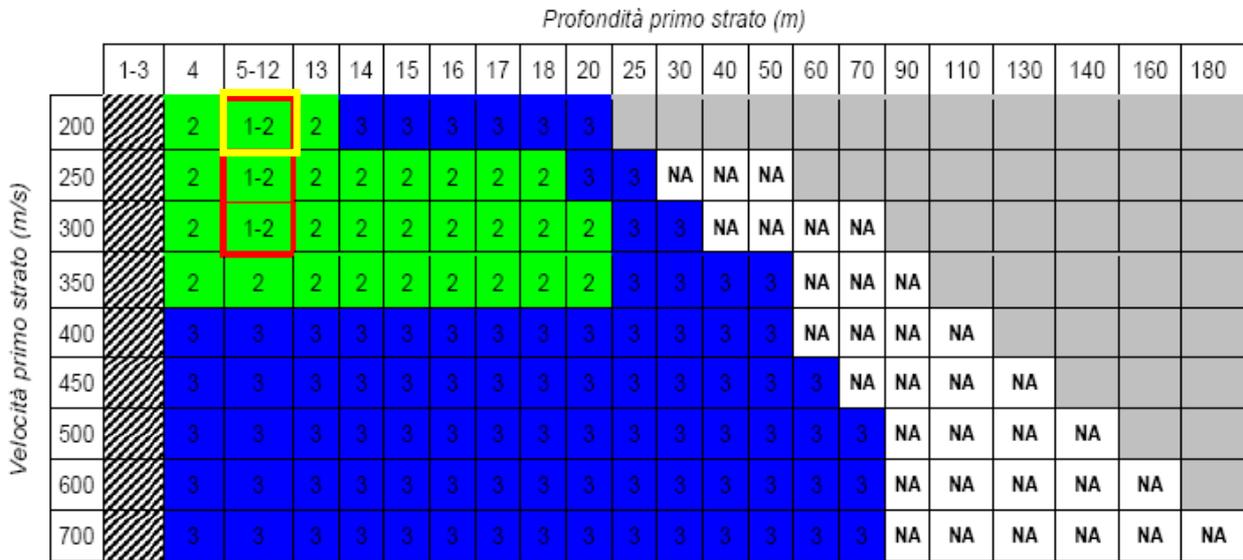


Fig.18 - Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di Fa, grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità

Con i valori sopra ottenuti si calcola il periodo "T" relativo al sito. Per la determinazione del periodo si utilizza la seguente equazione:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_{s_i} = Velocità dell'onda di taglio i-esima

Valore del periodo T calcolato
0.73

Tabella 12 - recante il valore del periodo T calcolato

Conoscendo la velocità del primo strato, la curva di riferimento ed il valore del periodo T calcolato, si può risalire al valore di Fa utilizzando gli abachi di riferimento di Fig. 19 e Fig. 20 per la litologia sabbiosa e riferiti rispettivamente a edifici bassi e a edifici alti.

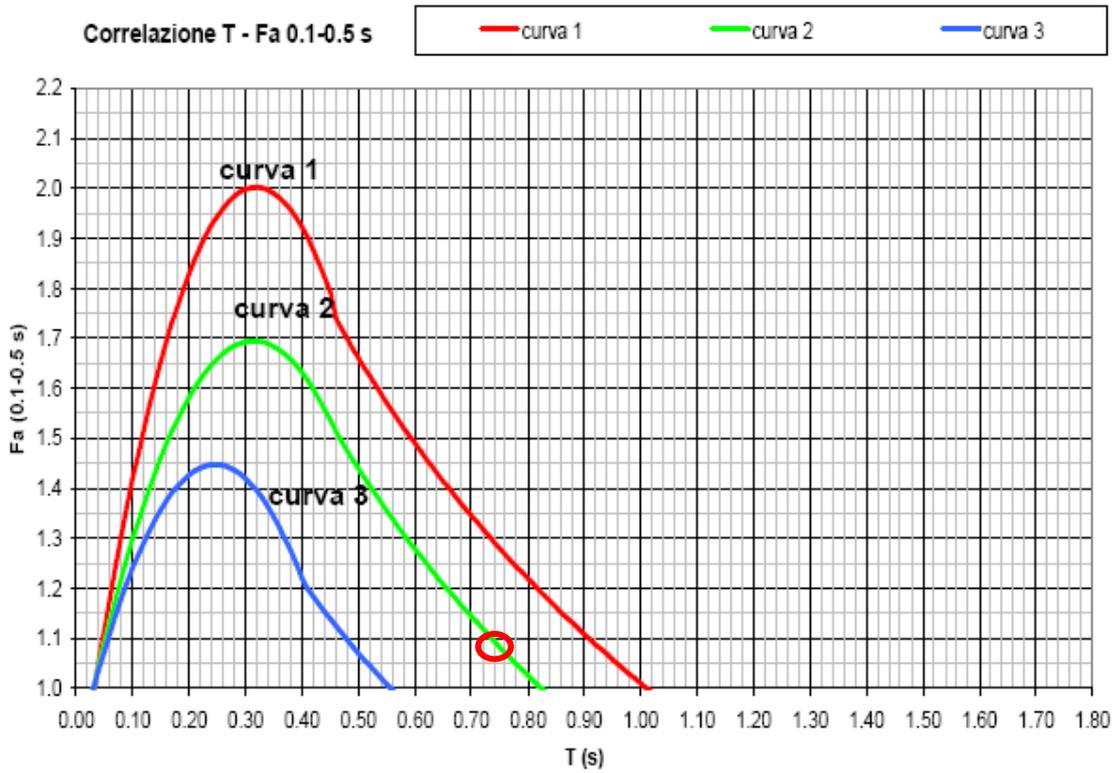


Fig. 19– Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito a edifici bassi)

