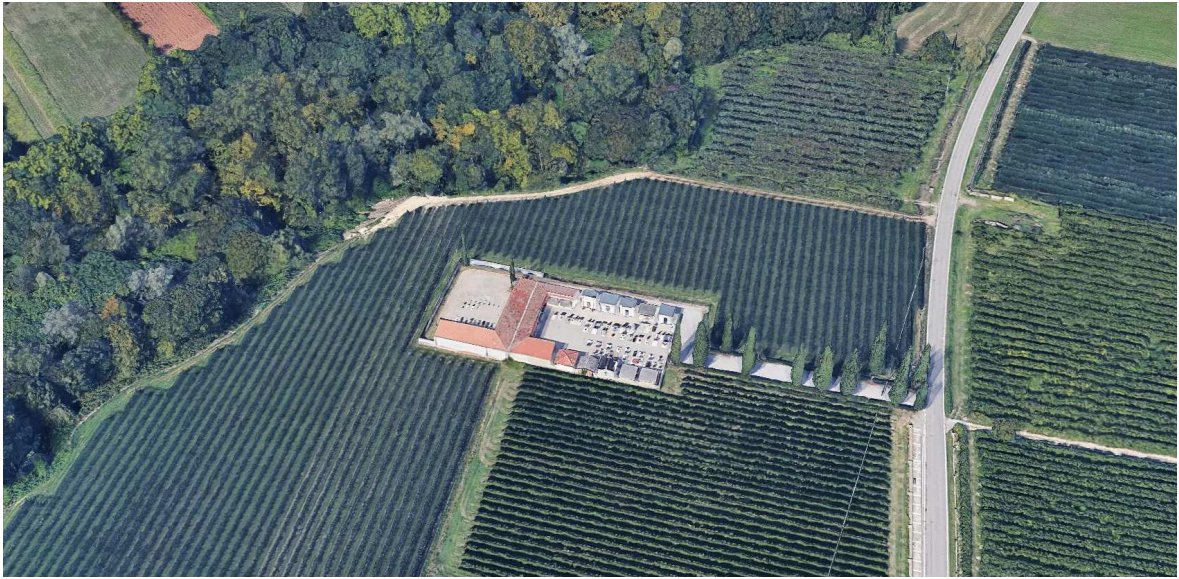


PROVINCIA DI VERONA

COMUNE DI VALEGGIO SUL MINCIO

PROGETTO: AMPLIAMENTO CIMITERO DI SALIONZE



RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

(D.P.R. n° 285 del 1990 - D.M.17 gennaio 2018)

COMMITTENTE:

Comune di Valeggio sul Mincio

IL TECNICO

Dott. Geol. Rosario Spagnolo

Valeggio sul Mincio, GENNAIO 2023

INDICE DEI CAPITOLI

1	PREMESSA.....	3
2	METODOLOGIA ESEGUITA.....	4
3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE	5
4	IDROGEOLOGICA GENERALE.....	8
5	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO.....	10
6	LITOSTRATIGRAFIA TERRITORIALE	12
7	analisi del piano di assetto territoriale (P.a.t.)	12
8	classificazine regionale della sismica di base	14
9	Sismicità del comune di VALEGGIO SUL MINCIO (vr)	16
10	Metodologia di indagine	18
11	PROGETTO D'INDAGINE.....	20
12	INTERPRETAZIONE DEL PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE	21
13	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO IN PROGETTO .	32
14	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO.....	36
15	AZIONE SISMICA	37
	CIMITERO DI SALIONZE.....	38
16	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	38
17	CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA DEL CIMITERO	38
18	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GRANULOMETRICHE.	39
19	VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA	40
20	ANALISI SISMICA DEL TERRITORIO.....	44
21	MODELLO GEOTECNICO	45
22	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE e PRESCRIZIONI	46

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Inquadramento territoriale

Figura 2: Planimetria con ubicazione del pozzetto esplorativo e la prova penetrometrica

INDICE DEGLI ALLEGATI

Tabella dei parametri geotecnici

Tabella delle valutazioni litologiche

Diagrammi di resistenza

Valori di resistenza

INDICE DELLE TABELLE

Tabella dei parametri geotecnici

Tabella dell'andamento della capacità portante all'aumentare dell'accelerazione sismica orizzontale

INDICE DELLE FOTO

1 PREMESSA

Il presente lavoro, commissionato dall'Amministrazione comunale di Valeggio sul Mincio, è volto alla definizione delle caratteristiche litologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni interessati al nuovo ampliamento del cimitero di Salionze.

La valutazione delle caratteristiche geologiche-idrogeologiche è stata eseguita in ottemperanza al D.P.R. n° 285 del 10 settembre 1990 (regolamento di polizia mortuaria) (Circ. LL.PP. n° 30483 del 24/09/88), D.M. 17 gennaio 2018 e CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”».

Al fine di caratterizzare dal punto di vista litotecnico i depositi e riuscire a definire l'assetto idrogeologico locale, è stato realizzato un pozzetto esplorativo, prelevato dei campioni per la classificazione granulometrica dei depositi intercettati con verifica della permeabilità dei depositi rinvenuti, e realizzato due prove penetrometriche dinamiche, al fine di parametrizzare i depositi individuati lungo la verticale e classificare i terreni intercettati da un punto di vista sismico associando la categoria di suolo di fondazione.

Le indagini geognostiche realizzate (S.C.P.T.), pozzetto esplorativo e masw hanno ricostruito la situazione stratigrafica del primo sottosuolo e parametrizzato le litozone individuate, fornendo un quadro complessivo del lotto di terreno interessato al piano.

Il presente lavoro è stato quindi così articolato:

- indagine sulla litostratigrafia ed idrogeologia dell'ambito territoriale relativa al cimitero, al fine di inquadrare la situazione locale nel contesto della struttura litostratigrafica ed idrogeologica generale;
- inquadramento litostratigrafico, idrogeologico, geotecnico e sismico di dettaglio, sulla base dell'elaborazione dei dati disponibili relativi alle indagini eseguite a supporto della progettazione, di prove e verifiche in situ quali: sondaggi geognostici, prove di permeabilità, prove penetrometriche e trincee geognostiche esplorative.

I dati ottenuti e i valori misurati trovano sintesi cartografica nelle tavole monografiche riportate in allegato e descritte nella presente relazione geologica e idrogeologica.

2 METODOLOGIA ESEGUITA

Per parametrizzare i litotipi dell'area in esame è stato realizzato sia un pozzetto esplorativo, spinto alla profondità di circa 2.8 m da p.c., massima profondità del braccio meccanico dell'escavatore, e due prove penetrometriche dinamica (S.C.P.T.), che hanno raggiunto profondità di 1.8 m dal piano campagna, a causa del rifiuto del penetrometro, utilizzando un penetrometro statico-dinamico, montato su un mezzo cingolato, caratterizzato da una spinta nominale massima di 20 t e munito di punta conica con angolo di apertura di 60° avente diametro esterno di 51 mm.

La prova, inclusa negli standards ASTM (D3441 – 79) recentemente aggiornata (D3441 – 86), trova generale applicazione nel campo della geotecnica per:

1. rilevare l'andamento stratigrafico lungo una verticale;
2. individuare i tipi di terreno attraversati;
3. interpolare l'andamento degli strati fra verticali di sondaggio.

I valori che si misurano possono inoltre essere utilizzati per valutare:

- l'angolo di attrito e la compressibilità drenata dei terreni granulari;
- la densità relativa;
- il peso di volume saturo del terreno.

I parametri geotecnici, valutati attraverso le prove penetrometriche dinamiche, vengono utilizzati per estrapolare la capacità portante con l'ausilio di formule empiriche.

Sono infine riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici: coesione non drenata, angolo di attrito interno, modulo di deformazione drenato, peso di volume saturo, ecc.

Foto con localizzazione delle prove penetrometriche dinamiche



3 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Il Comune di Valeggio sul Mincio è inserito nel caratteristico ambito della cerchia morenica del ghiacciaio quaternario del Garda dove ha determinato la formazione di estesi depositi morenici disposti su ondulazioni collinari particolarmente caratteristiche e conosciute.

“La cerchia collinare morenica nella quale ricade l’area di studio, proprio per la sua particolare storia deposizionale, presenta una situazione cronologica particolare, con litologie superficiali più antiche di quelle alluvionali di pianura.

Dal rilevamento si sono riscontrate delle litologie a terreni coesivi e granulari andando in profondità rappresentate da limo-sabbiosi e morene sabbiose con granulometria da fine a grossolana. Tale situazione è determinata dall’azione di rimaneggiamento, selezione granulometrica e deposizione operata sui diversi materiali morenici (le morene rissiane sono in effetti ghiaiose mentre quelle wurmiane sono sabbiose a tratti limose) dalle acque degli scaricatori glaciali. Dai dati bibliografici e cartografici raccolti si rileva che le valli e le depressioni intracollinari sono formate da alluvioni fluvio-glaciali e fluviali stratificate, le cui granulometrie variano da grossolane a fini, arrivando anche limitatamente a termini paludosi e talvolta torbosi. Anche tale variabilità delle caratteristiche granulometriche è da mettere in relazione alla quantità di

energia idraulica che caratterizzava lo scaricatore periglaciale al momento della sedimentazione.

La descrizione nella relazione prosegue con la definizione più accurata dei depositi morenici.

“I processi derivati dalla presenza nel Pleistocene del ghiacciaio benacense si sono concretizzati con la creazione dell'Anfiteatro Morenico del Garda, importantissima morfostruttura di interesse interregionale caratterizzata da colline, dette anche cerchie moreniche, ad andamento archiforme, che proseguono senza soluzione di continuità da Garda fino a Desenzano, elevandosi rispetto alla pianura circostante di oltre 100 m.

Tali colline sono costituite da materiale morenico, geologicamente rappresentato da ghiaie, non prive di una qualsivoglia classificazione granulometrica, immerse in una matrice argillo-sabbiosa solo a volte caotica, molto spesso con strutture sedimentarie, a testimonianza di una dinamica deposizionale a cui ha concorso l'azione di ruscellamento probabilmente sovraglaciale. I componenti petrografici dei clasti che formano le morene, verosimilmente composte principalmente da morene frontali del ghiacciaio benacense, sono: calcari (componente principale), porfidi, dolomie, gneiss, micascisti, graniti e filladi.

Data la natura drenante, e non coesiva dei materiali, si ritiene che le morene presentino caratteristiche geotecniche mediamente buone, che hanno permesso all'anfiteatro di resistere efficacemente alle azioni disagiatrici degli agenti esogeni.

Per tale motivo nel territorio comunale indagato non sono state censite aree ad emergenze geomorfologiche o zone ad evoluzione geomorfologica accelerata. Si fa altresì notare che le forme delle colline moreniche sono molto spesso modificate dall'azione antropica, a volte per esigenze colturali, come nel caso di terrazzamenti per la coltivazione della vite, altre volte per sbancamenti dettati da esigenze edificatorie. Tali interventi, se da un lato rispondono a particolari esigenze per l'uomo, rappresentano, d'altro canto, una modifica dell'equilibrio geomorfologico con un impoverimento del paesaggio.

L'ambito delle morene si presenta caratterizzato da rilievi morenici e da una piana intramorenica.

Le forme dei singoli rilievi si presentano molto varie, e solamente in alcuni casi riconducibili a dorsali di balena, allungate nel senso di propagazione del ghiacciaio.

Si fa notare che tali rilievi hanno una disposizione caotica che fa pensare ad una deposizione di sedimenti presenti sopra il ghiacciaio. La piana intramorenica potrebbe essere il frutto di più cicli di azioni di reptazione instauratesi sui versanti dei rilievi. Si ritiene che queste aree si siano formate in fase interglaciale.

La piana intramorenica occupa tutta l'area morenica non interessata dai rilievi collinari e dalle vallecicole fluviali intramoreniche; essa rappresenta un livello altimetrico intermedio tra le colline e le vallecicole. Dal punto di vista topografico le pendenze non superano il 10%. La morfologia è ondulata o subpianeggiante. Nei punti più depressi la piana intramorenica presenta locali aree depresse, note anche come bassure, che talvolta sono sede di minuscoli laghetti. L'azione di modellamento fluviale è stata operata in passato dai torrenti fluvioglaciali che solcavano l'anfiteatro durante i periodi glaciali, svolgendo azioni erosive; in tempi più recenti dai corpi idrici attualmente presenti nell'area, come il Fiume Mincio, il Fiume Tione, il Rio Bisavola, il Rio Dugale e il Lago di Garda.

