



REALIZZAZIONE REFETTORIO SCUOLA PRIMARIA A. GAYS

GRUPPO DI PROGETTAZIONE - COLLABORAZIONI

RESPONSABILE DI PROGETTO PROGETTO ARCHITETTONICO COORDINAMENTO PRESTAZIONI Arch. Diego Bertotti Collaborazione Arch. Sara Bertoncini	PROGETTO STRUTTURE Studio Associato LTG Ing. Matteo Lusso Ing. Alessandro Paino	PROGETTAZIONE ENERGETICA Studio Associato Pool Engineering Ing Virgilio M. Chiono Geom Andrea Zanusso
IMPIANTI ELETTRICI Per. Ind. Zenerino Massimo	ACUSTICA Ing. Matteo Corino	GEOLOGIA E GEOTECNICA Dott. Geol. Carlo Dellarole
IMPIANTI MECCANICI Studio Associato Pool Engineering Ing Virgilio M. Chiono Geom Andrea Zanusso	ANTINCENDIO Studio Associato Pool Engineering Ing. Virgilio M. Chiono Geom. Andrea Zanusso	CONSULENZA

FASE PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO	DATA PROGETTO	16-01-2023
	REV n. 00	16-01-2023
OGGETTO RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA	TAV-ELAB	ED.03

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dall'Amministrazione Comunale di Valperga (Det. Settore LL.PP – Urbanistica n. 261 del 27.12.2022) , finalizzato ai lavori di “Predisposizione nuovi spazi da adibire al servizio di mensa scolastica” Scuola Primaria A. Gays”, lo scrivente ha redatto la seguente indagine geologica in osservanza al D.M. LL.PP. 17.01.2018 con i contenuti prescritti al par. 6.2.1 *"Caratterizzazione e modellazione geologica del sito"* .

Per ogni struttura interagente con il terreno , la normativa citata richiede infatti *".. la ricostruzione dei caratteri litologici , stratigrafici , strutturali , idrogeologici , geomorfologici e , più in generale , di pericolosità geologica del territorio ... In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico , specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico . Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche"*.

Metodi e risultati delle indagini sono dunque esaurientemente esposti e commentati nella seguente relazione geologica .

Lo scopo della presente è dunque di raccogliere tutti i dati , qualitativi e quantitativi , occorrenti per il controllo dell'opera nel suo insieme ed in rapporto al terreno , al fine di fornire al Progettista tutti gli elementi necessari per l'esecuzione delle verifiche di calcolo richieste dalla vigente normativa di settore .

A tal fine sono state eseguite prospezioni in sito che hanno avuto lo scopo principale di individuare i locali caratteri stratigrafici del terreno per fornire precise indicazioni circa il piano di appoggio degli elementi strutturali di fondazione .

A tali indagini sono state affiancate le conoscenze derivanti dalla recente letteratura geologica , che hanno portato alla determinazione di parametri geomeccanici e sismici , utili per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo .

In relazione alle condizioni di pericolosità del sito oggetto di intervento, si certifica che le verifiche idrogeologiche prodotte a corredo del PRGC hanno evidenziato una bassa condizione di pericolosità , che ha consentito di inserire il sito di intervento nell'ambito della Classe I della Carta di Sintesi vigente .

2. CARATTERI GEOLOGICI

L'ambito di indagine ha il riscontro nelle seguenti tavole cartografiche :

- Tavoletta I.G.M. a scala 1 : 25.000 - 42 III S.E., "Cuorné"
- Carta Tecnica della Provincia di Torino a scala 1 : 5000 , elemento n. 134042.
- Carta Tecnica della Regione Piemonte a scala 1 : 10.000 , elemento n. 134040 - "Cuorné"

ed è ricompreso nell'area perimetrata che ospita i plessi scolastici di Valperga in Piazza F. Pastore , 1 , in una porzione interclusa dell'esistente edificio della Scuola Primaria .

Nell'ambito di un intorno significativo per la formazione e la caratterizzazione geomorfologica dell'area oggetto di studio , è possibile individuare due settori nettamente distinti tra loro che hanno in qualche modo concorso alla formazione dell'attuale assetto litostratigrafico del territorio : si tratta della vasta area sub pianeggiante che si estende a Sud ed Est del Concentrico di Valperga e del settore collinare che ha il suo culmine nell'area di Belmonte , tra i quali il sito di indagine occupa approssimativamente la sezione di raccordo alla base dei rilievi .

L'area è compresa geologicamente nel foglio 42 IVREA della Carta Geologica d'Italia a scala 1 : 100.000 entro depositi alluvionali antichi per ciò che riguarda il settore di pianura (*"alluvioni terrazzate al"* riferibili al T. Orco) e in depositi in facies glaciale (*"morene antiche prewurmiane ferrettizzate"* e *"diluvium antico"* nella dizione superata) per quanto attiene alla porzione meno rilevata del settore collinare , che cinge ad arco il massiccio granitico di Belmonte . Le peculiarità morfologiche dell'area sono dunque legate alle modalità di messa in posto dei depositi quaternari ed ai processi erosionali che si sono sviluppati soprattutto in corrispondenza dei limiti delle diverse unità ; in tale contesto può essere citata la scarpata prodotta dall'attività erosiva del T.Orco ai danni dei depositi fluvioglaciali rissiani (ancorché sia posizionata in posizione distale , circa 700 m a NE) , evidenziata da orli del terrazzo sempre chiaramente rintracciabili da Cuorné fino a Sud di Feletto .

Le più recenti interpretazioni sulla natura dei depositi di copertura quaternari dei settori laterali del paleo conoide del T.Orco

("Revisione del Quaternario allo sbocco della Valle dell'Orco" - F.Carraro)
tendono ad indicare per i settori di pianura un'origine fluvioglaciale dei depositi (ghiaie sabbiose - *Pleistocene superiore*) mentre le aree collinari sono costituite da due differenti complessi :

- alla base (ciclo inferiore) sono presenti sabbie ghiaiose deltizie riferibili al *Villafranchiano* che poggiano direttamente sul substrato roccioso (osservabile nell'incisione del Rio Piandane) o che passano verso il letto a depositi siltosi argillosi pliocenici (lungo la strada per loc. Catlanetti a Sud di Case Barbone) ;
- al di sopra di queste e in contatto stratigrafico (visibile talora in corrispondenza delle scarpate di frana) sono presenti sabbie ghiaiose fluviali (ciclo superiore - *Pleistocene medio*) che costituiscono in pratica la parte sommitale delle dorsali che da loc. Case Piandane si protendono verso Sud e Sud-Est .

I due complessi originano delle alternanze di bancate ghiaioso - sabbiose , generalmente con un basso grado di coesione , che sono talora estremamente soggette all'azione di dilavamento operata dal ruscellamento diffuso .