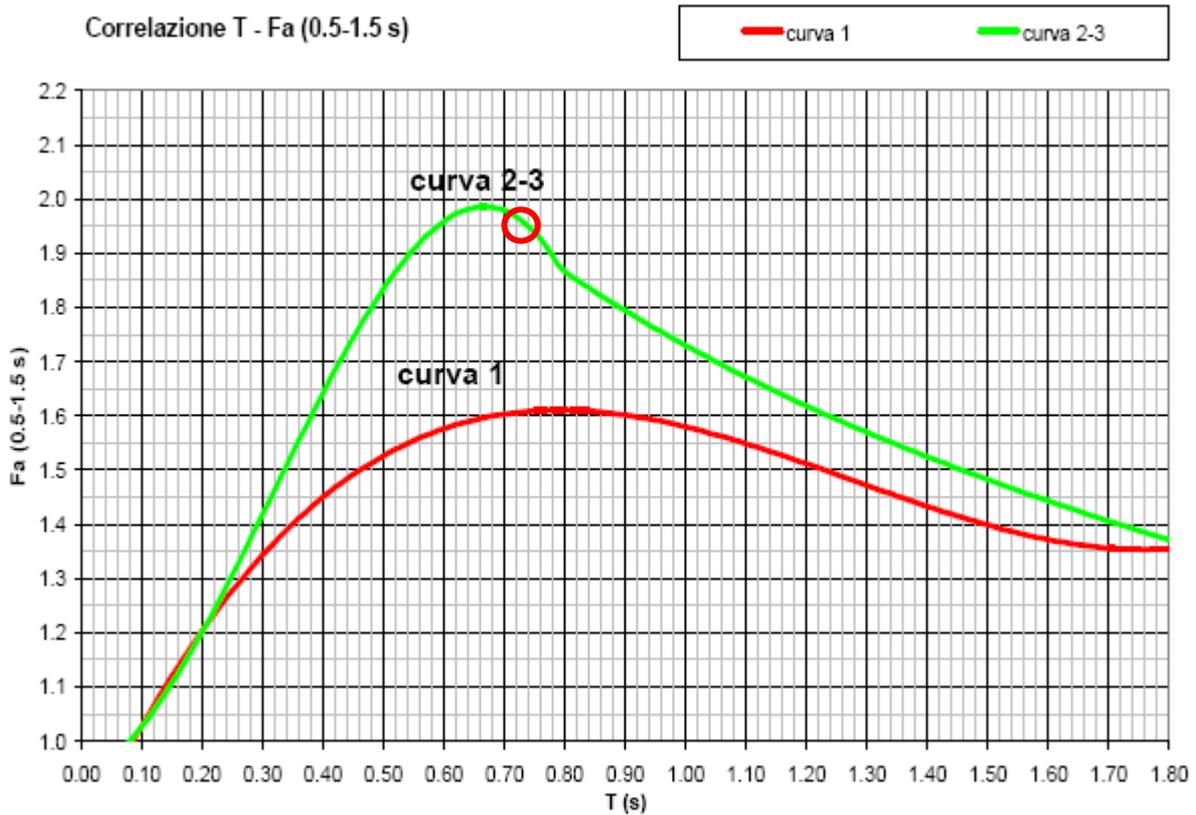


Fig. 20 – Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito a edifici alti)

Dagli abachi emerge come il valore attribuito al periodo ($T=0,73$), identifichi sulla curva verde un valore di **Fa = 1,1 per edifici bassi (Fa di riferimento per i terreni di tipo C =1,80) e Fa = 1,95 per edifici alti (Fa di riferimento per i terreni di tipo C = 2,40).**

Nel nostro caso il valore di Fa calcolato risulta essere inferiore al valore di Fa di riferimento per la categoria del suolo C, sia per edifici alti che per edifici bassi, pertanto i valori calcolati di Fa sono accettabili e conformi alla categoria di suolo individuata.

Le tabelle sottostanti riportano i valori di Fa relativi, nel primo caso ad edifici bassi (T compreso tra 0.1 e 0.5 s), nel secondo caso ad edifici alti e flessibili (T compreso tra 0.5 e 1.5 s) per ogni tipo di suolo individuato dalla Regione Lombardia per il comune di Casei Gerola.

VALORI DI SOGLIA PER PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
CASEI GEROLA	3	Suolo tipo B 1.4	Suolo tipo C 1.8	Suolo tipo D 2.2	Suolo tipo E 2.0

Tabella 13 - Valori di soglia di Fa relativi a edifici bassi

VALORI DI SOGLIA PER PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
CASEI GEROLA	3	Suolo tipo B 1.7	Suolo tipo C 2.4	Suolo tipo D 4.2	Suolo tipo E 3.1

Tabella 14 - Valori di soglia di Fa relativi a edifici alti

4. Analisi del rischio alla liquefazione

Il calcolo è stato eseguito sulla base dei risultati ottenuti da una prova MASW, che ha fornito i valori della velocità delle onde sismiche secondarie nella parte più superficiale (V_{s30}) del terreno nel sito in esame. E' stato utilizzato il metodo di Andrus & Stokoe.

Per la stima della magnitudo si è utilizzato il metodo delle zone sismogenetiche con le modalità suggerite in "Indirizzi e criteri per la zonazione microsismica" della Protezione Civile.

Il sito è inserito in prossimità del bordo nordoccidentale della zona ZS9-911 (Tortona-Bobbio), caratterizzata da $M = M_{wMax2} = 6.14$; poiché la distanza minima tra il sito e quest'ultima zona risulta di circa $R = 4$ km, applicando la $M_s = 1 + 3 \cdot \log(R)$ suggerita dalla citata Protezione Civile, la magnitudo apparente al sito (2.80)

risulta inferiore alla M di detta zona (6.14). Per il calcolo si è perciò assunta la magnitudo M_{wMax2} della zona ZS9-911, pari a 6.14.