La presenza degli scaricatori fluvioglaciali è testimoniata dalle morfosculture prodotte, come:

- linee di ruscellamento concentrato, che hanno consentito anche di definire il verso di deflusso degli scaricatori.
- aree a ristagno d'acqua, presenti in alcune vallecicole infracollinari e che hanno modificato anche la litologia dei depositi superficiali spostandoli a frazioni da argillose a torbose.).

I corpi idrici principali, ricadenti nei territori comunali considerati, hanno svolto, in tempi geologicamente recenti, un ruolo principale nella modificazione dell'assetto morfologico locale.”

DEPOSITI SCIOLTI QUATERNARI

Morene ghiaioso-ciottolose con massi in matrice limo-argillosa Ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argilla): si tratta della tipologia di terreni più rappresentata all'interno del territorio comunale.

Sono costituiti da materiali morenici senza strutture o tessiture deposizionali e quindi in totale mancanza di classazione granulometrica ed elevata eterogeneità delle classi: si passa infatti dai massi, alle ghiaie, ai limi ed alle argille.

Lo spessore complessivo può raggiungere e superare i cento metri e possono presentare frequenti orizzonti e livelli cementati dei termini ghiaiosi e sabbiosi a cemento carbonatico che in taluni casi può aumentare in modo considerevole le caratteristiche geotecniche del deposito stesso.

Morene ghiaioso ciottolose, poco grossolane, in matrice limo-argillosa (Ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argilla): Compaiono con maggiore frequenza nel settore occidentale del territorio comunale. Sono state interpretate come morene legate all'ultima espansione glaciale quaternaria (Würm) che per l'area benacense, risulta essere

stata di minore importanza. Questi sedimenti non hanno quindi superato le cerchie moreniche esterne rissiane che hanno determinato una specie di effetto “argine”.

Rispetto ai depositi morenici precedenti questi si possono distinguere per una minore presenza degli elementi grossolani, per la maggiore frazione di termini argillosi e la attenuazione della cementazione dei termini granulari.

Depositi fluvio-glaciali, prevalentemente ghiaiosi con sabbie e limi (argille ghiaiose e sabbiose, argille limose, argille magre) si tratta dei materiali erosi e risedimentati a distanza ravvicinata dagli scaricatori glaciali provenienti dal fronte glaciale. I sedimenti dimostrano una modesta struttura e tessitura sedimentaria mentre sono assenti i massi e gli elementi ghiaiosi più grossolani proprio a causa delle modalità di trasporto e deposizione in cui l'azione glaciale viene completamente a mancare.

Alluvioni pluvio fluviali dei corsi d'acqua attuali o recenti (sabbie fini, limi micacei o diatomitici) sono costituite da depositi limo-sabbiosi di spessore in genere modesto che occupano le aree in cui si sono verificati fenomeni di sovralluvionamento in periodi in ogni caso post glaciali. Queste tipologie di depositi possono dare luogo, soprattutto nelle aree più depresse, a fenomeni di deflusso difficoltoso a causa anche della bassa permeabilità dei sedimenti.

Depositi di impaludamento recente (limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità). Terreni con frazione organica costituiti da argille prevalenti di spessore generalmente modesto che traggono origine dalle aree di bassura in cui si assiste a drenaggio difficoltoso.

Depositi morenici di fondo con piccoli ciottoli in argille plastiche (argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse).

Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con limi ed argille (Ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argilla).

Materiali eterogenei di conoide di deiezione (Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo).

4 IDROGEOLOGICA GENERALE

L'area in esame risente dell'influenza di due grandi bacini idrografici: quello idraulico-agrario del Mincio.

A livello locale il sistema idrografico superficiale presenta alcune manifestazioni tipiche dell'ambiente intramorenico. Si possono rilevare infatti corsi d'acqua di esigua

entità, costituiti per lo più da rii e fossi, poco profondi e con portate modeste. Questi risultano spesso asciutti in più periodi nell'arco dell'anno, e svolgono funzioni di drenaggio alle irrigazioni dei terreni agricoli coltivati. La loro profondità raramente supera il metro, mentre le portate risentono dei periodi di intensa piovosità. Il fiume Mincio è il ricettore di tutte le acque, superficiali e sotterranee, dell'area in studio e scorre circa 400 m a ovest dall'area di progetto. Il bacino idraulico-agrario del Mincio comprende tutto il territorio di media e bassa pianura, ubicato per la maggior parte in provincia di Mantova. E' percorso per circa 75 km dal fiume Mincio, unico emissario del Lago di Garda, che, attraversate le colline moreniche, scende nella Pianura Padana; dopo un percorso di circa 40 km si allarga in un delta paludoso per formare in serie i laghi di Mantova ed immettersi quindi nel Po, a valle di Governolo. Il bacino si estende per circa 130 km² e, analogamente alla maggior parte dei bacini di pianura, è caratterizzato da una rete idrografica abbastanza complessa. Ciò è dovuto anche

all'articolata maglia di canali e condotte di irrigazione realizzata con la grande sistemazione idraulica Adige-Garda-Mincio-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante.

Dallo sbarramento regolatore del Lago di Garda a Salionze hanno origine due derivazioni: la prima,

in sponda destra, è il canale Virgilio; la seconda, in sponda sinistra, è il canale Seriola di Salionze,

che deriva fino a 7 m³/s. Il Mincio per 15 km a valle dello sbarramento è stato sistemato per scaricare una portata massima di 200 m³/s. Il corpo idrico più importante dell'anfiteatro morenico, nell'area veronese, è costituito invece dal Fiume Tione. Questo ha origini da risorgenze di piano a Sud-Est di Cavaion, e scorre a Est dell'area di indagine, a circa 2,3 km di distanza. E' il collettore principale del settore veronese dell'Anfiteatro morenico Gardesano e svolge azione di drenaggio per buona parte dei corsi d'acqua secondari qui presenti. Dopo aver attraversato i rilievi morenici in direzione Nord-Sud, sbocca in pianura poco a Sud di Custoza, da dove si muove in direzione Ovest-Est fino a Villafranca. Proseguendo per Povegliano il fiume entra nella fascia delle risorgive, e qui dà origine ad un vero e proprio "bacino di risorgiva", in quanto svolge una funzione di ricezione delle acque provenienti dai numerosi punti di emersione spontanea presenti in quest'area. Proprio in prossimità di Povegliano il corso d'acqua vira verso Sud, per proseguire fino a congiungersi nelle acque del Tartaro, a sua volta affluente del Canal Bianco. Il regime del Tione è di tipo misto: risente dell'influenza climatica nel tratto superiore, fino al limite settentrionale delle risorgive, mentre presenta portate più costanti

al di sotto di tale confine, per l'apporto dovuto alle numerose sorgenti ed ai frequenti corsi d'acqua che in esso confluiscono.

A circa 1,0 km verso Nord dall'area indagata scorre poi il Rio Bisaola. Questo corso d'acqua ha origine da risorgenze di piano a Sud-Est di Cavaion. Dopo aver attraversato gli abitati di Colà, Cavalcaselle e Camalavicina, confluisce nel Fiume Mincio, poco a Nord di Salionze. E' caratterizzato da portate irregolari, e comunque ridotte, e risente sia degli eventi meteorici, che dell'apporto legato alle irrigazioni durante il periodo estivo.

Questi corsi d'acqua scorrono per l'intero corso in un alveo scavato rispetto ai terreni circostanti, e

lungo gli argini si è sviluppata una rigogliosa vegetazione spontanea. L'altro elemento idrografico presente in prossimità del sito in esame è costituito dalla rete consortile, gestita dal Conagro, costituita da un complesso ed articolato sistema di canali artificiali.

L'irrigazione effettuata per mezzo di questi canali artificiali nel periodo che va da Aprile a Settembre, rappresenta un importante fattore di alimentazione del sistema idrico sia superficiale che sotterraneo. Nei periodi di intense precipitazioni questi fossi svolgono un'importante funzione di drenaggio delle acque meteoriche.

La falda non è stata intercettata fino alla profondità di 5.0 m da p.c., la stessa è soggetta ad oscillazioni in positivo e in negativo.

5 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Per la descrizione dell'inquadramento geomorfologico del Comune di Valeggio sul Mincio sono riportati di seguito i paragrafi estratti dalla Relazione Geologica del Piano di Assetto del Territorio del Comune che descrive in maniera esaustiva e precisa le condizioni geomorfologiche e le modalità di messa in posto dei depositi morenici e fluvioglaciali su cui sorgono le principali frazioni del Comune. Dalle lettura appare evidente come la principale caratteristica dell'area indagata sia costituita dai depositi morenici.

Il territorio studiato è caratterizzato nella sua quasi totalità da colline costituite da sedimenti di origine fluvioglaciale (morene), che lasciano il posto nelle aree intracollinari a piccole porzioni pianeggianti.

La successione degli eventi glaciali ha portato alla sovrapposizione di più livelli colluviali a loro volta incisi da strutture fluviali che, scendendo da nord verso sud, hanno

coperto con i loro sedimenti alluvionali recenti le strutture geologiche più antiche (tetto del pliocene).

La zona delle colline moreniche rappresenta, geomorfologicamente parlando, una struttura, risultante da più cicli di modellamento avvenuti nel Quaternario, in condizioni paleoclimatiche variabili, denominata Anfiteatro Morenico del Garda.

Dall' attuale Sistema Morfoclimatico temperato, caratterizzato da fenomeni di erosione fluviale, gravitativi e antropici, si passò in passato (a partire da circa 10.000 anni fa) al Sistema morfoclimatico glaciale contraddistinto dall' azione di modellamento svolta dal ghiacciaio, che nel territorio esaminato ha operato un' azione di trasporto e deposizione dell' anfiteatro morenico gardesano.

Si tratta di colline di elevazione variabile che sfiorano anche i 160 m s.l.m., con versanti a morfologia molto dolce, circa 20° gradi. Tale inclinazione è indice di un certo equilibrio geomorfologico, conseguentemente alla presenza di litologie con un buon comportamento geotecnico che assicura una certa resistenza agli agenti esogeni.

Durante il Pleistocene, infatti, si verificarono almeno cinque avanzate glaciali, intervallate da periodi interglaciali più caldi; le ultime due, rispettivamente nel Riss e nel Wurm, sono quelle che hanno lasciato le maggiori tracce sul territorio attuale.

Nel periodo di massima espansione glaciale il grande ghiacciaio Benacense ha sospinto enormi quantità di detriti che corrugandosi hanno prodotto la serie di cerchie moreniche disposte con la convessità rivolta verso sud.

Durante i periodi interglaciali si diramavano numerosi torrenti, come il fiume Mincio, epi e subglaciali che trasportavano notevoli quantità di detriti successivamente depositati in potenti coltri alluvionali ghiaiose, che costituiscono le morene.

In tale contesto appare intuitivo che il principale agente morfogenetico è costituito dal Fiume Mincio, che scorrendo profondamente incassato nella coltre alluvionale, ha prodotto, più a sud, almeno quattro ordini di terrazzi fluviali con dislivelli di circa 10m.

Le colline sono intervallate da vallecole e aree depresse la cui ampiezza e pendenza variabile denota una morfogenesi comune, ma di differente valenza a secondo delle località; in effetti in tali valli scorrevano gli scaricatori glaciali la cui azione modellatrice prima e deposizionale poi, era funzione delle portate solide, di quelle liquide e delle energie compressive in gioco.

6 LITOSTRATIGRAFIA TERRITORIALE

Geologicamente la zona è caratterizzata da formazioni continentali quaternarie costituite da depositi interglaciali di origine fluvioglaciale, che formano l'esteso livello fondamentale della Pianura Padana. In corrispondenza delle aste fluviali principali, i depositi appartenenti al Wurm risultano erosi e le aree circostanti, depresse rispetto al Livello Fondamentale, si raccordano alla Pianura attraverso scarpate, che costituiscono gli orli di terrazzi fluviali. Questi sono presenti anche in più ordini, senza soluzione di continuità per effetto dell'intervento antropico.

I depositi del Wurm, tipici di un ambiente deposizionale fluviale, sono caratterizzati da una maggior energia deposizionale e presentano una frazione granulometrica sabbioso-ghiaiosa prevalente, costituita da lenti ghiaiose a ciottoli.