Questa situazione determina il denudamento dei suoli lungo i versanti , che sono così maggiormente esposti all'azione di erosione progressiva da parte degli agenti esogeni e i materiali limoso-argillosi che vengono colluviati verso la pianura originano un deposito pseudocoerente che si estende in modo pressoché continuo lungo la zona di raccordo con la pianura .

Tale processo tende ad influenzare i primi metri di terreno a partire dal piano di campagna , ove si sviluppa un deposito con caratteristiche meccaniche piuttosto scadenti , quasi ovunque rimaneggiato dall'intervento antropico nella sezione superficiale per la formazione di terreno agrario : anche in corrispondenza al sito di intervento , le prospezioni rilevano la presenza di questi depositi di materiali pseudocoerenti fino alla profondità di 1.5 m dal piano di campagna , generalmente inadatti a sopportare il carico delle strutture di fondazione .

Le aree pianeggianti che risentono marginalmente di questi fenomeni mostrano un'uniformità litologico – stratigrafica ben individuabile nelle colonne relative ai pozzi per acqua o riscontrabile dalle numerose prospezioni eseguite anche nei territori comunali limitrofi .

La *Carta Geomorfologica e Neotettonica della Valle Gallenca ed aree limitrofe* redatta dall'Università degli Studi di Torino – Roberto Malaroda, 1998 assegna ai settori collinari la definizione di “*Glaciofluviali ed alluvuviali dei glaciali ed interglaciali rissiani*”.

La ricostruzione stratigrafica degli eventi deposizionali che caratterizzano il ciclo superiore nella formazione del conoide del T.Orco formulata da F. Carraro (op. cit, 1986) ben evidenzia il susseguirsi degli eventi quaternari che hanno determinato l'attuale assetto stratigrafico.

Il corso d'acqua principale, allo sbocco dell'omonima valle nell'alta pianura, ha depositato e modellato un ampio conoide alluvionale, successivamente inciso dallo stesso T. Orco e dai corsi minori, e ha originato in tal modo una successione di corpi terrazzati incastrati gli uni negli altri.

Questa alternanza nel tempo di episodi deposizionali ed erosivi ha consentito la formazione di una sequenza di scarpate che separano tra loro i corpi sedimentari terrazzati: in sponda destra del T.Orco sono ben definiti e perfettamente riconoscibili due orli di terrazzo legati all'erosione fluviale che delimitano superfici sub pianeggianti adiacenti al corso del Torrente, mentre in sponda sinistra le stesse condizioni risultano meno evidenti.

In posizione più esterna rispetto all'asse del torrente una ulteriore scarpata individua la transizione ai depositi fluvioglaciali che originano il settore di alta pianura compreso tra il F.Orco e il T.Malone (*Pleistocene sup.*).

E' quindi possibile distinguere dai più antichi ai più recenti, sulla base di criteri stratigrafici e morfologici, una serie di complessi costituenti i depositi della copertura Quaternaria presenti nell'area in esame:

- *Depositi fluvioglaciali (Pleistocene sup.)*

I depositi fluvioglaciali rissiani (che dovevano costituire un unico corpo prima che l'intensa erosione del T.Orco separasse due unità, a Nord Est e a Sud Ovest di esso, perfettamente correlabili tra loro) sono legati geneticamente alla messa in posto dell'Anfiteatro morenico di Ivrea e agli altri episodi glaciali che hanno interessato il conoide del T. Orco.

Considerata la notevole distanza dalle cerchie più esterne, i depositi fluvioglaciali assumono caratteristiche tipicamente fluviali, anche se

la loro natura è rivelata dall'alterazione degli elementi , oltre che alla copertura loessica o alla presenza , talvolta , di un paleosuolo giallo-arancio tendente al bruno .

Costituiscono l'ampio settore dell'alta pianura che comprende l'area di intervento e si estende alla base degli apparati collinari di Valperga ; sono costituiti da livelli ghiaioso sabbiosi in matrice limosa di colore tendente al marrone bruno con un grado di addensamento da medio ad elevato e si dispongono generalmente in bancate di potenza plurimetrica , alternate a livelli lenticolari di sabbie e limi.

Secondo l'autore citato , tali depositi ghiaiosi sarebbero pertanto riferibili al *Fluvoglaciale Riss (Pleistocene Superiore)* , senza escludere che i livelli di sabbia ghiaiosa (evidenziati dalle colonne litostratigrafiche delle prospezioni profonde) posti alla base del deposito e che presentano generalmente un avanzato stato di alterazione siano riferibili al *Fluvioglaciale Mindel*

Vengono considerati il livello fondamentale dell'alta pianura terrazzata nell'ampia area compresa tra il F.Orco e il T.Malone . La *Carta Geomorfologica e Neotettonica della Valle Gallenca ed aree limitrofe* definisce questi depositi “*Glaciofluviali ed alluviali dei Wurm medi*” , confermandone l'età pleistocenica sup.

In tale ambito si svilupperà l'intervento in progetto .

- *Complesso delle sabbie ghiaiose fluviali (pleistocene sup.-olocene inf.)*

Si estendono alla base dell'orlo di terrazzo generato dall'erosione dei più antichi depositi fluvio-glaciali . Sulla base dei dati litologico-stratigrafici , la potenza di questi sedimenti può essere stimata in circa 25 - 35 metri . Il complesso è riferibile ad una successione di livelli ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa di colore tendente al grigio alternati a livelli sabbiosi , che costituiscono l'ossatura della pianura debolmente ondulata di Rivarotta e Castellamonte e che sono perfettamente visibili lungo l'incisione del T.Gallenga nei pressi di loc. Rivarotta . Verso il tetto del complesso compaiono dei sedimenti sabbioso-limosi potenti circa 1 metro , trasformati quasi sempre in suolo agrario dall'intervento antropico . La citata cartografia (Malaroda , 1988) riconduce questi litotipi a “*Glaciofluviali ed alluviali dei Wurm recenti*” riconducendoli ancora ad un'età pleistocenica superiore .

• *Ghiaie sabbiose fluviali (Olocene sup.)*

Il complesso in questione individua i depositi recenti e attuali del F.Orco lungo l'alveo di magra e di piena, posti alla base della notevole scarpata di erosione. Tali depositi risultano essere costituiti da ghiaia e ciottoli anche di notevoli dimensioni con scarsa matrice di sabbia grossolana di colore grigio. La potenza di questi livelli si aggira intorno a 10 - 15 metri e poggiano verosimilmente sul basamento granitico, che affiora saltuariamente lungo la sinistra idrografica del T.Orco.