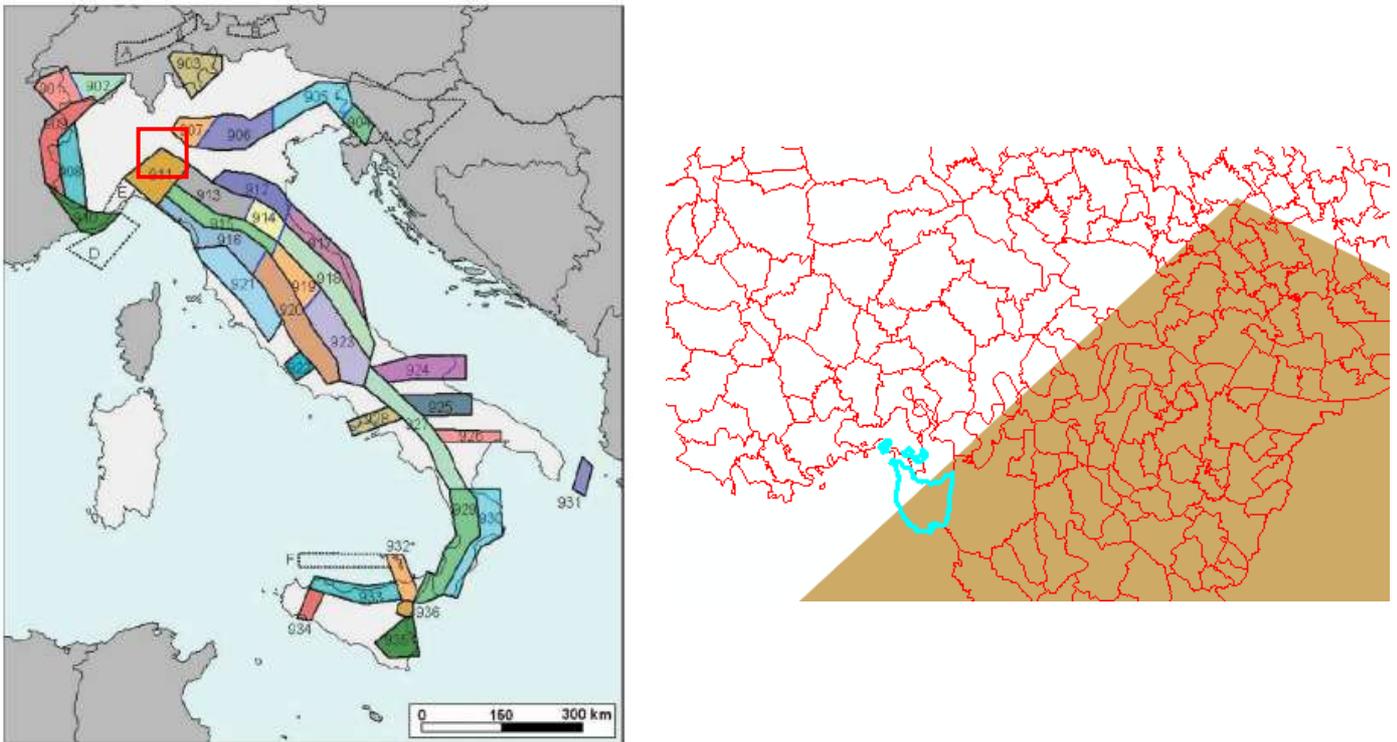


Fig. 21-22 – Zone sismogenetiche d'Italia ed ubicazione del sito nella zona sismogenetica

Per quanto attiene l'accelerazione attesa, secondo la normativa NTC, per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per una struttura di progetto di Tipo II con vita nominale di 50 anni, sul sito in esame (categoria di suolo C, categoria topografica T1, coefficiente c_u 1.0) l'accelerazione massima al suolo in free-field (PGA) raggiunge il valore 0.107 g (vedesi tabella 10 dove $0.107 \cdot 9.81 = 1.05 \text{ m/s}^2$).

La falda idrica è stata cautelativamente posta a -3.0 m dal p.c. I risultati del calcolo indicano che, per quanto attiene la suscettibilità alla liquefazione il terreno in esame è da classificare "NON LIQUEFACIBILE" con rischio di liquefazione "da Nullo a Molto Basso"

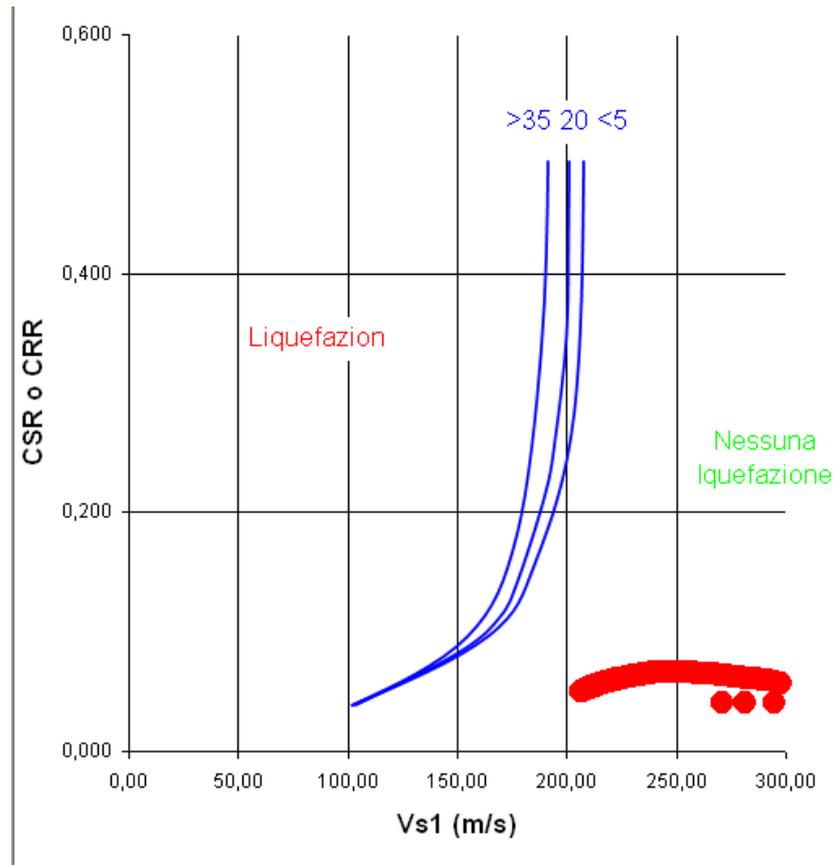


Fig.23 Risultati dell'elaborazione a liquefazione

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di ottenere utili informazioni tecniche destinate ad una corretta interpretazione delle caratteristiche reologiche dei terreni di fondazione del manufatto in progetto, sono state eseguite n.3 prove penetrometriche statiche (CPT1, CPT2 e CPT3) e n.1 prova penetrometrica dinamica (SCPT1), che hanno raggiunto la profondità massima di 7 m, utilizzando un penetrometro statico/dinamico Pagani modello Emilia – TG 63-200 (200 kN) avente una spinta di infissione di 20 t (manicotto sup. 150 mm², punta diam. 36 mm), un maglio di 73,0 Kg (volata 75 cm, angolo di apertura 60°), aste lunghe 1 metro.

La **prova penetrometrica statica** (CPT) consiste nello spingere nel terreno, ad una velocità costante di 2 cm/sec, una serie di aste cilindriche con un cono alla base (punta meccanica Begemann) e misurarne continuamente o ad intervalli non superiori a 20 cm la resistenza alla penetrazione.

La resistenza viene misurata nel momento in cui manicotto e punta conica sono spinti verso il basso mentre gli altri elementi del penetrometro rimangono fermi.

- Resistenza alla punta conica q_c :

la resistenza al cono è letta direttamente sul display della cella di carico montata sul gruppo di spinta dell'attrezzatura:

$$q_c = R_p$$

misurata in kg/cm².