L'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di pianificazione è caratterizzata da:

- una litozona prevalentemente ghiaiosa, da medio grossolana a medio fine in matrice sabbiosa debolmente limosa color bruno chiaro con locali intercalazioni decimetriche sabbiose.
- una litozona ghiaiosa grossolana in matrice limosa-sabbiosa color bruno scuro, con locali intercalazioni decimetriche limoso argilloso.

7 ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO TERRITORIALE (P.A.T.)

Dalla "Carta della Fragilità" emerge che:

- il sito di progetto ricade in area con terreno idoneo.

Le caratteristiche litologiche di queste aree sono medio-buone ai fini urbanistici e richiedono specifici studi ed indagini geologiche/idrogeologiche approfondite per ogni tipo d'intervento urbanistico che necessiti di concessione e/o autorizzazione edilizia. L'edificabilità di tali aree è possibile solo previo controllo geologico specifico finalizzato al tipo d'intervento da eseguire come prescritto dalla normativa vigente.

L'utilizzo di queste aree sarà peraltro subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggior conoscenza geologica - tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici ecc..).

La classe comprende le seguenti tipologie di terreni:

- 1) Sedimenti di accumulo fluvioglaciale o morenico a tessitura eterogenea prevalentemente sabbio limosa con ghiaie e blocchi. Si tratta di Depositi da addensati a mediamente addensati.
- 2) Sedimenti lacustri, prevalentemente limo-sabbio-argillosi. Depositi con consistenza da media ad alta.
- 3) Sedimenti alluvionali recenti, prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa. Depositi, da addensati a mediamente addensati.
- 4) Sedimenti alluvionali, prevalentemente sabbio-limosi. Depositi con consistenza generalmente bassa.

Norme geologiche di attuazione:

Le scelte di progetto, i calcoli e le verifiche devono essere sempre basati su uno studio geologico e/o geotecnico che dovrà verificare, per mezzo di rilievi, indagini e prove, gli aspetti indicati anche in precedenza anche per le aree idonee.

In questi territori è necessario identificare le caratteristiche idrogeologiche quali presenza della falda acquifera, direzione di deflusso sotterraneo e permeabilità dell'acquifero.

Nelle valli intramoreniche le indagini geognostiche andranno effettuate con particolare attenzione.

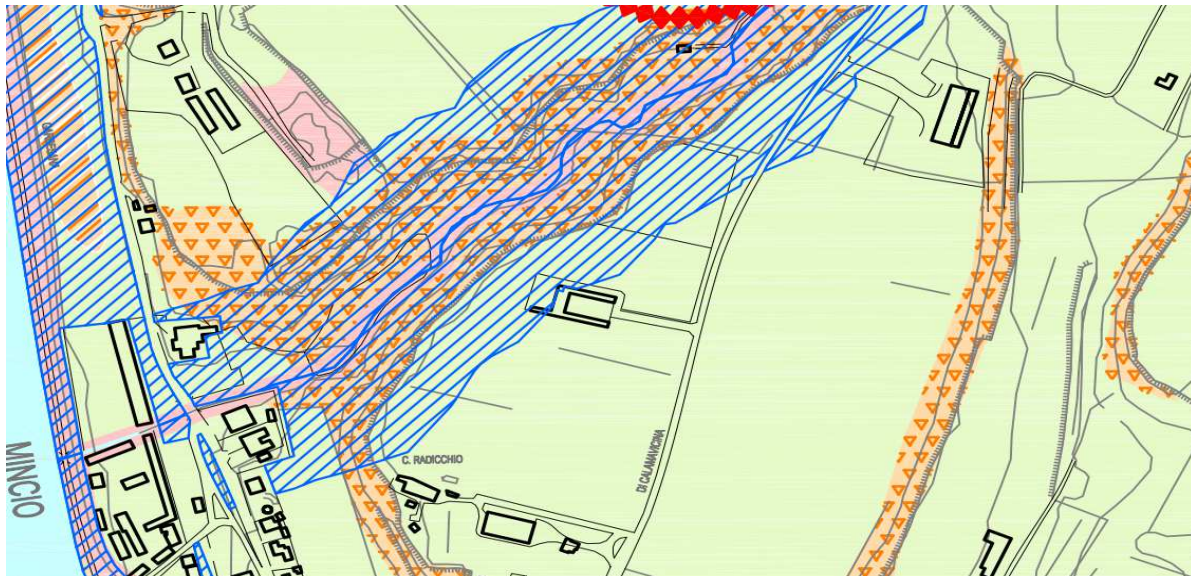
Norme specifiche per i rilievi morenici

Non risultano identificate situazioni generalizzate di rischio idraulico e/o situazioni di instabilità di versante.

In riferimento alle opere in progetto e nel contesto idrogeologico in cui queste andranno ad inserirsi, tale circostanza non rappresenta tuttavia elemento tale da inibire l'esecuzione degli interventi previsti.

Il sito non è soggetto a dissesti idrogeologici.

Figura n 1 estratto Carta della Fragilità

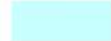


LEGENDA

N.T.A.

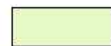


Confine comunale



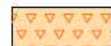
Idrografia principale

Penalità ai fini edificatori



Area idonea

Art. 2.24



Area idonea a condizione: consistente attività

Art. 2.24



Area idonea a condizione: deflusso difficoltoso

Art. 2.24



Area idonea a condizione: attività estrattiva

Art. 2.24



Area idonea a condizione: accumulo di frana stabilizzato

Art. 2.24



Area non idonea

Art. 2.24

8 CLASSIFICAZIONE REGIONALE DELLA SISMICA DI BASE

La normativa di riferimento è rappresentata dal **D.M. 17 gennaio 2018** (Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni) e dalla **DGR n. 244 del 09 marzo 2021** (classificazione sismica del Veneto)

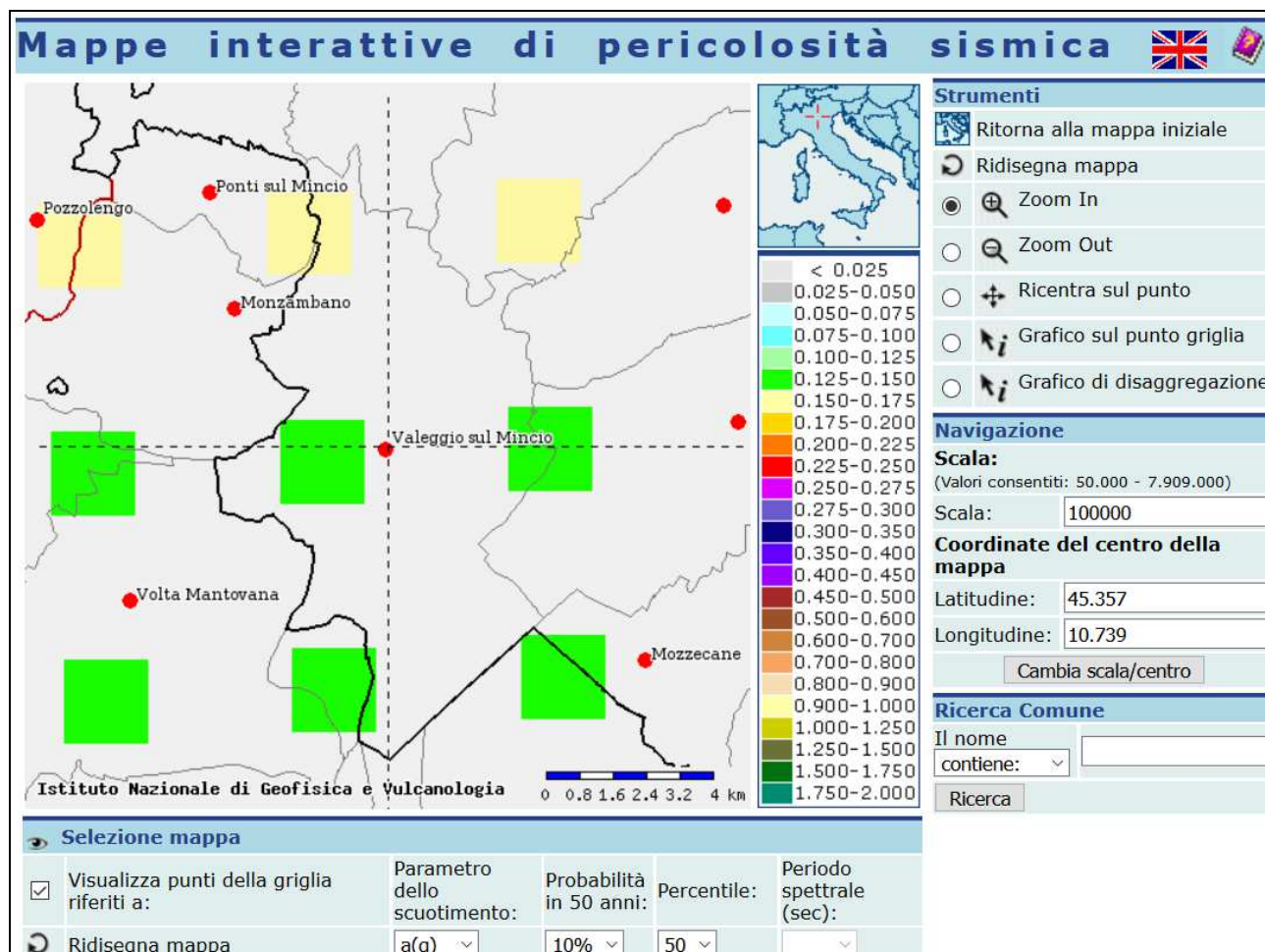


Figura n 2 pericolosità sismica di base (fonte INGV)

Il territorio di Valeggio sul Mincio (**VR**) è stato classificato secondo le indicazioni della **DGR n. 244 del 09 marzo 2021**:

- dal punto di vista amministrativo nella **zona sismica n. 2**
- dal punto di vista tecnico nelle sottozone con accelerazione sismica di base a_g compresa tra 0.150 e 0.175 g (**fig. 5**).

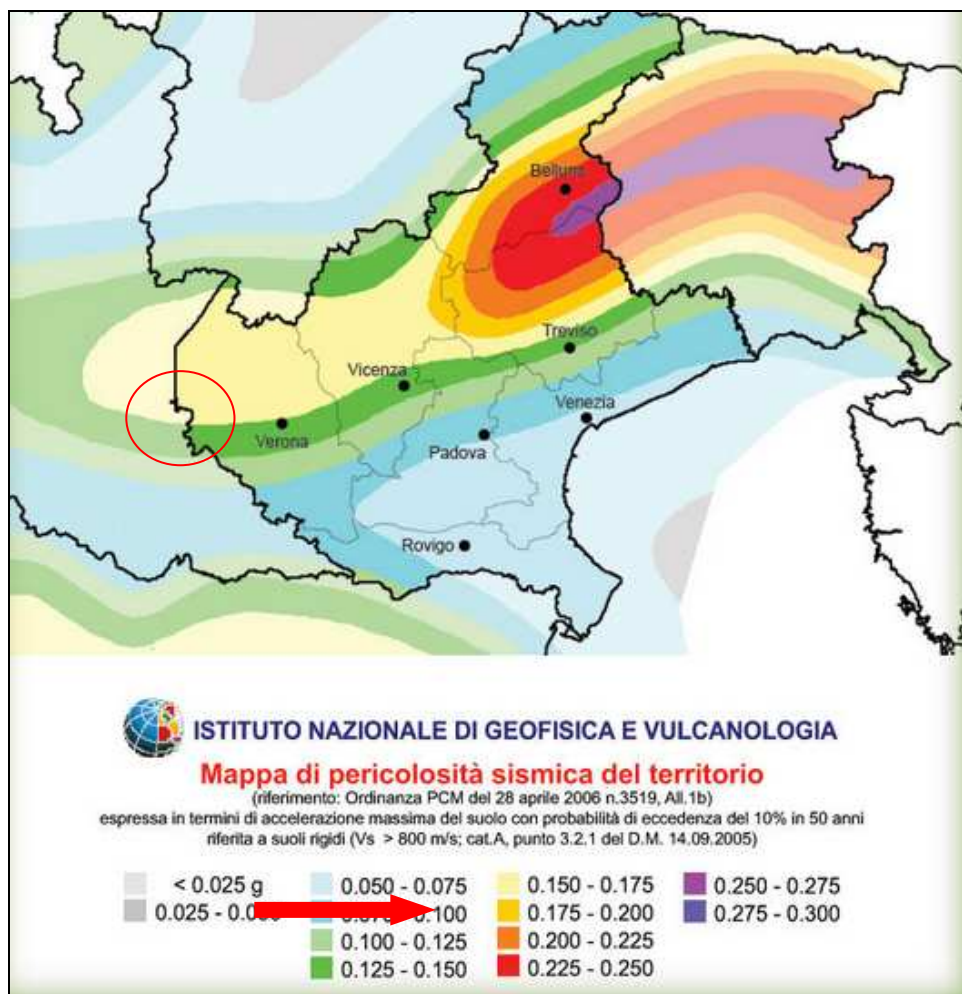


figura n 3: classificazione sismica come da O.P.C.M. 3519 del 28/04/2006

9 SISMICITÀ DEL COMUNE DI VALEGGIO SUL MINCIO (VR)

Per determinare il carattere sismogenetico dell'area del comune di Valeggio sul Mincio si è presa in considerazione la pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nella quale è stato mappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche: il territorio comunale si colloca nella zona sismogenetica 906 (Garda Veronese).