Il seguente schema geologico evidenzia la disposizione areale dei diversi Complessi in riferimento alla localizzazione del sito di indagine

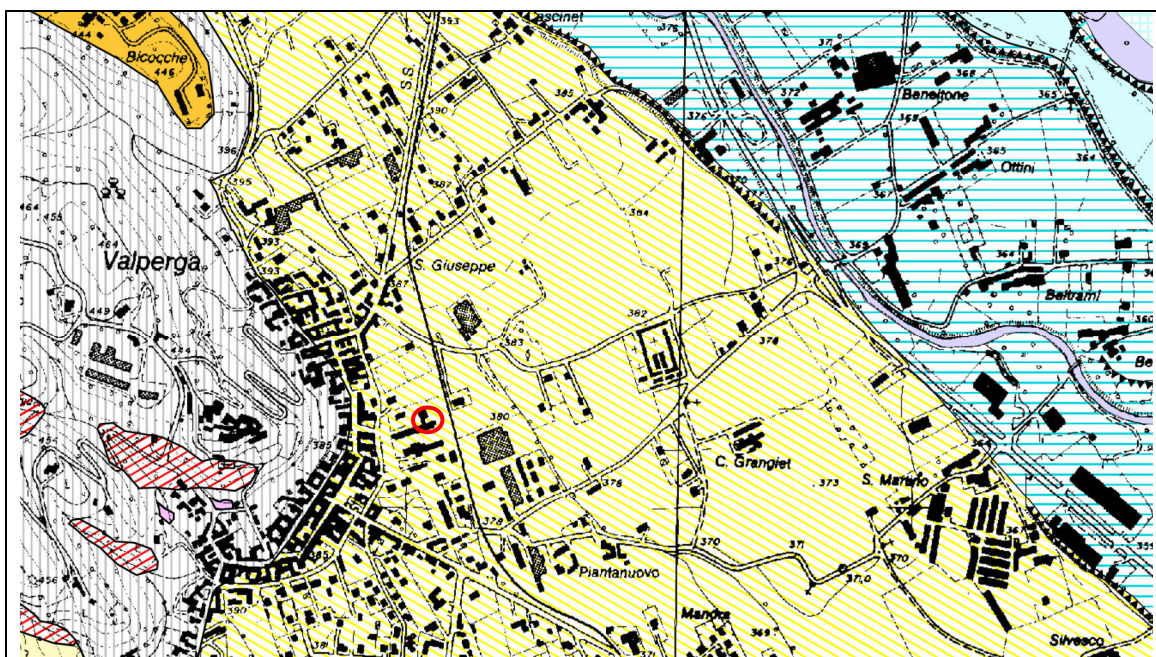


Fig. 1 - Stralcio della *Carta Geologica* allegata al PRGC (Dellarole C., 2003).

L'area di intervento (evidenziata in rosso) è collocata nell'ambito del *Complesso delle ghiaie sabbiose fluvioglaciali (Pleistocene sup. - giallo rigato)*. Le aree collinari sono riconducibili all'analogo complesso del *Pleistocene medio* (grigio rigato) dal quale emergono isolati affioramenti granitici del Massiccio di Belmonte. Nel settore a Nord Est, alla base della netta scarpata di erosione che si segue con buona continuità da NW verso SE, è presente il *Complesso delle sabbie ghiaiose fluviali terrazzate (Olocene - azzurro rigato e pieno)*

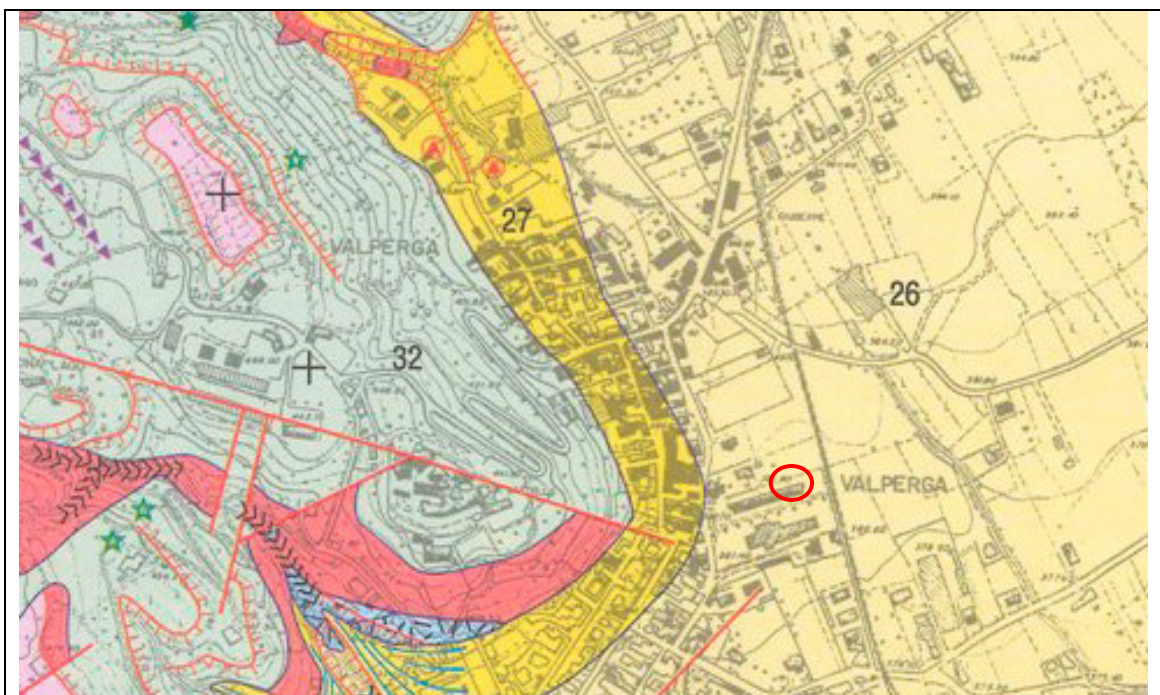


Fig. 2 - Estratto della *Carta Geomorfologica e Neotettonica della Valle Gallenca ed aree limitrofe*, Malaroda 1988 . I tre principali complessi sono identificati con i termini :

Glaciofluviali ed alluviali dei Wurm medi (26) per il settore di pianura
Glaciofluviali ed alluviali dei Wurm antichi (27) per il settore di raccordo
Glaciofluviali ed alluviali dei glaciali ed interglaciali rissiani (32) per il settore collinare

3. CARATTERI STRATIGRAFICI

I livelli di terreno attraversati dalla colonna litostratigrafica tipo possono quindi essere descritti nel modo seguente , procedendo dall'alto verso il basso :