- Attrito laterale o locale f_s :

l'attrito unitario locale che si ottiene sottraendo al valore di R_l (resistenza laterale letta sul display) il valore di R_p , diviso per la superficie laterale del manicotto (S_l):

$$f_s = (R_l - R_p) / S_l$$

Le prove di penetrazione con cono vengono eseguite per ottenere dati su di uno o più dei seguenti elementi:

- stratigrafia degli orizzonti e loro omogeneità,
- caratteristiche meccaniche del terreno,
- capacità portante delle fondazioni.

La **prova penetrometrica dinamica** (SCPT) consiste nell'infingere verticalmente nel terreno la punta conica metallica posta alla estremità dell'asta di acciaio; l'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard.

Si conta il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita (30 cm); la resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi per una data penetrazione.

Il numero di colpi della prova SCPT (N_{30}) è correlato con l'equivalente numero di colpi della prova SPT (N_{SPT} ; Standard Penetration Test) secondo la seguente relazione:

$$N_{30} / N_{SPT} \approx 0,5 \div 0,6 \text{ (Cestari 1990)}$$

La correlazione tra N_{30} e N_{SPT} permette di interpretare i risultati ottenuti al fine di ricavare le necessarie informazioni su di uno o più delle seguenti argomentazioni:

- stratigrafia degli strati e loro omogeneità;
- caratteristiche meccaniche del terreno;
- capacità portante di fondazioni superficiali e/o profonde.

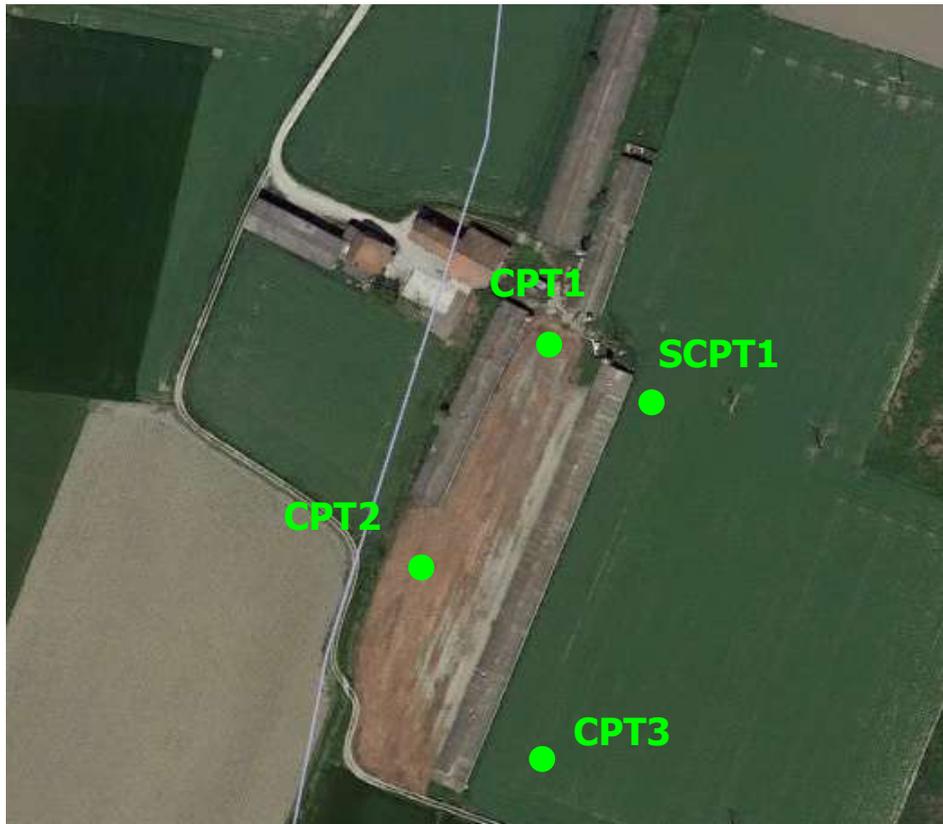


Fig. 24– Ubicazione delle due prove eseguite



Fig. 25– Ubicazione della prova CPT1



Fig. 26– Ubicazione della prova CPT2



Fig. 27– Ubicazione della prova CPT3



Fig. 28 – Particolare della prova penetrometrica dinamica SCPT 1

6. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE

L'elaborazione dei dati desunti dall'analisi dei dati bibliografici e dalle prove penetrometriche eseguite, ha permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico del sottosuolo e, contestualmente, di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni di fondazione; correlando i dati ricavati dalle indagini suddette, sono stati individuati 4 orizzonti litologici caratterizzati da terreni con granulometria, grado di addensamento e parametri geotecnici propri.

In particolare, è stato individuato, dal p.c. fino alla profondità di 1,00m dal piano di esecuzione delle indagini l'**orizzonte A** costituito da sabbia limosa (terreno coltivo) ($Q_c = 8-12 \text{ Kg/cm}^2$).

Sottostante il suddetto orizzonte A è presente fino alla profondità variabili tra 2,80 e 3,40 m dall'attuale piano campagna, un orizzonte limoso argilloso (**orizzonte B**) tenero ($Q_c = 12-16 \text{ Kg/cm}^2$).

Dalla profondità di 2,80 e 3,40 dal p.c. fino alla profondità di 4,6 m (CPT1) e fino alla profondità 7,00 m (CPT2) è stato individuato, un orizzonte sabbioso limoso mediamente addensato - (**orizzonte C**) ($Q_c = 20-70 \text{ Kg/cm}^2$). Tale orizzonte risulta caratterizzato dalla presenza di locali livelli limosi argillosi centimetrici teneri individuati in particolare in corrispondenza della prova Cpt 2 da 4,40 m a 4,80 m nella prova Cpt 3 da 4,20 a 4,40 e da 4,60 a 4,80 m ($Q_c = 8-18 \text{ Kg/cm}^2$).

Dalla profondità di 4,60 (cpt1) e 7,00 (cpt2) m dal p.c. fino alla massima profondità (7,20 m) è stato individuato, un orizzonte sabbioso ghiaioso addensato - (**orizzonte C**) ($Q_c = 104-295 \text{ Kg/cm}^2$).