La zona sismogenetica 906 è legata alla convergenza tra la placca tettonica Adria e la placca tettonica Southern Alps con strutture a pieghe sud vergenti e faglie inverse associate (thrusts prevalenti). La zona sismogenetica 913 è legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica Adria) sotto il sistema di catene nell'Arco Appenninico Settentrionale con cinematismi attesi di sovrascorrimento e faglie trascorrenti aventi assi SW-NW.

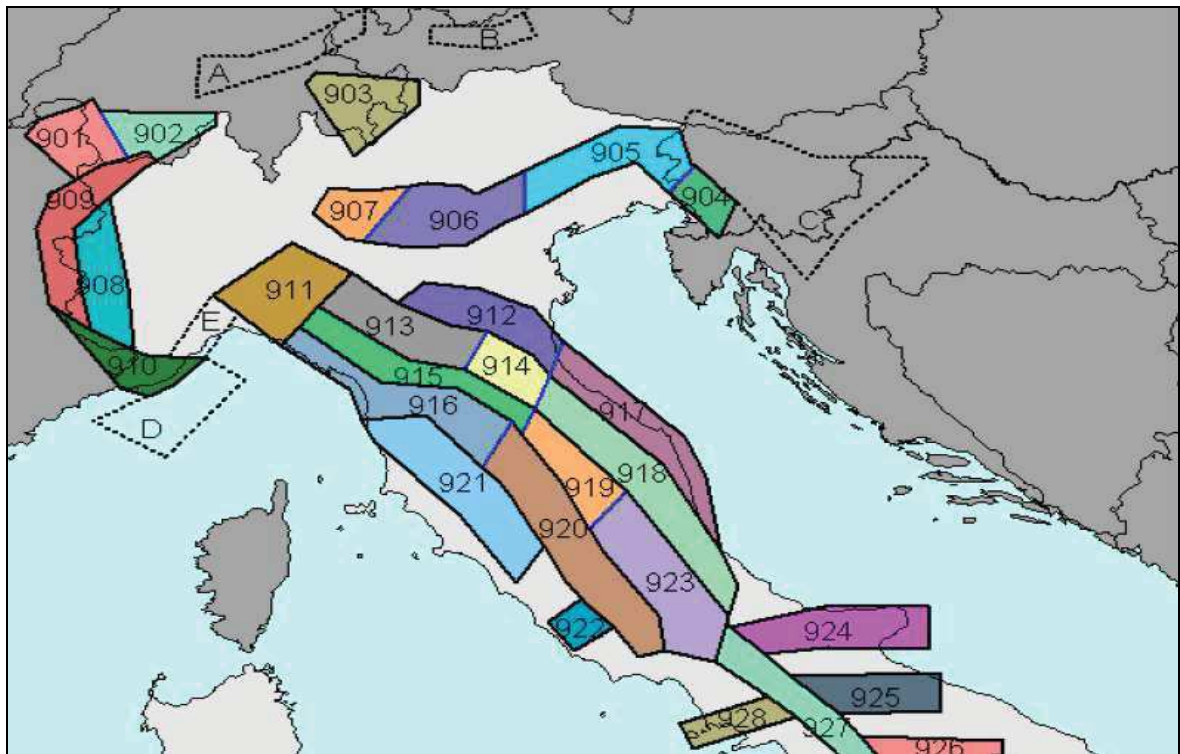


figura n 4 Zonazione sismogenetica ZS9 alla distribuzione delle sorgenti sismogenetiche

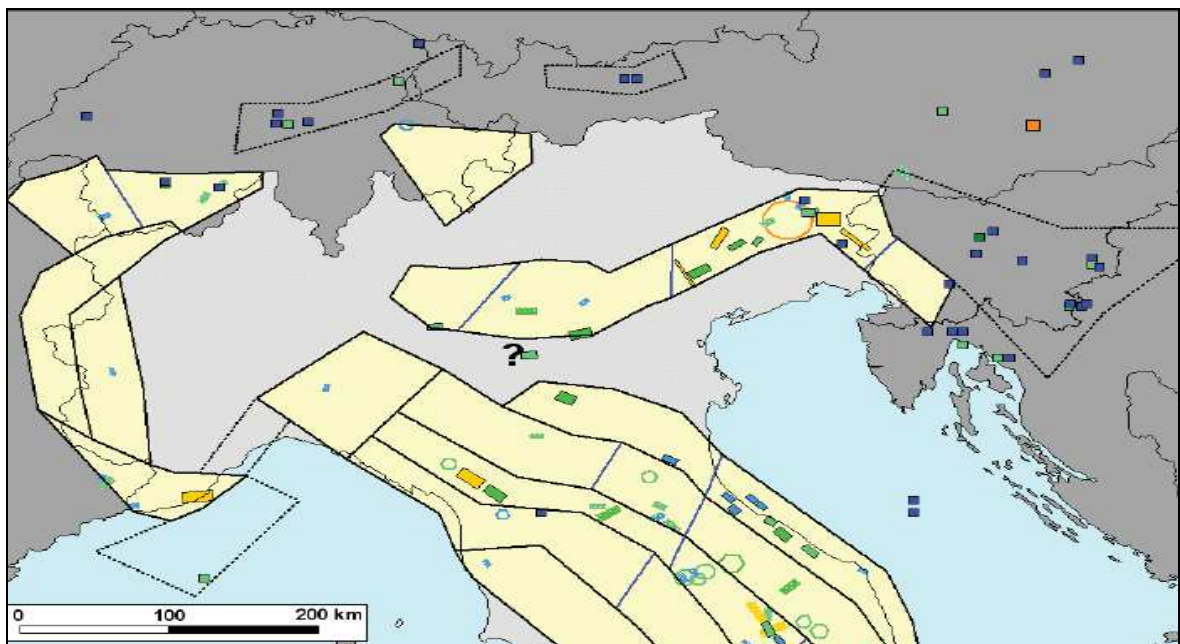


figura n 5: tale zona, come dalle rilevazioni dell'INGV, è caratterizzata da una magnitudo massima di 6.14 Mw.

10 METODOLOGIA DI INDAGINE

La necessità di acquisire significativi dati geotecnici inerenti le caratteristiche del volume del sottosuolo ha consigliato l'esecuzione di un'indagine geognostica.

Tutte le metodologie della sismica si basano sul principio di generare onde sismiche in un punto del terreno e di rilevare il loro arrivo in altri punti: ciò consente di ricostruire, attraverso lo studio dei percorsi e delle velocità, la disposizione geometrica delle discontinuità sismiche nel sottosuolo e quindi dei litotipi presenti al di sotto della zona indagata. Le onde utilizzate sono di solito le longitudinali perché quelle trasversali, avendo una velocità minore, arrivano ai ricevitori successivamente, quando questi ultimi sono già stati sollecitati dalle onde di compressione ed il segnale registrato sarà così la risultante della sovrapposizione di onde differenti.

La sismica a rifrazione ha come fine l'acquisizione dei valori delle velocità sismiche del primo strato di terreno e dei "rifrattori" successivi, oltre che del loro spessore, fino ad una profondità che dipende dalla lunghezza dello stendimento utilizzato e dalle caratteristiche fisiche-meccaniche del mezzo indagato.

L'indagine viene condotta in campagna con l'ausilio dei seguenti dispositivi:

- ❑ un dispositivo in grado di generare onde sismiche in un punto del terreno chiamato punto sorgente. Esso è costituito generalmente da masse battenti di diverse dimensioni e peso, ovvero (per profondità di indagine maggiore) da cariche esplosive, da sorgenti meccaniche ripetitive (dinoseis, vibratori, martello vibrante, ecc.);
- ❑ un dispositivo in grado di rilevare il segnale sismico, costituito da un gruppo di geofoni disposto secondo una configurazione opportuna, di solito lineare, detta "stendimento";
- ❑ un dispositivo in grado di registrare i segnali provenienti dai geofoni; questi infatti rilevano il segnale sismico e lo trasformano in impulsi elettrici, che vengono inviati al sismografo. Quest'ultimo, ricevendo l'impulso elettrico, ne disegna il valore in funzione del tempo ottenendo così un sismogramma.

Tutti i sismografi più moderni sono corredati di dispositivi di "signal enhancement", che consentono la sommatoria delle vibrazioni provenienti, in modo guidato ed in tempi successivi, da un singolo punto di energizzazione. Ciò permette di eseguire il processo di stacking, cioè una somma di più segnali più o meno coincidenti, ciascuno affetto da un rumore fuori fase, che quindi tende ad annullarsi con la sommatoria.



figura n 6: sismografo X 610 S della MAE e stendimento per sismica a rifrazione

La lunghezza dello stendimento è scelta in funzione della profondità di indagine desiderata, mentre la distanza fra i geofoni è in funzione della risoluzione interpretativa che si vuole ottenere. La distanza tra sorgente e stendimento prende il nome di offset.

I dati sperimentali che si utilizzano sono i tempi di primo arrivo dei treni d'onda ai vari punti di registrazione. Leggere i valori di primo arrivo (picking) di un'onda P significa determinare sul sismogramma la posizione della prima escursione (positiva o negativa) superiore al livello di rumore della registrazione: i tempi che intercorrono tra l'istante di energizzazione e questi tempi di primo arrivo corrispondono ai tempi di percorso delle onde P dal punto sorgente ad ogni singolo geofono. Dal punto sorgente fino ad una certa distanza detta distanza critica questi tempi corrispondono ai tempi di arrivo di onde P che viaggiano poco al di sotto della superficie topografica e sono i tempi relativi all'onda diretta. Dal punto critico in poi l'onda rifratta arriva prima di quella diretta: questo avviene perché l'onda rifratta, pur compiendo un tragitto più lungo di quella diretta, percorre un buon tratto di questo cammino ad una velocità maggiore che è quella dello strato sottostante. Se consideriamo un terreno multistrato questo fenomeno si ripeterà per tutti gli strati caratterizzati da velocità superiore a quella degli strati soprastanti.

Una conseguenza molto importante della legge di Snell nella sismica a rifrazione è quella di essere in grado di distinguere e determinare gli strati rifrattori solo se essi hanno una velocità maggiore di quelli sovrastanti. Quindi condizione necessaria per ottenere buoni risultati dall'applicazione del metodo sismico a rifrazione è che la velocità di propagazione aumenti con la profondità. Infatti, quando uno strato a velocità inferiore si trova al di sotto di strati a velocità superiore, esso non potrà essere rivelato come "refrattore" e quindi non si potrà mettere in evidenza la sua presenza. In tali casi, se esiste il sospetto di una tale presenza, sarà necessario ricorrere ad altre metodologie di

prospezione sismica (o ad altre metodologie geofisiche) ovvero a sondaggi meccanici, oltre che, ovviamente, tenere in considerazione i risultati di un accurato rilevamento geologico.

11 PROGETTO D'INDAGINE

Il sondaggio sismico a rifrazione è stato eseguito utilizzando il sismografo digitale **X 610 S** a 24 bit della M.A.E. srl ad alta risoluzione, in grado di registrare i segnali provenienti da geofoni a componente verticale e orizzontali e di permettere, grazie ad un software di elaborazione interno, un rapido controllo della qualità della registrazione, consentendo un processing preliminare dei dati in situ. Il sismografo in questione costituisce il componente fondamentale dell'apparato di acquisizione dei dati. Si tratta di uno strumento digitale a 72 canali, dotato di un processore interno ad alta risoluzione, un intervallo minimo di campionamento di 0.033 ms e un convertitore Analogico/Digitale sigma/delta a 24 bit.