1. In superficie è presente una coltre di terreno colluviale (trasformato in terreno agrario nei settori dediti all'attività agricola) con potenze variabili da 120 - 250 cm , costituita da sabbia limosa bruna , con presenza di frammenti vegetali e resti radicolari . Data la vocazione agricola del territorio e i processi di urbanizzazione , questo primo livello risulta costantemente rimaneggiato . Geneticamente , è possibile attribuire il deposito in questione alla copertura loessica (deposito di origine eolica in ambiente di steppa) riferita al periodo postglaciale rissiano . In corrispondenza dell'area di intervento , la coltre superficiale mostra una potenza di circa 150 cm (vedi foto n. 1 e n. 2) ;

2. Il passaggio ai sottostanti depositi ghiaioso-sabbiosi è quasi sempre netto ed è rimarcato talora da un livello decimetrico di sabbie fini o argilla sabbiosa con rari clasti . La granulometria del deposito sottostante questo livello di transizione è essenzialmente ghiaioso-ciottolosa e la matrice è una sabbia limosa di colore bruno ; i clasti , di diametro anche superiore a 0.3 metri , si presentano sempre con forma arrotondata e risultano ben gradati . La loro natura mineralogica è eterogenea e riflette la petrografia delle unità affioranti sui rilievi alpini e prealpini della valle Orco ;
3. La successiva transizione ai sottostanti livelli di ghiaia con un maggior grado di alterazione è posta ad una quota di circa $25 \div 30$ m dal p.c. ;
4. La serie di terreni di epoca quaternaria poggia su depositi di ambiente lagunare - deltizio e fluviolacustre di epoca Villafranchiana , simili a quelli che si riscontrano nel settore collinare .



Foto n. 1 – Pozzetto esplorativo escavato nell'ambito del sito di indagine . Si osservano i depositi pseudocoerenti della coltre superficiale e sul fondo compaiono i primi livelli ghiaiosi .



Foto n. 2 – materiali estratti dal pozzetto

In corrispondenza del pozzetto esplorativo il tetto del livello ghiaioso si attesta ad una profondità variabile nell'intorno di 1.6 m dal p.c. ; spostandosi lateralmente verso sud , tale profondità incrementa fino a 2.4 ÷ 2.6 m dal p.c. .

La tipologia di fondazione sarà riconducibile ad un cordolo continuo , con allargamento ed approfondimento della fondazione in corrispondenza dei pilastri portanti , così da trasmettere i carichi più elevati direttamente ai livelli ghiaiosi .

I parametri geomeccanici possono essere ricavati dalla prova penetrometrica , nella quale il livello coesivo superficiale è nettamente separato dal deposito ghiaioso profondo .

Nel fornire la correlazione tra il numero di colpi/20 cm abbassamento registrati dal penetrometro e i corrispondenti valori di NSPT (Standard Penetration Test) , le seguenti tabelle determinano per i due livelli una completa caratterizzazione geotecnica , i cui riscontri saranno utilizzati per la verifica di capacità portante delle strutture fondazionali .