Si riportano di seguito le caratteristiche litologiche e geotecniche degli orizzonti individuati:

PROFONDITA' (m da p.c.)	MODELLO LITOSTRATIGRAFICO	MODELLO GEOMECCANICO	Qcmedio (Kg/cm ²)
0.00÷ 1.00	Terreno coltivo/riporto	orizzonte A	/
1.00 ÷ 2,80/3,40	Limo argilloso	orizzonte B	14
2,80/3,40÷ 4,60/7,00	Sabbia con locali livelli limoso argillosi	orizzonte C	35
4,60/7,00÷ 7,20	Sabbia con ghiaia	Orizzonte D	>100

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI FONDAZIONE			
Orizzonte A – Terreno riporto/ vegetale			
Orizzonte B – LIMO ARGILLOSO			
<i>CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Classificazione			coesivo
Spessore		m	1.80-2.40
Densità relativa	Dr	%	/
Addensamento			tenero
<i>PESI</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso di volume	γ	t/m ³	1,70
Peso di volume immerso	γ	t/m ³	/
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Angolo di attrito efficace	ϕ'	°	16-20
Coesione efficace	C'	Kg/cm ²	0.0-0.1
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	0.3-0.5
PARAMETRI ELASTICI	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Modulo edometrico	M	Kg/cm ²	40-60
coefficiente di Poisson	μ	-	0,35
Orizzonte C – SABBIA CON LIVELLI LIMOSO ARGILLOSI			
<i>CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Classificazione			incoerente
Spessore		m	2.00-4.00
Densità relativa	Dr	%	40-60
Addensamento			Medio
<i>PESI</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso di volume	γ	t/m ³	1,80÷1,90
Peso di volume immerso	γ	t/m ³	0,80÷0,90
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Angolo di attrito efficace	ϕ	°	29-31
Coesione efficace	C'	Kg/cm ²	-
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	-
PARAMETRI ELASTICI	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	150-200
coefficiente di Poisson	μ	-	0,30
Orizzonte D – SABBIA CON GHIAIA			
<i>CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Classificazione			incoerente
Spessore		m	/
Densità relativa	Dr	%	50-70
Addensamento			Medio-denso
<i>PESI</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso di volume	γ	t/m ³	1,95÷2,00
Peso di volume immerso	γ	t/m ³	0,95÷1,00
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>

Comune di Casei Gerola (PV)

Angolo di attrito efficace	ϕ	°	33-38
Coesione efficace	C'	Kg/cm ²	-
Coesione non drenata	C_u	Kg/cm ²	-
PARAMETRI ELASTICI	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	200-250
coefficiente di Poisson	μ	-	0,30

7. SCAVI

In considerazione del fatto che il progetto possa prevedere sbancamenti di terreno per la realizzazione di un piano interrato si rende necessaria (oltreché obbligatoria per Norma) la protezione degli sbancamenti aventi altezza del fronte di scavo superiore a 1,50 m; tale accorgimento impedirà che possano verificarsi cedimenti nei terreni sul fronte di scavo e permetterà di poter lavorare all'interno dello scavo in assoluta sicurezza, come previsto dal *Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 Attuazione dell'Art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e del Decreto Ministeriale 14 gennaio 08 "Norme tecniche sulle costruzioni"*.

Si riportano di seguito gli articoli più significativi.

➤ *D.Lgs 81/2008, art. 118: Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, e' vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.*

➤ *D.Lgs 81/2008, art. 118: Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.*

➤ *D.Lgs 81/2008, art. 120: E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.*

DM 14 01 08 "Norme tecniche sulle costruzioni", 6.8.6. (fronti di scavo): Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.

Al fine di evitare il franamento e/o spostamento dei terreni di scarpata si consiglia di ricorrere ad una delle seguenti soluzioni da dimensionare in fase progettuale :

➤ scavo tradizionale con angolo di sbancamento adeguato tale da garantire le condizioni di massima sicurezza (da definire in fase progettuale). Questa soluzione potrà essere completata dalla formazione di gradoni utili alla diminuzione della pendenza e dell'altezza di fronti di scavo verticali molto estesi.

Al termine delle operazioni di scavo si dovranno adottare adeguate protezioni necessarie per prevenire eventuali fenomeni di dilavamento da parte delle acque piovane.

➤ utilizzo di opportune strutture di sostegno (paratie, berlinese di micropali, ecc)

8. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il 22 agosto 2017 è entrato in vigore il DPR 13 giugno 2017, n. 120, ovvero il nuovo regolamento sulla "Disciplina semplificata delle terre e rocce da scavo", il quale abroga sia il DM n. 161/2012, che l'art. 184-bis, comma 2bis del TUA, nonché gli artt. 41, c.2 e 41-bis del DL n. 69/2013.

La nuova disciplina riguarda la gestione delle terre e rocce da scavo sia come sottoprodotti sia come rifiuti con un ampliamento dei limiti quantitativi per il deposito temporaneo. Il D.P.R. n. 120/2017 secondo quanto sancito nell'art. 1 disciplina:

- La gestione delle terre e rocce da scavo escluse dalla normativa sui rifiuti, limitatamente ad alcuni cantieri.
- La gestione delle terre e rocce da scavo riutilizzate come sottoprodotti in relazione a qualunque cantiere.
- La gestione delle terre e rocce da scavo per il deposito temporaneo delle stesse come rifiuti.

Assunto che per terre e rocce da scavo si intende il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, e che la qualifica di sottoprodotti non viene meno se le terre sono frammiste a materiali il cui utilizzo è fisiologico in talune attività di scavo, vale a dire il calcestruzzo, la bentonite, il PVC, la vetroresina, le miscele cementizie e gli additivi per scavo meccanizzato.

L'art. 2 continua con altre definizioni fondamentali quali quella di sito: un'area o porzione di territorio geograficamente definita e perimetrata; di sito di produzione: il sito in cui le terre sono generate; e quella di opera: il risultato di un insieme di lavori che di per sé esplica una funzione economica o tecnica.

Restano espressamente estranei alla normativa i rifiuti da demolizione e il refluisce in mare di cui all'art. 109, D.Lgs 152/2006 (art. 3).

All'art. 4 sono definiti i criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti. Il comma 3 dedicato ai materiali di riporto stabilisce che la presenza di quest'ultimi, non farà perdere la qualifica di sottoprodotti alle terre in cui la quantità massima di materiali di origine antropica corrisponda al 20% in peso. Le terre e rocce da scavo dovranno inoltre rispettare le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) e superare il test di cessione da condurre con il metodo di cui al D.M. 5/02/1998 da confrontare con le CSC per le acque sotterranee.