Le impostazioni dei parametri di acquisizione dello strumento, scelti in funzione del tipo di indagine eseguito, della lunghezza dello stendimento, del grado di risoluzione ricercato, delle condizioni ambientali rispetto alle fonti di rumore e tenendo conto della relativa uniformità delle successioni sedimentarie presenti nelle zone indagate, sono riportate in tabella 1.

TIPO DI INDAGINE	INTERVALLO DI CAMPIONAMENT O	NUMERO DI CAMPIONI	DURATA DI REGISTRAZION E	NUMERO DI STACKS
Rifrazione	66,4 μ s	4096	545,73 ms	5

Tabella 1 - Parametri di acquisizione del profilo sismico a rifrazione.

Al fine di incrementare il rapporto segnale\rumore è stato effettuato, su tutte le registrazioni, un processo di stacking con numero di stacks pari a cinque.

Una massa del peso di 8 kg, battente su una piastra metallica, fissata al terreno in posizione verticale, è stata utilizzata come dispositivo in grado di generare onde sismiche.

Per l'elaborazione dei dati non è stata necessaria una correzione topografica dei dati. La fase di processing dei dati acquisiti sul campo è stata condotta utilizzando software dedicati, per l'analisi, l'elaborazione dei segnali sismici e per la rappresentazione grafica dei modelli sismostratigrafici ottenuti.

Per l'interpretazione dei dati di sismica a rifrazione, alla fase di import dei dati, registrati in formato SEG2, è stata eseguita la lettura manuale, traccia per traccia, dei tempi di primo arrivo delle onde P (picking) corrispondenti ai tempi di percorso delle onde dal punto sorgente ad ogni singolo geofono.

La seconda fase è consistita nella costruzione e nell'interpretazione delle dromocrone, relative a tutti gli scoppi eseguiti, al fine di valutare lo spessore, l'eventuale inclinazione degli strati rifrattori e di costruire, tramite il metodo di inversione wavefront (fronte d'onda), che consente di migrare in profondità la combinazione dei "tempi di volo" diretti e reciproci usando l'approssimazione delle differenze finite nell'equazione eiconale, un modello iniziale del gradiente di velocità. Con metodo del fronte d'onda è possibile scostarsi dai modelli basati esclusivamente sull'interpretazione di stratificazione pian-parallelà; si ha, infatti, la possibilità di individuare orizzonti rifrangenti ondulati e inclinati. Dopo aver calcolato tutti gli angoli di superficie relativi agli scoppi, diretto e inverso, si procede alla localizzazione della reale posizione della superficie di rifrazione, stimando i punti di rifrazione dei raggi che arrivano ai geofoni. Questo si ottiene da una serie di iterazioni effettuate per ogni geofono. Il metodo prevede, inoltre, il calcolo di una funzione di velocità, il cui valore è riferito alla posizione orizzontale dello stesso punto di rifrazione P.

Questi calcoli sono ripetuti per tutte le posizioni dei geofoni dello stendimento e la forma del rifrattore è ricostruita dalla linea che unisce tutti punti reali di rifrazione ottenuti, mentre la pendenza della retta della funzione di velocità, calcolata per ogni punto di rifrazione, permette di calcolare la velocità del rifrattore. Generalmente il metodo dei fronti d'onda è il metodo di interpretazione di sismica a rifrazione più efficace per risolvere i problemi causati dalle irregolarità del rifrattore. L'affidabilità dei risultati dipende dall'esattezza dei primi arrivi selezionati, dalla precisione della stima della velocità del primo strato e dalla quantità di geofoni utilizzati. Inoltre, i calcoli che si effettuano per determinare la profondità del rifrattore sono indipendenti dalla stima della sua velocità, in modo da non essere influenzati da eventuali errori.

12 INTERPRETAZIONE DEL PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE
--

Il sondaggio eseguito, le cui caratteristiche sono rappresentate in tabella 2 ha consentito di ottenere le dromocrone, ricavate dalla regressione lineare dei tempi di primo arrivo ai 24 geofoni (Figura 2). Sono state eseguite 3 energizzazioni, due esterne (alla

distanza di 2 metri dal primo e dall'ultimo geofono) e una interna (al centro dello stendimento).

Profilo sismico	Tipo di indagine	Lunghezza totale (m)	Numero geofoni 4,5 Hz	Posizione I geofono (m)	Posizione ultimo geofono (m)	Interdistanza tra i geofoni (m)
S1	Rifrazione	37,5	24	0	37,5	1,5

Tabella 2 – *Caratteristiche geometriche dello stendimento del profilo sismico a rifrazione.*

Il picking dei tempi di primo arrivo delle tracce sismiche provenienti dai punti di scoppio ha consentito di stimare i valori di velocità apparente del primo strato superficiale (onde dirette) e dei successivi strati rifrattori (onde rifratte). Il processo di inversione, per la costruzione del modello iniziale, è stato vincolato con le conoscenze dei possibili litotipi presenti nell'area indagata derivanti da precedenti studi.

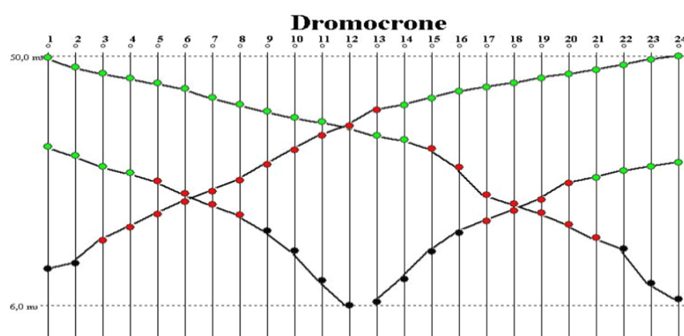


figura n 7 – Dromocrone ricavate dalla regressione lineare dei tempi di primo arrivo relativi al sondaggio sismico a rifrazione.

Il profilo sismico a rifrazione è stato interpretato considerando una modellistica a due strati. Il primo sismostrato è caratterizzato da una velocità di circa 280 m/s e una profondità di circa 1 metri, interpretabile con la presenza di materiale granulare. Il secondo sismostrato è caratterizzato da una velocità di 590 m/s, compatibile con la presenza di ghiaia-sabbiosa e ciottoli.

IL METODO MASW

Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo P, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo Rayleigh.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di

propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Per ottenere un profilo verticale di velocità V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione. MASW può essere efficace anche con solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz).

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati sperimentali;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D), che descrive la variazione di V_s con la profondità.

Una mappa bidimensionale (mappa 2-D) può essere costruita accostando e sovrapponendo più profili 1-D consecutivi.

PROGETTO D'INDAGINE

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sismici di tipo MASW è stata eseguita con l'ausilio del software WinMASW, che consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers) acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della V_s (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato viene ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità (sul quale l'utente deve identificare la curva di dispersione);
- 2) inversione della curva di dispersione (precedentemente individuata) attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici (detti anche evolutivi).

I comuni metodi lineari forniscono, infatti, soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale). In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni. Quella finale viene, infine, proposta con una stima della sua attendibilità (deviazioni standard), ottenuta grazie all'utilizzo di tecniche statistiche. Il principale punto di forza di WinMASW è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli possibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità. Tali caratteristiche vengono ottenute a prezzo di uno sforzo computazionale piuttosto intensivo che si riflette in tempi macchina più lunghi rispetto quelli comunemente necessari coi metodi di inversione lineare (che però rischiano di fornire risultati piuttosto imprecisi). Tali tempi di calcolo dipendono dai parametri scelti dall'utente per l'inversione dei dati.

INTERPRETAZIONE DEL PROFILO SISMICO DI TIPO MASW

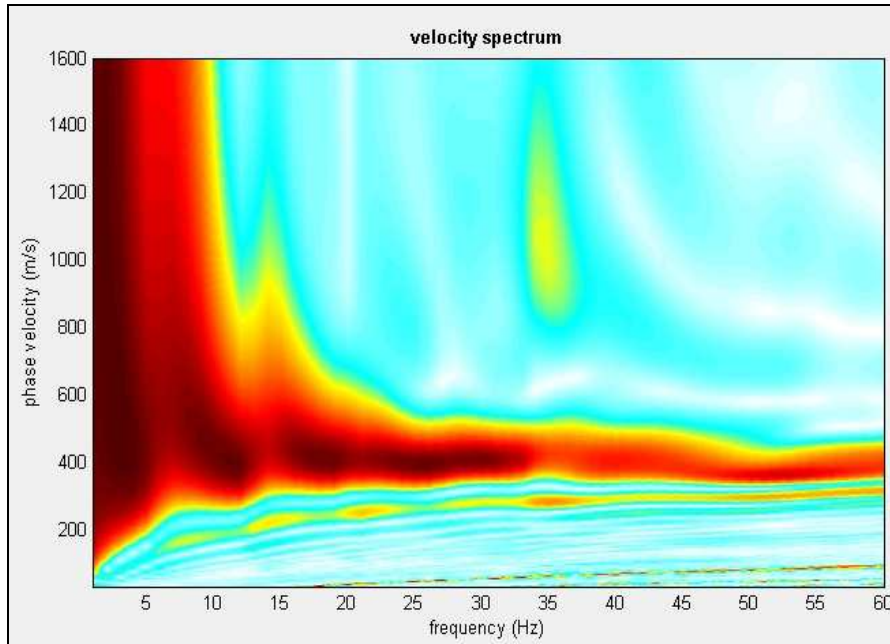
Per l'esecuzione del profilo sismico di tipo MASW, sono state eseguite due energizzazioni verticali agli estremi dello stendimento, per ottimizzare e vincolare il processo di inversione dei dati.

Grazie alle conoscenze geologiche dell'area in esame, si è stabilito di utilizzare, per l'interpretazione dei dati acquisiti, una modellistica a 3 strati. Le curve di dispersione relative al sondaggio sismico eseguito è mostrata in figura 5.

Solo il modo fondamentale della curva è stato analizzato per la determinazione del parametro V_{s30} . L'analisi del profilo sismico MASW eseguito ha permesso la definizione di

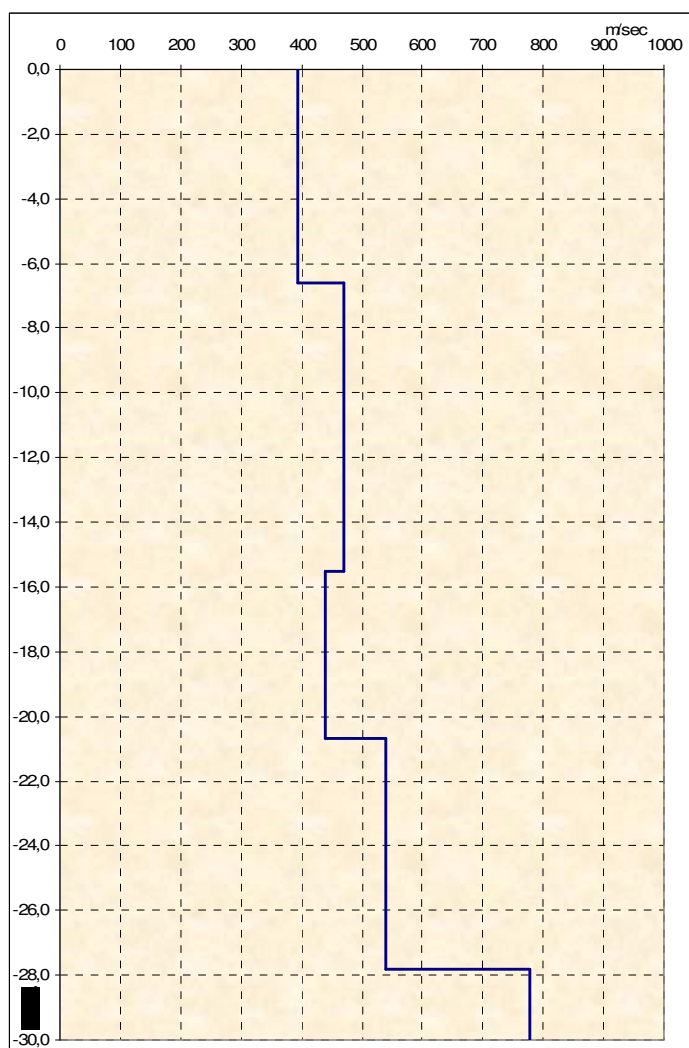
un modello 1D di velocità delle onde di taglio, localizzabile nel baricentro dello stendimento.