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPA

Committente: Comune di Valperga
Descrizione:
Localita': Scuola Elementare Gays

Scala 1:18

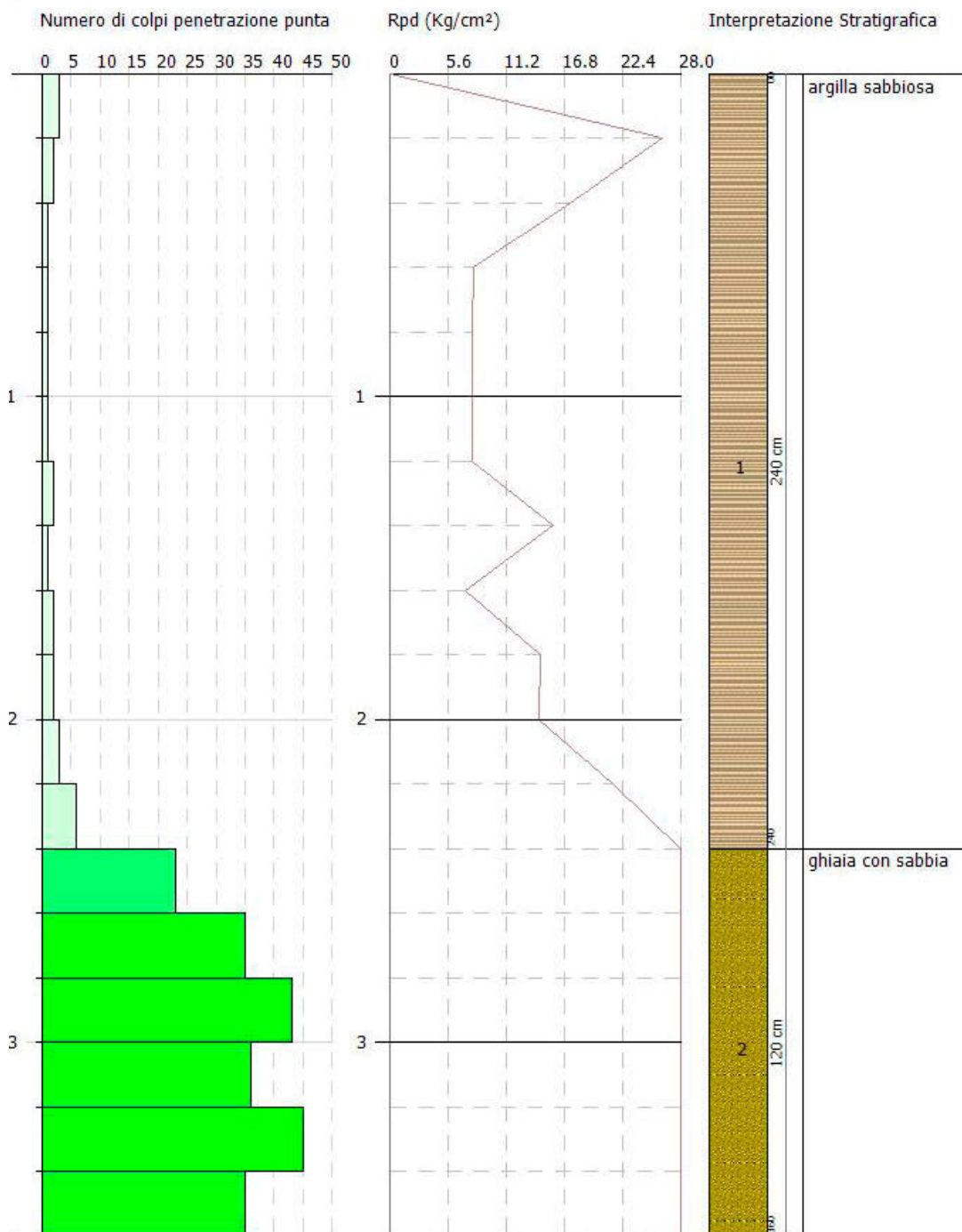


Fig. 3 - Prova penetrometrica PP1

PROVA ... Nr. PP1

Strumento utilizzato Penetrometro Dinamico TG 63-100 EML.C
 Profondita' prova 3.60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	3	0.855	26.15	30.60	1.31	1.53
0.40	2	0.851	17.36	20.40	0.87	1.02
0.60	1	0.847	7.96	9.40	0.40	0.47
0.80	1	0.843	7.93	9.40	0.40	0.47
1.00	1	0.840	7.89	9.40	0.39	0.47
1.20	1	0.836	7.86	9.40	0.39	0.47
1.40	2	0.833	15.66	18.80	0.78	0.94
1.60	1	0.830	7.23	8.72	0.36	0.44
1.80	2	0.826	14.41	17.44	0.72	0.87
2.00	2	0.823	14.35	17.44	0.72	0.87
2.20	3	0.820	21.45	26.15	1.07	1.31
2.40	6	0.817	42.74	52.31	2.14	2.62
2.60	23	0.714	133.52	186.94	6.68	9.35
2.80	35	0.661	188.16	284.47	9.41	14.22
3.00	43	0.609	212.73	349.49	10.64	17.47
3.20	36	0.656	191.95	292.60	9.60	14.63
3.40	45	0.603	220.69	365.75	11.03	18.29
3.60	35	0.651	173.41	266.43	8.67	13.32

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.4	2.08	19.59	Coesivo	1.64	1.86	0.0	1.47	3.06	argilla sabbiosa
3.6	36.17	296.33	Incoerente	2.25	2.16	0.0	1.47	53.17	ghiaia con sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollo nia	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begem ann	De Beer
[1] - argilla sabbiosa	3.06	2.40	0.19	0.38	0.00	0.13	0.30	0.59	0.66	0.15	0.27	0.38

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - argilla sabbiosa	3.06	2.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - argilla sabbiosa	3.06	2.40	Meyerhof	1.64

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - argilla sabbiosa	3.06	2.40	Meyerhof	1.86

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	87.15	100	0	83.13

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Meyerhof (1965)	Schmert mann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 ROAD BRIDGE SPECIFICATION	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	42.19	35.19	42.89	42.62	42	>38	43.24	42.95	34.07	47.61

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi	Schmertman (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni a ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	520.48	425.36	628.11	578.77	340.85

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	319.02	136.68	377.51	275.14

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	Terzaghi-Peck 1948	1.87

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	Terzaghi-Peck 1948	2.16

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	(A.G.I.)	0.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - ghiaia con sabbia	53.17	3.60	2722.95	1416.75

Le caratteristiche geomeccaniche attribuibili al livello incoerente ghiaioso sul quale andranno a poggiare le opere di fondazione possono essere sostanzialmente riassunte nei seguenti valori cautelativi :

c = coesione = 0 kN/mq
 φ = angolo di attrito interno = 36°
 γ = peso di volume del terreno = 20 kN/mc
 Dr = densità relativa = 80 %

4. ANALISI SISMICA

Nell'ambito dell'appezzamento relativo al plesso scolastico sono stati eseguiti stendimenti sismici interpretati con metodo a rifrazione e analisi MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) .

Il metodo a rifrazione ha consentito di indagare la natura dei depositi sino alla profondità di circa 30 m e stabilire la continuità spaziale dei depositi ghiaiosi , il cui grado di addensamento progredisce con l'aumentare della profondità (fig. 4) .

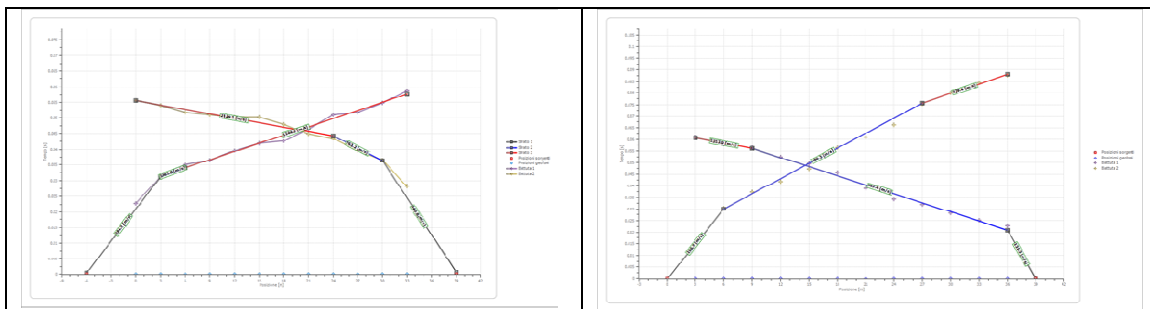


Fig. 4 - Andamento delle dromocrone nei sondaggi sismici eseguiti . I cambi di pendenza segnalano la transizione a rifrattori con crescenti valori di velocità delle onde sismiche , corrispondenti ad un miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche

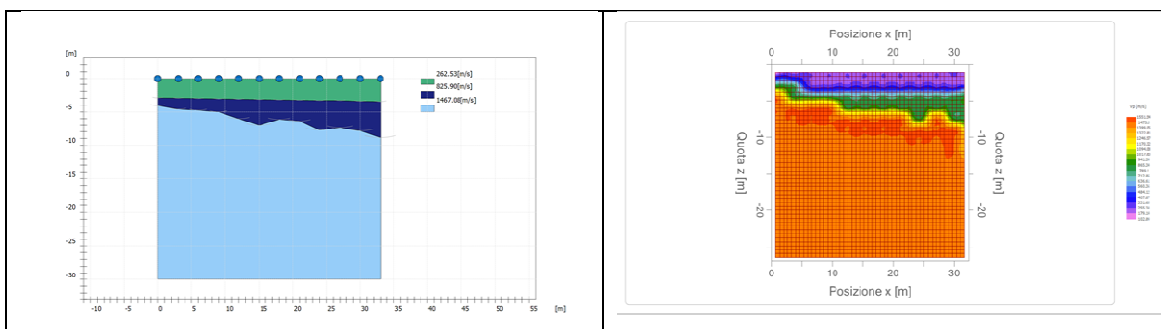


Fig. 5 – Sezione stratigrafica tipo . Il livello superficiale (coesivo) evidenzia una bassa velocità delle onde longitudinali di circa $V_p = 270$ m/s mentre i livelli sottostanti (incoerenti) incrementano in modo netto la velocità con valori superiori a $V_p = 820$ m/s

I risultati ottenuti (fig. 5) consentono di definire un livello superficiale piuttosto omogeneo con bassa velocità delle onde sismiche e caratteri meccanici mediocri e un livello inferiore con elevata velocità e caratteri ottimali per sopportare i carichi delle fondazioni. Si evidenzia l'assenza di significativi livelli di transizione.