L'articolo 5 è dedicato al deposito intermedio. Esso potrà avvenire nel sito di produzione, in quello di destinazione o in altro sito a condizione che siano rispettati 5 requisiti:

- 1 Compatibilità di destinazione urbanistica tra sito di produzione e sito di deposito.
- 2 Preventiva indicazione di luogo e durata.
- 3 Durata non superiore al termine di validità del piano o della dichiarazione di utilizzo.
- 4 Separazione fisica e autonoma gestione rispetto ad altre terre, siano esse sottoprodotti considerati in altri piani o dichiarazioni, siano esse rifiuti.
- 5 Conformità al piano o alla dichiarazione e presenza di apposita segnaletica con tutte le informazioni del caso.

È possibile variare il sito di deposito intermedio purché vi sia un tempestivo aggiornamento del piano o della dichiarazione. In caso di sfioramento dei tempi, le terre temporaneamente depositate diverranno rifiuti.

Gli articoli da 8 a 19 normano le terre e rocce da scavo prodotti in cantieri oltre i 6.000 m³ per opere sottoposte a VIA/AIA. In tali cantieri è necessario redigere il piano di utilizzo che deve essere conforme alle disposizioni previste nell'allegato 5 del decreto.

Gli art. 20-22 riguardano i cantieri fino ai 6.000 m³ e in quelli oltre i 6.000 m³ non sottoposti a VIA/AIA, dove la dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà assolve la funzione del piano di utilizzo. Essa va inviata almeno 15 giorni prima l'inizio dello scavo, utilizzando il modulo presente all'allegato 6 del decreto, al comune del luogo di produzione e all'ARPA, indicando quantità, siti di deposito intermedio e di destinazione, estremi delle autorizzazioni e tempi per l'utilizzo.

L'art. 23 riguarda la disciplina del deposito temporaneo di terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti.

L'art. 24 riguarda invece la possibilità di riutilizzare nel sito di produzione di terre e rocce da scavo escluse disciplina dei rifiuti.

Per potersi considerare escluse dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti le terre e rocce da scavo devono essere prive di contaminazione (art. 185 comma 1 lett. C del D.Lgs. 152/06).

Gli art. 25 e 26 riguardano rispettivamente le modalità e le cautele da attuare per condurre l'attività di scavo nei siti di bonifica già caratterizzati e il riutilizzo delle terre provenienti da un sito in bonifica all'interno dello stesso sito.

Gli ultimi cinque articoli (27-31) si riferiscono alle disposizioni intertemporali, transitorie e finali. In particolare il regime transitorio considera diverse situazioni:

- I piani e i progetti già approvati prima dell'entrata in vigore del D.P.R. 120/2017 restano disciplinati dalla normativa previgente che dovrà essere applicata anche alle modifiche e agli aggiornamenti che possono intervenire dopo il 22 Agosto 2017.

- I progetti con procedura in corso alla data di entrata in vigore del D.P.R. 120/2017 restano disciplinati dalla normativa previgente, tuttavia, entro 180 giorni dall'entrata in vigore del D.P.R., è fatta salva la volontà di passare al nuovo regime presentando il piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o la dichiarazione di cui all'articolo 21.

- In caso di riutilizzo nello stesso sito previsto in procedure di VIA già avviate nelle quali non sia intervenuto il provvedimento finale si applica, su richiesta del proponente, l'art. 24.

- In caso di riutilizzo nei siti di bonifica restano valide le autorizzazioni rilasciate in approvazione dei progetti di bonifica.

L'articolo 28 rimarca la necessità che gli enti di controllo competenti effettuino controlli, ispezioni e prelievi per verificare il rispetto di quanto previsto nei piani di utilizzo e di quanto espresso nelle dichiarazioni di utilizzo e di avvenuto utilizzo. Il D.P.R. si chiude con l'art. 31 che sancisce le norme espressamente abrogate:

- D.M. n. 161/2012;
- L'art. 184/bis, comma 2bis, D.Lgs. 152/06;
- Gli artt. 41, comma 2 e 41bis, D.L. 69/13 convertito, con modificazioni, dalla legge n. 98/2013.

9. CONCLUSIONI

La presente relazione, redatta ai sensi della normativa vigente, illustra i risultati dell'indagine realizzata al fine di definire le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e geotecniche su terreni che saranno interessati dalla realizzazione di alcuni edifici agricoli con annessi uffici e abitazione del custode, in comune di Casei Gerola (PV).

Per la caratterizzazione litostratigrafica dell'area, lo studio ha comportato un rilievo geomorfologico di dettaglio della zona, l'esecuzione di 3 prove penetrometriche statiche e di 1 prova penetrometrica dinamica e l'esecuzione di uno stendimento sismico con metodologia MASW, al fine di risalire alla categoria sismica del sottosuolo.

Il territorio comunale di Casei, a seguito della D.G.R 11 Luglio 2014 – n. X/2129 – "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia", ricade nella "classe sismica 3".

Ai fini della eventuale valutazione della risposta sismica locale per le verifiche sotto azione sismica con il metodo agli stati limite, si espone quanto segue:

- ◆ Il sottosuolo è da assumere in categoria **C** (Tab. 3.2.II delle NTC); le condizioni morfologiche sono da inserire nella categoria **T1**.
- ◆ I terreni di fondazione, non sono suscettibili di liquefazione in caso di sollecitazione sismiche per composizione granulometrica e grado di addensamento.
- ◆ L'area in esame appartiene alla classe 2 di fattibilità geologica, ossia FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI. In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Lungo il confine occidentale l'area ricade in classe 4 di fattibilità geologica all'interno della fascia di rispetto di 10 m del Fosso Calvenza.

Appartengono alla Classe 4 di fattibilità le fasce di rispetto dai corsi d'acqua, così come definiti inerenti il reticolo idrografico minore [RIM] del Comune di Casei Gerola, ai sensi delle direttive della D.G.R. n°7/7868 del 25.01.2002, modificata da D.G.R. 1 Agosto 2003 n. 7/13950 e successive integrazioni.