ANALISI SISMICA MASW



-diagramma della curva di dispersione-

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-6,6	6,6	393
-15,5	8,9	471
-20,7	5,2	440
-27,8	7,1	539
-30,0	2,2	778



Il valore V_{s30} è **472 m/sec**.

Secondo normativa **la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:**

La tabella mostra che la categoria di suolo di fondazione riferita al piano campagna e per fondazioni con profondità fino a 30 metri è di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

La profondità di penetrazione dell'indagine MASW è determinata dalla relazione tra velocità e frequenze rappresentate nella curva di dispersione. Strati più profondi influenzano, infatti, frequenze inferiori (lunghezze d'onda maggiori) e di conseguenza sarà la frequenza più bassa a determinare la massima profondità di penetrazione (da cui l'importanza di generare un segnale con una sufficiente quantità di energia anche alle frequenze più basse). Questo valore è determinato attraverso l'approssimazione $\lambda/2.5$ ed è, quindi, chiaramente solo indicativo.

Infatti, è bene precisare che, a causa della variazione dei parametri fisico - meccanici (porosità, contenuto d'acqua, grado di fatturazione, ecc.), non sempre gli spessori sismostratigrafici coincidono con gli spessori litologici.

INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

In questo settore i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali.

Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S-vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa pliocenica dell'Appennino settentrionale. I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all'interno dei sistemi di deformazione del Miocene medio-superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico.

A partire dalla fine del pleistocene inf. entrambi i margini del bacino padano sono in sollevamento in seguito alla formazione di un bacino flessurale più simmetrico.

La più importante area tettonica sorgente è rappresentata dall'area tirrenica e dalla zona appenninica interna, che sono state sottoposte a processi distensivi da miocene superiore in poi. A questa si associa lo spostamento della placca africana verso N al ritmo di circa 1 cm/anno. Secondo alcuni autori la localizzazione morfostrutturale dell'area padana rispetto al campo tensionale residuo in atto sarebbe dunque la causa principale della sismicità di queste zone.

NORMATIVE SISMICHE

In merito alla classificazione sismica del territorio nazionale, nello specifico ai sensi dell'O.P.C.M. 28 Aprile 2006, n. 3519, che costituisce la base legislativa della nuova disciplina sulla sismicità, tale Ordinanza ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo.

Il territorio nazionale viene suddiviso in quattro zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g , ossia di accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (*Formazioni litoidi o terreni omogenei caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 metri*). Il territorio del comune di **Valeggio sul Mincio** è inserito in **zona sismica 2 dal punto di vista amministrativo**, da un punto di vista tecnico è

associato un valore della **massima accelerazione orizzontale di ancoraggio** dello spettro di risposta elastico pari a **$a_g = 0,175g$** (con g = accelerazione di gravità). Le massime accelerazioni attese al suolo o P.G.A. (Peak Ground Acceleration) previste dalla mappa di Pericolosità Sismica dell'I.N.G.V. – 2004 sono comprese tra **$0,150 \div 0,175g$** , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di categoria A.

Nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) 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.

I dettami della nuova normativa (NTC del D.M. 17 gennaio 2018), la valutazione della pericolosità sismica si attua secondo un criterio sito dipendente, che tenga conto delle condizioni locali del sito; la pericolosità sismica deve essere cioè riferita al punto preciso, individuato all'interno del reticolo di riferimento i cui nodi, identificati in termini di latitudine e longitudine, non devono distare più di 10 Km l'uno dell'altro.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite in funzione dei tre parametri:

- accelerazione orizzontale di ancoraggio (a_g/g);
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0);
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c).

Questi parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo i cui nodi non distano fra loro più di 10 Km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per i diversi periodi di ritorno.

Dai parametri dell'opera è stato possibile determinare:

- opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale la cui vita nominale è $V_n = 50$ anni;
- classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali;
- coefficiente d'uso $C_u = 1$.

L'accelerazione orizzontale di ancoraggio viene determinata sulla base della classificazione del terreno e può assumere quattro valori funzionali della zona sismica:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Il parametro S dipende invece dalle caratteristiche del suolo di fondazione secondo le seguenti caratteristiche.

A- Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio 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 fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositì di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D -Depositì di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina 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 compresi tra 100 m/s 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 30m.

Gli effetti topografici possono essere trascurati in quanto la superficie topografica, poiché il sito è ubicato in una ampia area pianeggiante, può essere classificata come appartenente alla **categoria T1**:

“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ ”

Per tale categoria si assume quale valore del coefficiente di amplificazione topografica **ST = 1,0**.

Per la determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica, le quali permettono di calcolare i fattori di amplificazione rispetto ad un suolo di riferimento.

Tali fattori espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale PGA/PGAo, sia di rapporto di Intensità Housner SI/SIo, per prefissati intervalli di periodi, dove PGAo e SIo sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti in ogni comune, sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Quindi:

- $PGA/PGAo = 1,50$
- $SI/SIo = 1,80$ $0,1s < To < 0,5s$
- $SI/SIo = 2,30$ $0,5s < To < 1,0s$.

La tabella cui ci si riferisce fa riferimento ad una pianura caratterizzata da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche deca metrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (100 metri da p.c.).

Ad esso sono legati i valori assunti da periodi di vibrazione che caratterizzano la forma dello spettro di risposta. In funzione delle cinque classi di suolo proposte questi parametri assumono i seguenti valori:

Categoria suolo	S	T _B	T _C	T _D
A	1.0	0.15	0.40	2.0
B.C.D	1.25	0.15	0.50	2.0
E	1.35	0.2	0.80	2.0

Dai parametri dell'opera è stato possibile determinare:

opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale la cui vita nominale è $V_n = 50$ anni;

classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti;

coefficiente d'uso $C_u = 1$

Il D.M. 17.01.2018 prescrive che le azioni sismiche su ciascuna struttura siano valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r , ricavato moltiplicando la vita nominale dell'opera V_n per il coefficiente d'uso C_u , definito al variare della classe d'uso dell'opera stessa e stabilisce che gli stati limite, sia di esercizio (Stato Limite di Operatività – SLO e Stato Limite di Danno – SLD) sia ultimi (Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLV e Stato Limite di Collasso – SLC), individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso.

VITA NOMINALE DELL'OPERA (N.T.C. 2018)

La vita nominale è il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Secondo la tabella riportata nelle NTC si è scelto la seguente vita nominale:

$$V_n = 50 \text{ anni}$$

Tab. 2.4.1. Valori minimi della Vita nominale V_n di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Tipi di costruzioni		Vita nominale V_n (in anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONI (N.T.C. 2018)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di eventuale collasso, le costruzioni sono state suddivise in 4 classi come di seguito riportati

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

Per la realizzazione dell'intervento in progetto la classe d'uso è II.

Periodo di riferimento per l'azione sismica.

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

$$V_r = V_n \times C_u$$

Il valore del coefficiente d'uso C_u è definito al variare della classe d'uso come mostrato nella seguente tabella.

COEFFICIENTE D'USO (N.T.C. 2018)

Classe D'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0.7	1	1.5	2

Pertanto otteniamo:

$$V_r = 50 \times 1 = 50$$

Tra le prescrizioni relative ai terreni di fondamentale importanza è che il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti risultino esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

L'accelerazione orizzontale di ancoraggio viene determinata sulla base della classificazione del terreno e può assumere quattro valori funzionali della zona sismica:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Il parametro S dipende invece dalle caratteristiche del suolo di fondazione secondo le seguenti caratteristiche.

Categoria di suolo di fondazione	PROFILO STRATIGRAFICO
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio 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 fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina 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 compresi tra 100 m/s 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 30m.

13 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO IN PROGETTO

Con il termine risposta sismica locale si intende l'insieme delle modifiche che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (Bedrock), posta ad una certa profondità del sottosuolo, subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

Per giungere alla determinazione della risposta sismica locale, un sito deve essere sottoposto specifiche indagini di dettaglio finalizzate alla definizione di tutte le proprietà puntuali che lo caratterizzano, ovvero:

- stratigrafia delle formazioni superficiali con dettagliata definizione dell'andamento dei contatti tra esse;
- profili di velocità delle onde sismiche trasversali e longitudinali dentro le formazioni superficiali;
- caratteristiche meccaniche dei terreni delle formazioni superficiali con particolare riferimento al loro comportamento sotto l'azione di carichi ciclici e dinamici;
- morfologia di dettaglio dell'area.

Per gli studi di risposta sismica locale finalizzati alla previsione delle azioni sismiche di progetto sui manufatti è necessario caratterizzare il comportamento meccanico del terreno mediante la determinazione dei parametri V_s (velocità delle onde di taglio), G_o (modulo di taglio a piccole deformazioni), R (rigidità sismica), E_d (modulo di elasticità dinamico) e a (amplificazione sismica).

Dall'indagine sismica effettuata nell'area in esame, è stato possibile derivare i seguenti parametri:

Velocità delle onde di taglio (V_s);

- Modulo di taglio a piccole deformazioni:

$$G_o = \frac{\gamma_1}{g} \cdot (V_s)^2$$

γ_1 = peso di volume naturale;

g = accelerazione di gravità (9.81 m/s^2)

- Modulo di elasticità dinamico

$$E_d = V_p \cdot \rho \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}{1 - \nu}$$

V_p = velocità delle onde longitudinali;

ρ = è la densità del terreno;

ν = è il modulo di Poisson.

- Rigidità sismica

$$R = \gamma_1 \times V_s$$

Definito come il prodotto della velocità per il peso di volume del mezzo in cui si propaga l'onda, fornisce come risultato un parametro legato all'amplificazione sismica locale dove l'incidenza dei danni tende a diminuire con l'aumentare della rigidità sismica.

Sulla base del reticolo sismico di riferimento nazionale sono stati calcolati i valori sotto riportati.

Operatività (SLO): Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,041 g Fo: 2,541 Tc*: 0,233 [s]
Danno (SLD): Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,055 g Fo: 2,506 Tc*: 0,247 [s]
Salvaguardia della vita (SLV): Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,157 g Fo: 2,424 Tc*: 0,276 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC): Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,203 g Fo: 2,472 Tc*: 0,278 [s]

Introducendo i valori riportati nelle precedenti tabelle, nelle espressioni che definiscono le componenti dello spettro di risposta si ottiene la forma spettrale riportata nel grafico a seguire, riferita ad uno smorzamento viscoso pari al 5%.

Successivamente, in relazione alla categoria del sottosuolo ottenuta dal metodo masw ed alla categoria topografica, si sono determinati i parametri riportati di seguito, riferiti sia allo stato limite di esercizio sia agli stati limite ultimi:

- Ss: coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- Cc: coefficiente di correzione del valore di T_c;

- S_t = coefficiente di amplificazione topografica.

Secondo normativa (D.M.17.01.2018) la **categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:**

Categoria	Descrizione da d. m. 17/01/2018	
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	
TIPO DI COSTRUZIONE		2
VITA NOMINALE VN		50 anni
CLASSE D'USO		II
COEFFICIENTE D'USO C_U		1
VITA DI RIFERIMENTO VR		50 anni

Parametri sismici

Sito in esame

latitudine:	45, 411242
longitudine:	10, 723875
Classe:	2
Vita nominale:	50
Categoria di suolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50 anni
Coefficiente d'uso:	1

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 12726 Lat: 45,4029 Lon: 10,7159 Distanza: 1113,459

Sito 2 ID: 12727 Lat: 45,4046 Lon: 10,7870 Distanza: 4982,004

Sito 3 ID: 12505 Lat: 45,4545 Lon: 10,7847 Distanza: 6759,524

Sito 4 ID: 12504 Lat: 45,4529 Lon: 10,7136 Distanza: 4703,760

14 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO

Dall'analisi dei sondaggi geognostici è stato possibile sia parametrizzare i litotipi intercettati alle varie profondità sia determinare la categoria di suolo di fondazione, così come previsto ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018. Di seguito viene riportato il valore a_g (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni)

$$A_g = S_s S_t a_{bedrock}$$

$a_{bedrock}$ = è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock;

S_t = è il fattore di amplificazione stratigrafica;

S_s = si determina in relazione alla categoria di sottosuolo.