La normativa sismica (cfr. NTC 2018, par. 3.2.2) definisce l'azione sismica di progetto sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

All'interno del territorio nazionale fino ad oggi sono state individuate 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità.

I valori convenzionali di a_g assegnati nelle 4 zone sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido, per il quale il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali.

Per valutare invece l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D, E - in assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame - la normativa introduce un fattore di amplificazione S e i periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%.

Poiché le condizioni stratigrafiche locali possono essere riconducibili alle categorie sopra indicate, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Per determinare tale valore è stato adottato il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) che 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 di taglio superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio :

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i^n \left(\frac{h_i}{V_{s,i}} \right)}$$

dove $V_{s,i}$ e h_i sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato i-esimo.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m , la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro V_{s30} , ottenuta ponendo $H = 30$ m nella precedente relazione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità .

Mediante l'analisi MASW è stato dunque possibile definire la categoria sismica del suolo di fondazione , che è riconducibile a un tipo B , con velocità delle onde di taglio (fig. 6) nell'intorno di $V_{s,eq} [m/sec] (H=30.00 m) = 425 \div 438 m/s$

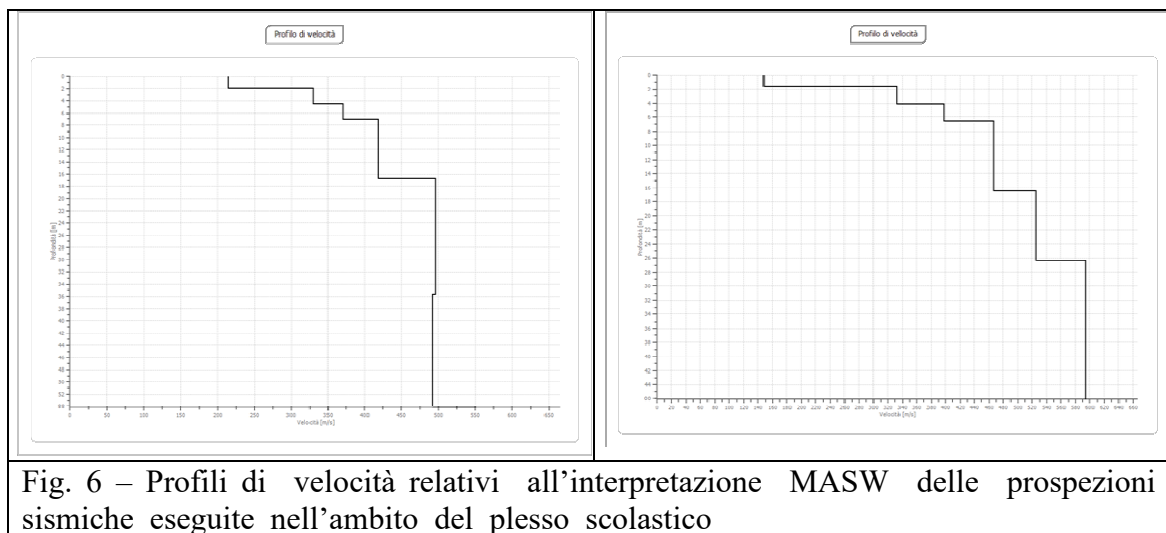


Fig. 6 – Profili di velocità relativi all'interpretazione MASW delle prospezioni sismiche eseguite nell'ambito del plesso scolastico

5. PERICOLOSITA' SISMICA

Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica” (fig. 7).