All'interno della classe 4 di fattibilità deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 12/2005 senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

L'elaborazione dei dati pregressi (prove penetrometriche e sondaggio pregressi) hanno permesso di evidenziare una successione stratigrafica composta da **4 orizzonti** principali distinti per natura litologica, granulometria e grado di addensamento; in particolare, il modello litostratigrafico - geomeccanico ottenuto dall'analisi dei risultati delle prove penetrometriche è così definito:

PROFONDITA' (m da p.c.)	MODELLO LITOSTRATIGRAFICO	MODELLO GEOMECCANICO	Qcmedio (Kg/cmq)
0.00÷ 1.00	Terreno coltivo/riporto	orizzonte A	/
1.00 ÷ 2,80/3,40	Limo argilloso	orizzonte B	14
2,80/3,40÷ 4,60/7,00	Sabbia con locali livelli limoso argillosi	orizzonte C	35
4,60/7,00÷ 7,20	Sabbia con ghiaia	Orizzonte D	>100

L'analisi delle stratigrafie e dai tabulati delle prove penetrometriche evidenzia come l'area in oggetto sia modellata in terreni superficiali in prevalenza coesivi (limi argillosi) teneri come testimonia la scarsa resistenza alla punta nelle prove statiche eseguite (Q_c medio =14 Kg/cmq). Le caratteristiche geotecniche migliorano negli orizzonti stratigrafici più in profondità (indicati C, D) raggiungendo valori di addensamento elevati (Q_c medio > 100 Kg/cmq) alla profondità di circa 4,60 - 7,00 m da piano campagna.

Durante l'indagine eseguita (gennaio 2020) è stata individuata una falda acquifera superficiale alla profondità di circa 3.60-4.00 m dal piano di esecuzione delle prove penetrometriche, valore che sostanzialmente si raccorda con quanto riportato all'interno del PGT.

Al fine di non alterare l'attuale equilibrio dell'area investigata nonché la stabilità dell'area circostante, si raccomanda di:

- ◆ proteggere eventuali sbancamenti con fronte di scavo avente altezza superiore a 1,5 m, utilizzando opportune strutture di sostegno (scavo a campione, scavo tradizionale con pendenza adeguata); tale accorgimento impedirà che possano verificarsi cedimenti nei terreni sul fronte di scavo e permetterà di poter lavorare all'interno dello scavo in assoluta sicurezza, come previsto dal *Decreto Legislativo 9 aprile 2008, num. 81 Attuazione dell'Art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e del Decreto Ministeriale 14 gennaio 18 "Norme tecniche sulle costruzioni"*.
- ◆ di impermeabilizzare le pareti dei manufatti (fondazioni) seminterrati e/o interrati, poiché non si possono escludere fenomeni di umidità ed infiltrazione di acqua dovuti alla oscillazione stagionale del livello freatico superficiale.

La presenza al piano di posa delle fondazioni di un orizzonte argilloso limoso compressibile e soggetto a cedimenti di consolidazione secondari richiede, in fase progettuale, una particolare valutazione del sistema di fondazione esistente ed eventuale sovraccarico al fine di evitare la formazione di cedimenti differenziali con gravi ripercussioni sulla stabilità della struttura stessa.

Le cause dei cedimenti differenziali in terreni coesivi e compressibili (limi-argille) sono riconducibili a diversi fattori:

- differente distribuzione dei carichi unitari da zona a zona;
- locale infiltrazione di acqua superficiale (pluviali o scarichi idrici non efficienti, eventi meteorici intensi) che provoca l'alterazione dello stato di compattezza del terreno coesivo di fondazione;
- disomogeneità nello spessore degli strati individuati,
- disuniformità nel tipo di fondazione.

Il quadro geologico-geomorfologico-idrogeologico definito dall'indagine non evidenzia particolari controindicazioni per l'attuazione dell'intervento in progetto; ma occorrerà prestare attenzione alle criticità emerse in particolare.

In particolare si dovrà prestare attenzione:

- ⇒ scelta delle più idonee tipologie fondazionali per la presenza di un orizzonte superficiale limoso argilloso;
- ⇒ alla regimazione generale delle acque sotterranee e superficiali;

San Martino Siccomario, Febbraio 2020

dott. geol. Gianluca Nascimbene
ordine dei geologi della Lombardia n.1076



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

- committente:
- lavoro:
- località: Casei Gerola

- data: 30/01/2020
- quota inizio:
- prof. falda: - 3,60 m

Prof m	Valori di resistenza				
	LP Kg/cm2	LL Kg/cm2	RP=qc Kg/cm2	RL=fs Kg/cm2	Rf=fs/qc %
0,20					
0,40	12	18	12	0,4	3,33
0,60	12	25	12	0,9	7,22
0,80	15	32	15	1,1	7,56
1,00	15	36	15	1,4	9,33
1,20	14	34	14	1,3	9,52
1,40	12	30	12	1,2	10,00
1,60	12	30	12	1,2	10,00
1,80	15	28	15	0,9	5,78
2,00	12	29	12	1,1	9,44
2,20	11	24	11	0,9	7,88
2,40	12	22	12	0,7	5,56
2,60	14	25	14	0,7	5,24
2,80	24	44	24	1,3	5,56
3,00	30	48	30	1,2	4,00
3,20	29	44	29	1,0	3,45
3,40	30	50	30	1,3	4,44
3,60	35	48	35	0,9	2,48
3,80	54	72	54	1,2	2,22
4,00	40	56	40	1,1	2,67
4,20	30	48	30	1,2	4,00
4,40	36	56	36	1,3	3,70
4,60	54	71	54	1,1	2,10
4,80	104	159	104	3,7	3,53
5,00	295	301	295	0,4	0,14

Penetrometro statico/dinamico PAGANI modello "Emilia TG 63-200" da 20 t - Velocità Avanzamento punta di 2 cm/s
Punta meccanica tipo Begemann Ø=35.7 mm (area punta 10 cm²-apertura 60°) - Manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2

Gerola

- data: 30/01/2020
- quota inizio:
- prof. falda: - 3,60 m

Valori di resistenza				
LP	LL	RP=qc	RL=fs	Rf=fs/qc
Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	%
12	18	12	0,4	3,33
17	25	17	0,5	3,14
20	33	20	0,9	4,33
12	34	12	1,5	12,22
16	32	16	1,1	6,67
14	28	14	0,9	6,67
14	33	14	1,3	9,05
15	33	15	1,2	8,00
15	33	15	1,2	8,00
14	34	14	1,3	9,52
14	30	14	1,1	7,62
12	28	12	1,1	8,89
15	32	15	1,1	7,56
35	52	35	1,1	3,24
34	55	34	1,4	4,12
30	53	30	1,5	5,11
44	60	44	1,1	2,42
43	64	43	1,4	3,26
26	38	26	0,8	3,08
35	45	35	0,7	1,90
15	24	15	0,6	4,00
8	20	8	0,8	10,00
8	16	8	0,5	6,67
29	32	29	0,2	0,69
39	55	39	1,1	2,74
35	45	35	0,7	1,90
54	66	54	0,8	1,48
50	70	50	1,3	2,67
46	76	46	2,0	4,35
70	93	70	1,5	2,19
56	73	56	1,1	2,02
48	71	48	1,5	3,19
47	74	47	1,80	3,83
62	95	62	2,20	3,55
250	310	250	4,00	1,60

co/dinamico PAGANI modello "Emilia TG 63-200" da 20 t - Velocità Avanzamento punta di 2 cm/s
po Begemann Ø=35.7 mm (area punta 10 cm²-apertura 60°) - Manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 3