Categoria sottosuolo	S_s
A	1
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_o \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_o \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_o \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_o \leq 1.60$

Il fattore S_t si ottiene direttamente dalla tabella del D.M. 17 gennaio 2018:

categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione opera o dell'intervento	S_t
T₁	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$		1.00
T₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	Sommità del pendio	1.20
T₃	Rilievi con larghezza in cresta molto minori che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	Cresta del rilievo	1.20
T₄	Rilievi con larghezza in cresta molto minori che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	Cresta del rilievo	1.40

Considerando che l'area in progetto risulta pianeggiante il valore di $S_t = 1.00$.

Pertanto il valore di a_{max} massima attesa al sito risulta:

$$A_{max} = 1.2 \times 1.00 \times 0.157 = 0.188$$

Moltiplicando a_{max} per un fattore correttivo β otteniamo il coefficiente sismico orizzontale

$$K_{hk} = \beta a_g$$

Ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, il parametro β lo si ricava dalla seguente tabella:

di	Categoria	sottosuolo	
	A	B, C, D, E	
	β	β	$0.2 \leq a_g \leq 0.4$
	0.30	0.28	
	0.27	0.24	$0.1 \leq a_g \leq 0.2$
	0.20	0.20	$a_g \leq 0.1$

Per l'area in esame $\beta = 0.24$, per cui si ottiene:

$$K_{hk} = 0.24 \times 0.188 = 0.045$$

15 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_r espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR.

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.
- Ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $s_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento V_r .

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nei periodi di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale.

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

CIMITERO DI SALIONZE

16 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il cimitero in esame è ubicato a nord dell'abitato di Salionze (fig. 1) ed è localizzato ai confini con il comune di Peschiera del Garda.



17 CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA DEL CIMITERO

La “Carta per le Azioni di Piano” (Tavola dello Studio Geologico del Territorio Comunale a corredo del PAT del Comune di Valeggio sul Mincio) è il documento che sintetizza l’attitudine delle differenti aree del territorio ai fini dell’edificabilità.

L’area oggetto di studio, in particolare, viene perimetrata come idonea, le caratteristiche dei depositi in situ sono le seguenti:

- la vulnerabilità “alta” dell’acquifero superficiale;
- la presenza di terreni a caratteristiche geomeccaniche “ottime”.

Per l’area in esame, lo studio geologico comunale prescrive lo svolgimento delle seguenti attività:

- 1) indagine geotecnica con prove in sito (tale attività è stata svolta attraverso l’esecuzione delle prove penetrometriche eseguite in sito);
- 2) esecuzione di rilevamento geologico di dettaglio a mezzo di assaggi con escavatore;
- 3) esecuzione di indagine geofisica.

18 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GRANULOMETRICHE

Al fine di determinare le caratteristiche litologiche e granulometriche dei terreni studiati è stato prelevato un campione, determinando il coefficiente di permeabilità con la relativa classificazione granulometrica.

Il livello si caratterizza per la presenza di ghiaia-sabbiosa intercalata a limo e ciottoli, nello scavo non è stato osservato la presenza di acqua di falda freatica.

La determinazione di K è stata effettuata tramite una prova di permeabilità tipo Lefranc a livello variabile, secondo le norme AGI 1977. Essa è stata realizzata durante l'esecuzione del sondaggio geognostico.

Si tratta di una prova puntuale la quale ha interessato lo strato di terreno compreso tra 0.8 fino al fondo scavo. Tra 1 e 2 m si è costruita la lanterna entro la quale si è calcolata K, mentre la parte rimanente del foro è stata rivestita con tubo in PVC. L'esecuzione della prova consiste nel riempire con acqua pulita la parte vuota del tubo, ovvero la parte sopra falda. Quindi, all'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua si misura l'altezza del livello e si fa partire il contasecondi annotando ora e minuti di partenza. Poi successivamente, si eseguono le letture del livello a intervalli di tempo annotando sia il livello dell'acqua che il tempo di ciascuna lettura.

Per la natura del deposito in sito il valore di K trovato è:

sondaggio	Intervallo di prova (m dal p.c.)	litozona	K (cm/s)
S1	0.4 – 1.9	Ghiaia-sabbiosa con ciottoli e limo	1.10^{-2}

All'interno del pozzetto è stato prelevato un campione rappresentativo, su cui è stata eseguita anche un'analisi granulometrica. La granulometria è stata eseguita mediante setacciatura a umido ed hanno dato l'esito seguente:

1) ghiaia	63%
2) sabbia	25%
3) limo	2%
4) ciottoli	10

Pertanto i depositi intercettati, che si rinvenivano in tutto il territorio in esame, presentano una buona permeabilità.

19 VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA
--

La vulnerabilità idrogeologica concerne la possibilità che le acque di falda possono essere più o meno esposte al rischio d'inquinamento idrico. Esso viene definito come "l'impatto di qualunque attività antropica, volontaria o accidentale, che comporti uno sversamento, in uno o più dei sottosistemi componenti il sistema ambiente, di sostanze tali da causare una variazione negativa di tipo chimico e/o fisico della qualità naturale delle acque, tale da mettere in pericolo la salute dell'uomo e degli altri esseri viventi".

La metodologia fa riferimento in parte a quella sperimentata e proposta da vari Autori, in parte segue una elaborazione originale in relazione ai dati a disposizione e alla realtà territoriale.

Si è considerato soprattutto quanto proposto nella metodologia CNR-GNDICI e nelle successive modifiche e integrazioni della stessa, proposte da vari enti e ricercatori sia per scopi generali, sia negli ultimi anni, in particolare per lo studio della vulnerabilità da nitrati delle falde, come richiesto dal Dlgs. 152/06. Si è anche considerato quanto messo a punto, sempre dalla linea di ricerca CNR-GNDICI, cioè il metodo Sintacs, metodo parametrico di valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, basato su sette fattori di vulnerabilità.

Per la valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque di falda, che dipende dalle caratteristiche naturali, climatiche, pedologiche e idrogeologiche del sistema, tutte le metodologie si basano sull'esame e la sovrapposizione di alcune informazioni tematiche, più o meno approfondite e quantificate, riferite sostanzialmente:

- alle caratteristiche del suolo e la sua capacità di attenuazione della vulnerabilità;
- alle caratteristiche dello strato insaturo, sovrastante la falda, e alla sua capacità di trasmettere gli inquinanti alla falda;
- alle caratteristiche idrogeologiche e alla profondità delle falde idriche.

La vulnerabilità degli acquiferi non dipende solo dai parametri naturali, ma anche dalle pressioni a cui l'ambiente è sottoposto, sotto forma di centri di pericolo e fonti di inquinamento.

Nel caso in esame si è adottata una metodologia di valutazione della vulnerabilità complessiva, basata su più stadi di elaborazione e tematismi.

La vulnerabilità quindi rappresenta il grado di protezione degli acquiferi soggiacenti il territorio più o meno antropizzato, ed indica la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi ad ingerire e diffondere un inquinante idroveicolato. Essa dipende dalle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero e dalla litologia del terreno non saturo soprastante.

I fattori presi in considerazione per la valutazione della vulnerabilità sono:

- tipo e grado di permeabilità dei depositi;
- tipo e spessore di eventuali coperture a granulometria fine e con bassa permeabilità;
- presenza di livelli ghiaiosi sotterranei;
- soggiacenza della superficie piezometrica dell'acquifero;
- condizioni geomorfologiche particolari, quali la presenza di importanti paleoalvei o di terrazzi fluviali.

I parametri che invece caratterizzano le sostanze inquinanti, e quindi la loro possibilità a spostarsi nelle acque sotterranee e a determinarne il potenziale d'impatto, sono:

- la densità (massa dell'unità di volume): pertanto a maggiore densità si ha maggiore spostamento verso il basso;
- viscosità (resistenza al moto o attrito interno di un fluido): a maggiore viscosità corrisponde maggiore lentezza negli spostamenti orizzontali e verticali;
- conducibilità idraulica, proprietà legata alle due precedenti oltre che alla permeabilità dell'acquifero;
- solubilità (massa della sostanza che si dissolve per unità di volume di solvente): quindi a maggior solubilità si ha minor concentrazione dell'inquinante nell'acqua,

ma anche maggior dispersione dello stesso;

- volatilità (proprietà delle sostanze a passare allo stato di vapore): a maggiore volatilità si ha maggior dispersione della sostanza e quindi una minor persistenza; persistenza, essa è una caratteristica di comportamento che dipende dalla tipologia della sostanza e dalle interazioni che essa ha con l'ambiente. Definisce il tempo di durata che una sostanza mantiene fino alla sua eliminazione dal corpo idrico. Con il primo approfondimento si è preso in considerazione l'effetto protezione e attenuazione dell'inquinamento offerto dalla presenza dei vari tipi di suoli e dalle loro caratteristiche fisico-chimiche.

Infine, vengono considerati i fattori antropici poichè rappresentano elemento di rischio, quali:

- ◆ impianti zootecnici e trattamento con fitofarmaci in aree agricole;
- ◆ aree artigianali, cimiteri, reti fognarie e discariche;
- ◆ attività estrattiva di inerti.

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero è, come abbiamo visto, legata all'interazione tra i fattori fisici dell'acquifero e quelli della sostanza inquinante, fattori che insieme danno luogo a tre principali processi che si producono all'interno del sistema/sottosuolo e che sono:

- lo spostamento della sostanza inquinante (fluida o solida e idroportata) attraverso lo strato insaturo, fino a raggiungere la superficie freatica sottostante
- la dinamica del flusso sotterraneo della falda e dell'inquinante attraverso lo strato saturo.

La concentrazione residua di un inquinante fluido o idroportato nel suo viaggio dalla sua partenza al suo arrivo nello strato saturo. La capacità del sistema suolo-sottosuolo-acquifero di attenuare l'impatto determinato dall'inquinante, caratterizza il grado di vulnerabilità ed è direttamente proporzionale alla lunghezza del percorso che l'inquinante compie per giungere allo strato saturo ed inversamente proporzionale alla velocità di filtrazione e alla dispersione cinematica che sono invece tipiche del mezzo. Durante il percorso dell'inquinante concorrono alla mitigazione dell'impatto la tipologia dell'insaturo, le interazioni molecolari dell'inquinante con l'ambiente, la diluizione

eventuale che viene a determinarsi, ad esempio nel caso di abbondanti piogge.

La complessità e la variabilità dei vari parametri da prendere in considerazione, ha determinato la genesi di una miriade di metodi di valutazione della vulnerabilità, tutti finalizzati a descrivere in un qualsiasi scenario fisiografico, nel modo più semplice e oggettivo possibile, una zonizzazione per aree omogenee della vulnerabilità degli acquiferi dall'inquinamento.

Il principio su cui si basano tutti i metodi esistenti è quello di dare una valutazione ai diversi tipi di parametri presi in considerazione, valutazione che non può che essere arbitraria, con la quale si attribuiscono dei punteggi relativi alla funzione che il parametro assunto svolge nel contesto indagato.

L'assunzione dei parametri è pertanto legata alla possibilità di reperire gli stessi: in modo empirico, da fonti bibliografiche, tramite prove dirette di vario genere (carotaggi, prove di portata, piezometrie, granulometrie, prove di laboratorio ecc.). Sembrerebbe quindi che più parametri si utilizzano più ci si approssima ad un modello teorico vicino alla situazione reale. In realtà ciò vale per aree ristrette, ove la manipolazione di molti dati così complessi garantisce in effetti un risultato in sintonia con la mole di lavoro svolto. Per aree più estese, la comparazione dei diversi metodi su una stessa area campione, con l'utilizzo degli stessi dati, ha suggerito ai ricercatori che metodi relativamente semplici danno risultati analoghi a metodi di più complessa applicazione.

La scelta del metodo è inoltre condizionata anche dalla possibilità di reperire in modo omogeneo su un territorio i valori necessari alla parametrizzazione. Quindi è inutile utilizzare un metodo complesso quando i valori necessari alla sua applicazione non coprono l'intero territorio d'indagine.