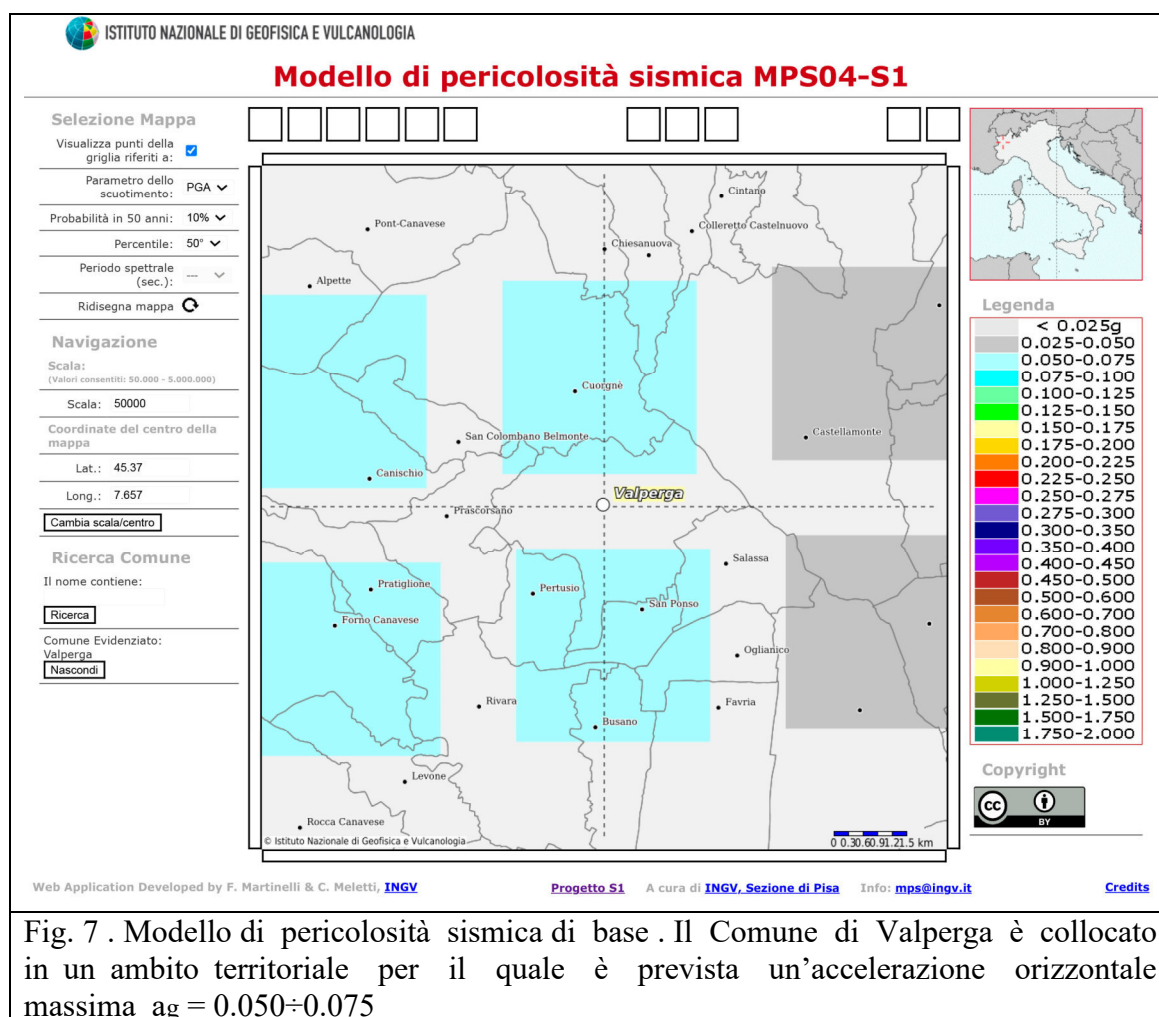


Fig. 7. Modello di pericolosità sismica di base. Il Comune di Valperga è collocato in un ambito territoriale per il quale è prevista un'accelerazione orizzontale massima $a_g = 0.050 \div 0.075$

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno , a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito,

- **ag** = accelerazione orizzontale massima;
- **F0** = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **TC*** = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 45,3720398 [°]
 Longitudine (WGS84): 7,6592860 [°]
 Latitudine (ED50): 45,3729897 [°]
 Longitudine (ED50): 7,6603775 [°]

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,021	2,593	0,173
SLD	50	0,026	2,592	0,197
SLV	475	0,049	2,718	0,277
SLC	975	0,058	2,768	0,298

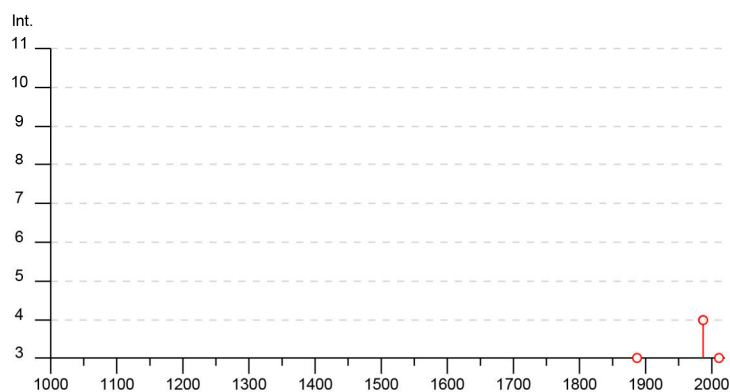
STORIA SISMICA DEL SITO

CPTI15-DBMI15 v4 - Valperga

Page 1 of 3

Valperga

PlaceID IT_02480
 Coordinate (lat, lon) 45.371, 7.657
 Comune (ISTAT 2015) Valperga
 Provincia Torino
 Regione Piemonte
 Numero di eventi riportati 4



Effetti In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9 6.27
4	1987	07	03	10	46	5	Canavese	25	6 4.08
2-3	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6 4.94
3	2011	07	25	12	31	2	Torinese	105	5 4.67

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Belmonte	1	2
Pertusio	3	2
Cuorgnè	10	2
San Ponso	3	2
Salassa	4	3
Prascorsano	1	3
San Colombano Belmonte	3	3
Priacco	1	4
Salto	1	4
Oglianico	1	4
Valtorta	1	4
Castellamonte	12	5

Località	EQs	Distanza (km)
Busano	2	5
Camagna	1	5
Rivara	6	5
Canischio (Mezzavilla)	2	5
Favria	5	5
Chiesanuova	1	5
Pratiglione	5	5
Borgiallo	3	5
Colleretto Castelnuovo	3	6
Forno Canavese	7	6
Cintano	4	7
Rivarolo Canavese	6	7
Levone	6	7
Pont Canavese	10	7
Ozegna	1	7
Villa Castelnuovo	1	7
Alpette	3	7
Campo	1	8
Bairo	4	8
Castelnuovo Nigra	3	8
Muriaglio	1	8
Baldissero Canavese	6	8
Frassinetto	2	8
Torre Canavese	2	8
Agliè	5	9
Barbania	6	9
Ciconio	3	9
Rocca Canavese	3	9

Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A)

Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Nel caso di fondazioni (o stabilità dei pendii) i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
 a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g accelerazione di gravità

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

con :

S_s (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

Nel seguito sono indicate tutti i necessari parametri relative al sito di indagine

Parametri sismici fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,012	0,014
kv	0,003	0,003	0,006	0,007
amax [m/s ²]	0,246	0,303	0,581	0,681
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Parametri sismici

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,021	g
Fo:	2,593	
Tc*:	0,173	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,026	g
Fo:	2,592	
Tc*:	0,197	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,049	g
Fo:	2,718	
Tc*:	0,277	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,058	g
Fo:	2,768	
Tc*:	0,298	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,560
St: 1,000
Kh: 0,005
Kv: 0,003
Amax: 0,246
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,000
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,303
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,581
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,681
Beta: 0,200

Accelerazione massima attesa al Piano Campagna

$$A_{max} = a_g (SLV) * S_s * S_t = 0.049 * 1.2 * 1.0 = 0.0588 \text{ g} < 0.1 \text{ g}$$

La verifica alla liquefazione può dunque essere omessa (NTC 2018 – par 7.11.4.3.2 punto 1) ; alla stessa conclusione si giunge in relazione alla quota del tetto del livello freatico , che si posizione ad un livello di circa 27 m dal p.c. (rilievo pozzo stabilimento ex SATA , 200 m a SE) , maggiore di 15 m .

6. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE E CARICO ULTIMO

Il D.M. 17.01.18 prevede che siano verificati dal progettista gli stati limite ultimi (SLU) e gli stati limite di esercizio (SLE), secondo le modalità descritte al par. 6.4.2 del predetto D.M.. La verifica è stata sviluppata seguendo l'Approccio 2.

Il fabbricato oggetto di intervento rientra nei seguenti ambiti

- Il Comune di Valperga è classificato in zona 3 di sismicità ai sensi della DGR140 30 dicembre 2019, n. 6-887 - *Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla DGR 21 maggio 2014, n. 65-7656*. All'atto della stesura del presente documento non è stato ancora emanato alcun aggiornamento delle procedure per la gestione e il controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico conseguente alla nuova classificazione sismica adottata.
- Opera di tipo 2 : opere ordinarie ;
- Classe d'uso II : costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente ;

Sono stati verificati gli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico delle fondazioni, considerando lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni.