- committente:
- lavoro:
- località: Casei Gerola

- data: 30/01/2020
- quota inizio:
- prof. falda: - 3,60 m

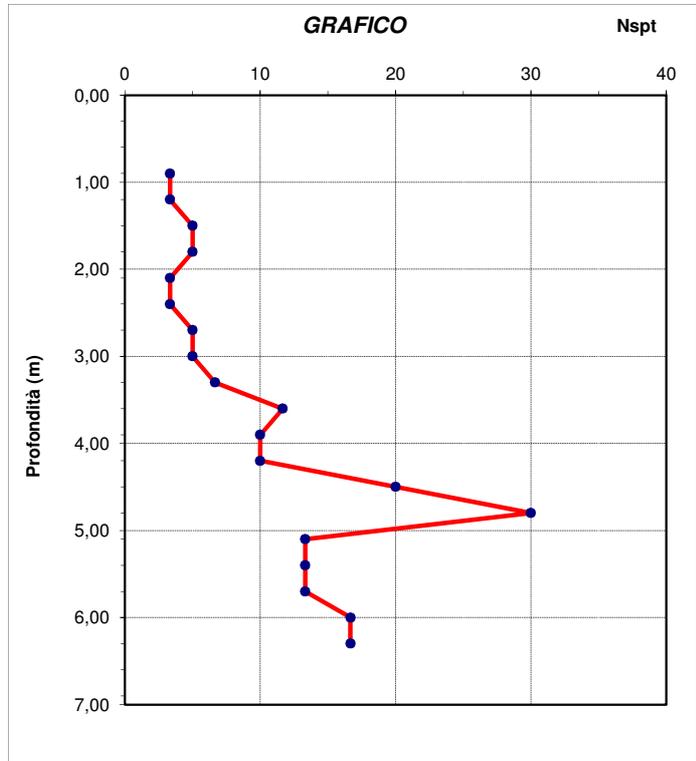
Prof m	Valori di resistenza				
	LP Kg/cm2	LL Kg/cm2	RP=qc Kg/cm2	RL=fs Kg/cm2	Rf=fs/qc %
0,20					
0,40	8	10	8	0,1	1,67
0,60	12	17	12	0,3	2,78
0,80	18	26	18	0,5	2,96
1,00	18	31	18	0,9	4,81
1,20	17	31	17	0,9	5,49
1,40	15	25	15	0,7	4,44
1,60	18	26	18	0,5	2,96
1,80	17	30	17	0,9	5,10
2,00	14	23	14	0,6	4,29
2,20	12	18	12	0,4	3,33
2,40	14	28	14	0,9	6,67
2,60	12	21	12	0,6	5,00
2,80	12	18	12	0,4	3,33
3,00	14	19	14	0,3	2,38
3,20	15	24	15	0,6	4,00
3,40	16	24	16	0,5	3,33
3,60	21	33	21	0,8	3,81
3,80	18	27	18	0,6	3,33
4,00	14	28	14	0,9	6,67
4,20	23	30	23	0,5	2,03
4,40	10	24	10	0,9	9,33
4,60	24	30	24	0,4	1,67
4,80	18	31	18	0,9	4,81
5,00	20	32	20	0,8	4,00
5,20	40	52	40	0,8	2,00
5,40	20	31	20	0,7	3,67
5,60	24	33	24	0,6	2,50

Penetrometro statico/dinamico PAGANI modello "Emilia TG 63-200" da 20 t - Velocità Avanzamento punta di 2 cm/s
Punta meccanica tipo Begemann Ø=35.7 mm (area punta 10 cm²-apertura 60°) - Manicotto laterale (superficie 150 cm²)

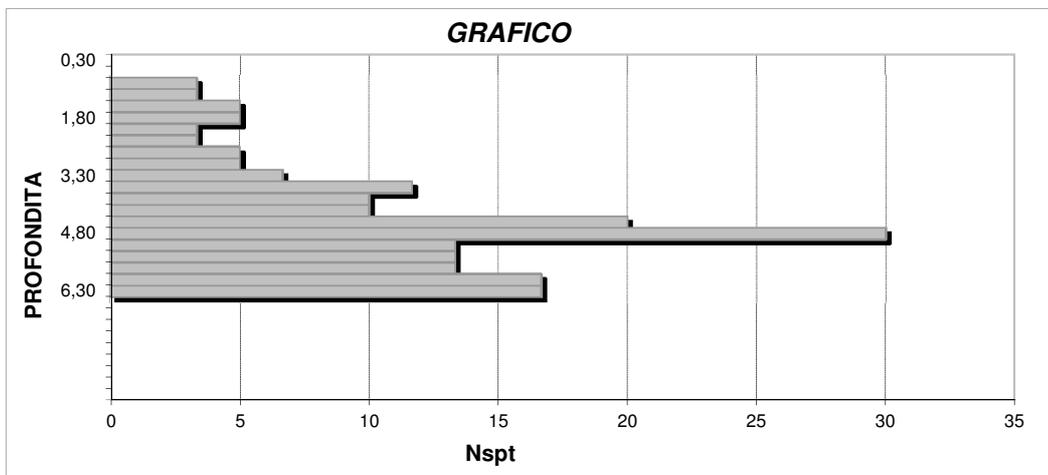
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA	SCPT 1
LETTURE DI CAMPAGNA - VALORI DI RESISTENZA	

COMMITTENTE:	QUOTA INIZIO:
LOCALITA' : Casei Gerola	PROFONDITA' FALDA: - 3,70 m
DATA: 30/01/2020	NOTE:

Prof	N°30	Nspt
<i>m</i>	<i>n° colpi</i>	<i>n° colpi</i>
0,30		
0,60		
0,90	2	3
1,20	2	3
1,50	3	5
1,80	3	5
2,10	2	3
2,40	2	3
2,70	3	5
3,00	3	5
3,30	4	7
3,60	7	12
3,90	6	10
4,20	6	10
4,50	12	20
4,80	18	30
5,10	8	13
5,40	8	13
5,70	8	13
6,00	10	17
6,30	10	17



Rifiuto



- PENETROMETRO PAGANI STATICO/DINAMICO modello "Emilia TG 63-200" da 20 t
 - Sistema di battitura: maglio kg 73, volata 75 cm.