In tale metodo i fondamentali fattori presi in considerazione, che controllano la vulnerabilità sono:

- l'accessibilità idraulica, intesa come l'effettiva possibilità che un inquinante idroportato abbia per giungere nello strato saturo;
- la capacità di attenuazione dell'insaturo, ossia l'insieme dei processi che portano a diminuire la concentrazione dell'inquinante. Questi fattori si esplicano nella valutazione della vulnerabilità intrinseca tramite i seguenti parametri d'ingresso;

- tipo di acquifero (falda libera, confinata, semiconfinata...);
- litologia e grado di consolidazione dell'insaturo;
- soggiacenza.

GRADO DI VULNERABILITÀ						LITOLOGIA DI SUPERFICIE	PROFONDITÀ TETTO GHIAIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO
E _E	E	A	M	B	B _B			
						Argilla	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione
						Limo-argilla	> 10 m	Falda in pressione
						Sabbia	> 10 m	Falda in pressione con soggiacenza > 5 m
						Limo	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione
						Sabbia	> 10 m	Falda a pelo libero o in pressione con soggiacenza 0 - 5 m
						Sabbia e Ghiaia	< 10 m	Falda in pressione
						Sabbia e Ghiaia	< 10 m	Falda a pelo libero
						Ghiaia	0 m	Alvei fluviali e bacini lacustri disperdenti

E_E = Estremamente elevato E = Elevato A = Alto M = Medio B = Basso B_B = Bassissimo (non rilevata sul territorio)

Carta della vulnerabilità dell'acquifero

Il territorio studiato presenta la classe di vulnerabilità Alta.

20 ANALISI SISMICA DEL TERRITORIO

La campagna di indagini ha avuto come obiettivo la definizione dell'assetto geologico, stratigrafico ed idrogeologico e sismico dei terreni presenti, per la valutazione all'idoneità dei depositi del sottosuolo al tipo di intervento in progetto.

Le fasi di indagini sono consistite nella realizzazione di n° 1 sondaggio meccanico, che ha permesso il riconoscimento diretto dei terreni dell'immediato sottosuolo ed il prelievo di campioni per le successive prove di laboratorio, inoltre, sono state realizzate n° 2 prove penetrometriche dinamiche per la parametrizzazione dei terreni in situ e per la determinazione della categoria di suolo di fondazione è stata realizzata una prova masw (fig.2).

Ubicazione dei sondaggi geognostici



21 MODELLO GEOTECNICO

L'indagine ha permesso di ricostruire la stratigrafia del sito analizzato caratterizzando da un punto di vista geotecnico i depositi individuati lungo la verticale.

Le correlazioni dei valori forniti dalle prove penetrometriche in funzione delle litologie riscontrate, consentono di definire i parametri di progetto seguenti:

ORIZZONTE A

Da 0.00 a 0.20 m da p.c.: si attraversa un terreno rimaneggiato con materiale di riporto. I parametri geotecnici non vengono riportati in quanto tale orizzonte è da scoticare.

ORIZZONTE C

Da 0.20 m da p.c. a 1.50 m da p.c. si individua un deposito sabbioso ghiaioso con ciottoli.

γ	2.1 T/m ³	Peso unitario del terreno
ϕ	32°	Resistenza al taglio drenata
ϕ_{cv}	31°	Resistenza al taglio a volume costante
E	160 Kg/cm ²	Modulo edometrico
Vs	330 m/sec	Velocità delle onde S

22 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PRESCRIZIONI
--

Lo studio è stato realizzato ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 e del D.P.R. n° 285/90 – art. 57, che prevede le seguenti prescrizioni:

L'analisi di tutte le componenti studiate (litologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche) consente di affermare che:

- nell'area indagata la falda è stata intercettata alla profondità di oltre 5.0 m da p.c.;
- i terreni che caratterizzano l'area cimiteriale presentano una granulometria grossolana (ghiaia-sabbiosa intercalata a limo e ciottoli), fino alla profondità investigata, i depositi si presentano ben areati e con una buona permeabilità;
- i depositi in esame presentano in generale buoni parametri geotecnici in termini di portanza. Non essendo note esattamente le tipologie e le caratteristiche, delle strutture da realizzare, tra cui le dimensioni e le ubicazioni esatte, la realizzazione di una qualunque struttura andrà puntualmente verificata sulla base delle necessità di progetto, ai sensi del D.M. 17.01.2018.

In relazione a quanto previsto dalla normativa vigente, i terreni studiati favoriscono il processo di mineralizzazione delle salme, per i casi di inumazione, mentre per le strutture fuori terra i depositi presentano ottimi parametri geotecnici.

Segrate, Gennaio 2023

Firma

Dott. Geol. Rosario Spagnolo

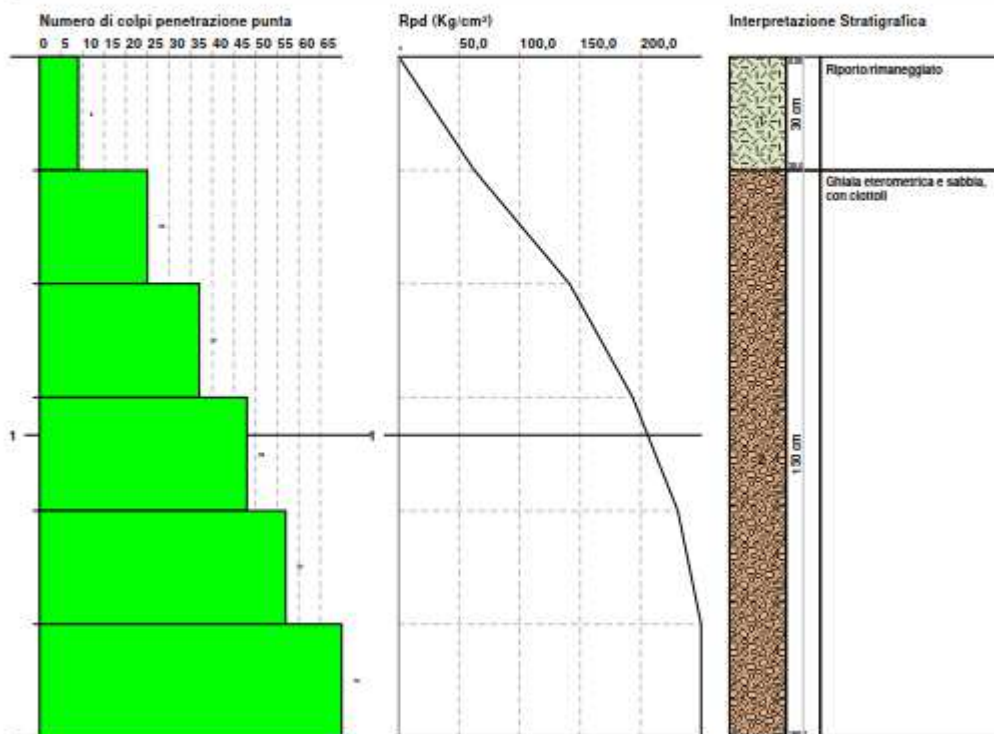
Tabella dei parametri geotecnici
Tabella delle valutazioni litologiche
Diagrammi di resistenza
Valori di resistenza

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 1
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
Cantiere: Via Trento
Località: Salionze Valeggio s-M (VR)

Data: 16/06/2021

Scala 1:15



SCPT 1

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	9	0,853	62,60	73,42	3,13	3,67
0,60	25	0,747	141,20	189,02	7,06	9,45
0,90	37	0,692	193,45	279,74	9,67	13,99
1,20	48	0,636	230,91	362,91	11,55	18,15
1,50	57	0,631	272,02	430,96	13,60	21,55
1,80	100	0,626	441,26	704,52	22,06	35,23

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,3	9	73,42	Incoerente	0	1,74	1,92	0,03	1,15	10,32	Riporto/ri maneggiato
1,8	53,4	393,43	Incoerente	0	2,31	2,5	0,23	1,18	63,12	Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 1**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Gibbs & Holtz 1957	41,56
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Gibbs & Holtz 1957	84,89

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Japanese National Railway	30,1
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Japanese National Railway	45,94

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	122,48
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	745,52

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	84,03
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	319,52

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
-------------	------	------------------	----------------------------------	--------------	--------------

geol. Rosario Spagnolo

Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Meyerhof ed altri	1,74
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Meyerhof ed altri	2,31

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	(A.G.I.)	0,23

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Ohsaki (Sabbie pulite)	583,14
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Ohsaki (Sabbie pulite)	3199,41

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Ohta & Goto (1978) Limi	71,04
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Ohta & Goto (1978) Limi	141,46

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh}/\sigma_{v0}$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Navfac 1971-1982	2,17
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Navfac 1971-1982	10,65

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Robertson 1983	20,64
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	63,12	0,30-1,80	63,12	Robertson 1983	126,24

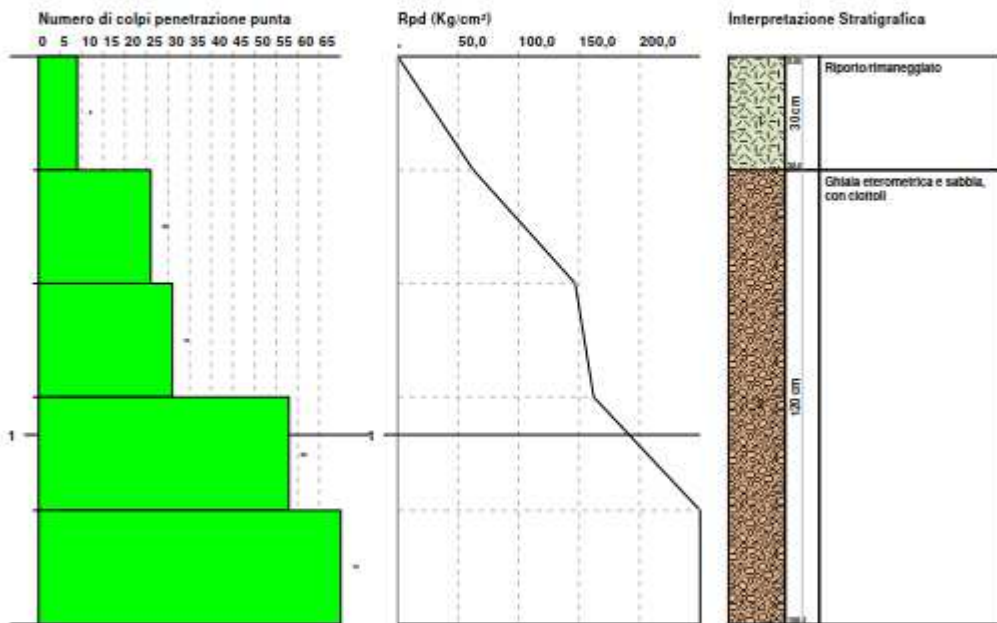
SCPT 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 2
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
Cantiere: Via Trento
Località: Salionze Valeggio s-M (VR)

Data: 16/06/2021

Scala 1:15



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	9	0,853	62,60	73,42	3,13	3,67
0,60	26	0,747	146,84	196,58	7,34	9,83
0,90	31	0,692	162,08	234,38	8,10	11,72
1,20	58	0,636	279,01	438,52	13,95	21,93
1,50	100	0,631	477,23	756,06	23,86	37,80

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,3	9	73,42	Incoerente	0	1,74	1,92	0,03	1,15	10,32	Ripporto/ri maneggiato
1,5	53,75	406,38	Incoerente	0	2,3	2,5	0,19	1,15	61,65	Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 2**TERRENI INCOERENT I**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Gibbs & Holtz 1957	41,56
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Gibbs & Holtz 1957	85,23

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Japanese National Railway	30,1
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Japanese National Railway	45,49

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	122,48
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	728,17

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	84,03
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	312,96

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato (1)	10,32	0.00-0,30	10,32	Meyerhof ed altri	1,74

Riporto/rimaneggiato					
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Meyerhof ed altri	2,30

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	(A.G.I.)	0,23

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Ohsaki (Sabbie pulite)	583,14
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Ohsaki (Sabbie pulite)	3129,32

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Ohta & Goto (1978) Limi	71,04
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Ohta & Goto (1978) Limi	136,76

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Navfac 1971-1982	2,17
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabbia, con ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Navfac 1971-1982	10,29

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Riporto/rimaneggiato	10,32	0.00-0,30	10,32	Robertson 1983	20,64
Strato (2) Ghiaia eterometrica e sabia, cobn ciottoli	61,65	0,30-1,50	61,65	Robertson 1983	123,30