La verifica è stata svolta utilizzando l'Approccio 2 (A1+M1+R3), nella quale i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari, i coefficienti parziali sulle azioni (A1) sono indicati in tabella 6.2.I e la resistenza globale del sistema (R3) è ridotta tramite i coefficienti γ_R di tab. 6.4.I NTC 2018.

Le strutture di fondazione saranno attuate mediante un reticolo di travi continue, i cui elementi portanti si troveranno in corrispondenza del nodo di intersezione. In tali punti la fondazione dovrà necessariamente poggiare sul livello ghiaioso e dovrà essere ampliata fino a raggiungere una dimensione minima di forma quadrata con lato $l = 1.2 \text{ m}$.

Il carico unitario è stato valutato in modo speditivo e cautelativo in $Q = 2.20 \text{ kg/cm}^2 = 220 \text{ kN/m}^2$

La verifica di stabilità presuppone la conoscenza di alcuni parametri meccanici :

c = *coesione*

φ = *angolo di attrito interno*

γ = *peso di volume del terreno*

ipotizzando la tipologia e le dimensioni degli elementi fondazionali.

Mediante le espressioni presentate da *Terzaghi* , *Meyerhof* e *Vesic* si determina il carico di rottura (Q_{lim}) , che è il risultato più strettamente geotecnico del calcolo di capacità portante delle fondazioni superficiali e che rappresenta la massima tensione in assoluto , superando la quale si ha la rottura del terreno dovuta agli sforzi di taglio.

In altre parole , il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di *Frolich*), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di *Prandtl* e successivi) .

Nel caso in oggetto , disponendo di specifiche prove in sito sui depositi naturali superficiali , sono stati utilizzati parametri di resistenza derivanti dall'elaborazione dei dati , indicati al paragrafo 3.

Sono dunque stati assegnati ai parametri meccanici del terreno valori che rientrano normalmente nell'ambito dei materiali ghiaioso-sabbiosi , assumendo le più sfavorevoli condizioni che si possano ragionevolmente prevedere in riferimento al contesto geologico nel quale si interviene .

DATI GENERALI

Normativa	NTC_2018
Larghezza fondazione	1.2 m
Lunghezza fondazione	1.2 m
Profondità piano di posa	1.5 m
Profondità falda	20.0

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.059
Effetto sismico secondo	NTC 2018

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:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.206	2.593	0.173
S.L.D.	50.0	0.255	2.592	0.197
S.L.V.	475.0	0.481	2.718	0.277
S.L.C.	975.0	0.569	2.768	0.298

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2472	0.2	0.005	0.0025
S.L.D.	0.306	0.2	0.0062	0.0031
S.L.V.	0.5772	0.2	0.0118	0.0059
S.L.C.	0.6828	0.2	0.0139	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]
1.5	17.0	18.0	25.0	0.0	10000.0
4.0	19.0	20.0	36.0	0.0	75000.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]
1	A(1)+M(1)+R(3)	220.00

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. Capacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A(1)+M(1)+R(3)

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult] 1673.97 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 929.98 kN/m²

Tensione [Ed] 220.0 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 7.61

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 66958.76 kN/m³

A(1)+M(1)+R(3)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.0 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	20.0 kN/m ³
Angolo di attrito	36.0 °
Coesione	0.0 kN/m ²

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Carico limite	2303.83 kN/m ²
Resistenza di progetto	1279.9 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Carico limite	1673.97 kN/m ²
Resistenza di progetto	929.98 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Carico limite	2534.29 kN/m ²
Resistenza di progetto	1407.94 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Carico limite	2415.03 kN/m ²
Resistenza di progetto	1341.68 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Carico limite	2292.89 kN/m ²
Resistenza di progetto	1273.83 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

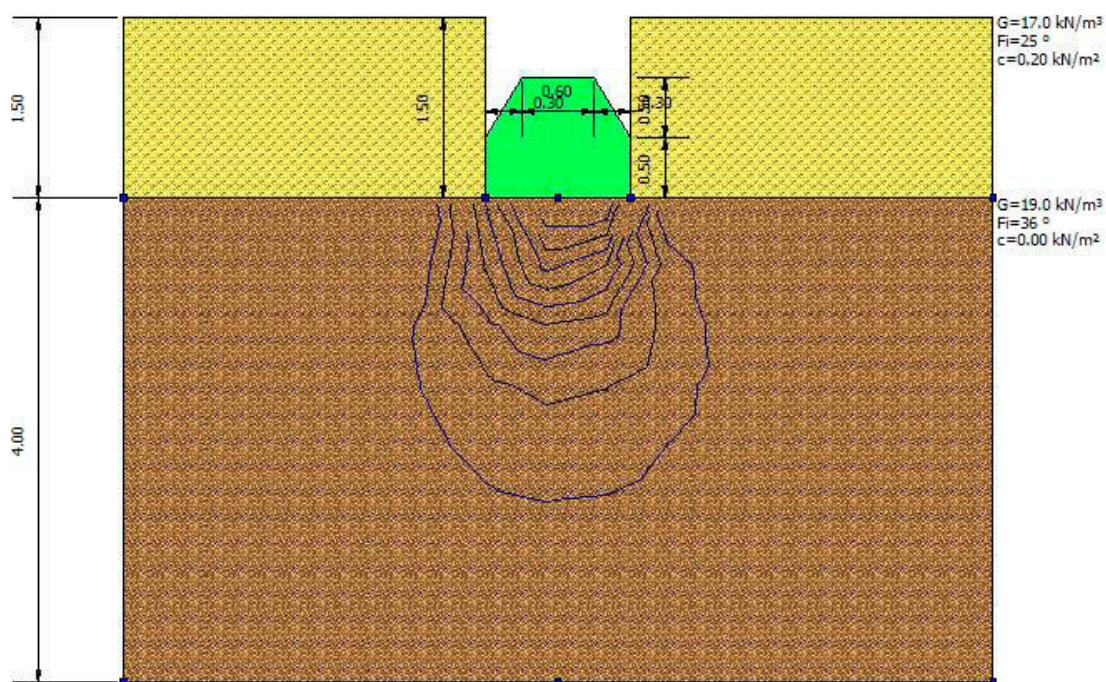
CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	220.0 kN/m ²
Spessore strato	30.0 m
Profondità substrato roccioso	300.0 m
Modulo Elastico	75000.0 kN/m ²
Coefficiente di Poisson	0.3

Coefficiente di influenza I1	0.55
Coefficiente di influenza I2	0.0
Coefficiente di influenza Is	0.55

Cedimento al centro della fondazione	1.93 mm
--------------------------------------	---------

Coefficiente di influenza I1	0.54
Coefficiente di influenza I2	0.01
Coefficiente di influenza Is	0.54
Cedimento al bordo	0.95 mm



Castellamonte , gennaio 2023