COMUNE DI LERMA
REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA

MESSA IN SICUREZZA PISTA DI TRANSITO COLLETTORE FOGNARIO COMUNE DI LERMA (AL)

COMMITTENTE: COMUNI RIUNITI BELFORTE MONFERRATO S.R.L.
VIA SAN COLOMBANO N.3
15070 BELFORTE MONFERRATO (AL)

RELAZIONE GEOLOGICA

ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE
ANDREA SILVIO BASSO
GEOLOGO
A.P. SEZ. A
N. 334
ALBO PROFESSIONALE

Dr Andrea Basso – geologo
Via Lung'Orba, 95 - 15076 Ovada (AL)
tel. Ufficio 0143.86310 – cell. 338.2138988
e-mail: info@asgeologia.it

SOMMARIO

1.) PREMESSA 2
2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE 2
3.) VINCOLI E QUADRO NORMATIVO 3
4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO 4
5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 5
6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 6
7.) INDAGINI ESEGUITE 7
7.1.) INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES) 7
7.2.) TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE 8
8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 10
8.1.) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE 10
9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA 11
9.1.) STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE 13
9.1.1.) ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE 13
10.) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 14

ALLEGATI:

TAV.1: COROGRAFIA (SCALA 1:10.000)

TAV.2: PLANIMETRIA_UBICAZIONE INDAGINI (SCALA 1:500)

RAPPORTO INDAGINE SISMICA MASW

PARAMETRI SISMICI DI SITO

1.) PREMESSA

Il presente elaborato fa seguito dell'incarico conferito al geologo Andrea Basso, con studio in Comune di Ovada (AL) - Via Lung'Orba Mazzini, 95/18, iscritto con il n°334/A all'Albo dei Geologi della Regione Piemonte da Comuni Riuniti Belforte Monferrato s.r.l.

SCOPO DELL'INDAGINE

La seguente relazione contiene i risultati delle indagini geologiche eseguite nei terreni interessati dalla realizzazione delle opere di cui ad oggetto.
Scopo del lavoro è indicare, sulla base dei risultati ottenuti, le principali caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo dell'area oggetto dell'intervento, in particolare in merito alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

INDAGINI ESEGUITE

- Acquisizione del materiale tecnico professionale e bibliografico relativo all'area oggetto di studio;
- Rilievo geologico e geomorfologico dell'area;
- Esecuzione di n.1 indagine sismica di tipo MASW;
- Esecuzione di n. 1 tomografia sismica a rifrazione;
- Digitalizzazione dei dati acquisiti e loro elaborazione, mediante appositi programmi, per la realizzazione di tavole illustrative e per il calcolo delle caratteristiche meccaniche del terreno.

INTERVENTO IN PROGETTO

Il progetto prevede la messa in sicurezza della pista di transito del collettore fognario nel territorio comunale di Lerma (AL).

2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

L'area di indagine è situata sul territorio comunale di Lerma (AL), alla quota di circa 230 metri s.l.m. Tale area risulta cartografata sul Foglio 82 "GENOVA" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), sulla sezione 195130 della Carta Tecnica Regionale.

3.) VINCOLI E QUADRO NORMATIVO

Il presente studio è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente di seguito elencata:

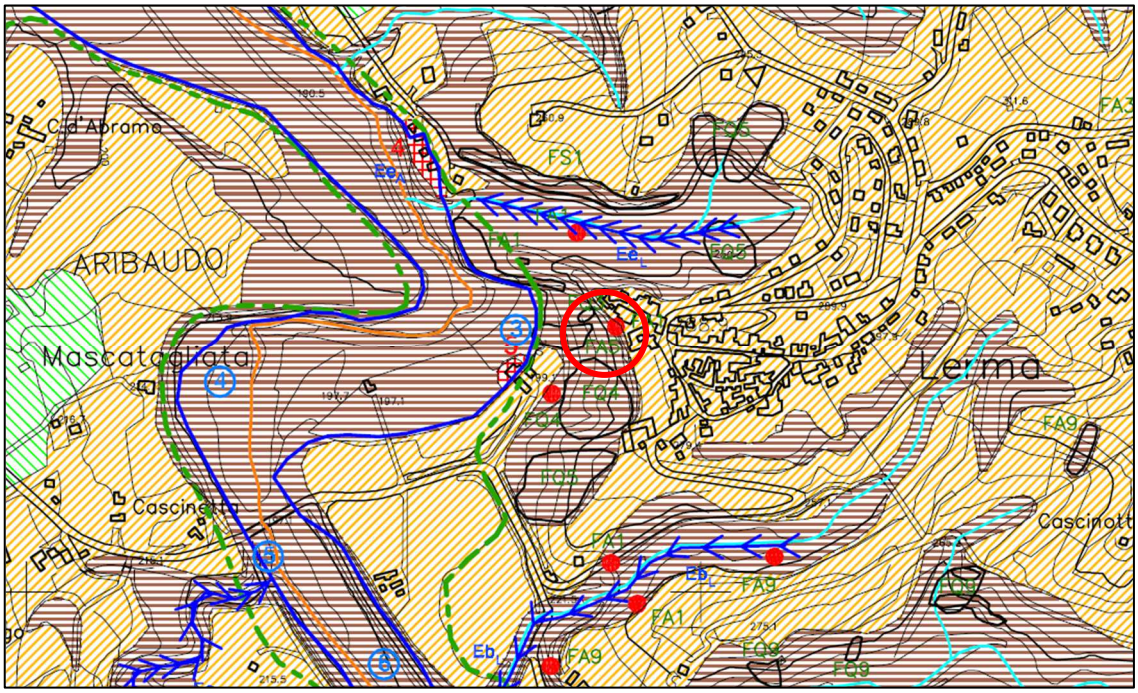
- Decreto 17 gennaio 2018
  Aggiornamento alle "Norme Tecniche per le Costruzioni"

- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, del C.S.LL.PP.
  Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018

- D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 6-887
  Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)

Per quanto riguarda i vincoli, si fa presente che l'area oggetto di relazione non ricade in zona a tutela idrogeologica ai sensi del R.D. 3267/23, L.R. n. 45/89 e s.m e i.

Dal punto di vista dello strumento urbanistico comunale, l'area ricade in **classe IIIa** della zonizzazione effettuata sulla "*Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*", allegato del Piano Regolatore Generale del Comune di Lerma di cui di seguito si riproduce un estratto.



4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il substrato roccioso, visibile sporadicamente in alcuni affioramenti nei tagli stradali è attribuibile alla *Formazione di Molare* (Oligocene) caratterizzata, nel suo insieme, da conglomerati e brecce ad elementi di grandezza variabile, costituiti soprattutto da serpentiniti, prasiniti e calcescisti. Si alternano più o meno regolarmente arenarie, marne e siltiti. Dai rilievi effettuati si è potuto osservare l'affioramento del substrato marnoso-arenaceo nell'area di intervento e poco più a valle l'affioramento del substrato conglomeratico.

Ammantate sul substrato, sono presenti coperture detritiche, di natura prevalentemente medio-grossolane. Nella zona d'interesse lo spessore medio di tali coperture è di circa un metro, valutazione effettuata in relazione ai rilievi eseguiti in sito.

Di seguito si riporta uno stralcio del Foglio 82 "GENOVA" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) con indicata l'area in oggetto.

O^{3-1}

FORMAZIONE DI MOLARE. Conglomerati e brecce ad elementi di grandezza variabile, spesso superiore a 10 cm, localmente del volume di parecchi mc, costituiti soprattutto da serpentiniti, prasiniti e calcescisti. Si alternano più o meno regolarmente arenarie, marne e siltiti; si intercalano calcari corallini, ligniti in lenti (S. Giustina) e brecce monogeniche ad elementi di calcari dolomitici triassici. Superiormente, nella zona di Cassinelle-Serralunga, marne siltose ed alternanze di marne siltose ed arenarie fini, passanti verso ovest ad arenarie conglomeratiche e conglomerati. Nella parte inferiore (S. Giustina, Celle-Varazze) conglomerati ad elementi anche di rocce granitoidi, poco selezionati, essenzialmente continentali, con ***Anthracotherium magnum*** CUVIER. Nei litotipi marnosi: ***Clavulinoides szaboyi*** (HANTKEN), ***Uvigerina mexicana*** NUTTAL., ***Cibicides cushmani*** NUTTAL.. Nei litotipi arenaceo-conglomeratici: ***Nummulites intermedius*** D'ARCHIAC, ***Lepidocyclina***, ***Operculina***, associazioni a ***Ostrea*** e ***Pecten*** (***Pecten arcuatus*** BROCCHI, ***Ostrea gigantica*** SOLANDER). ***OLIGOCENE.***

5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le caratteristiche morfologiche generali della zona sono determinate sia dalla natura litologica e strutturale del substrato geologico e sia da fattori morfogenetici legati a processi di degradazione e/o alterazione dei versanti.
In particolare, l'assetto monoclinale delle successioni sedimentarie caratterizzanti il substrato, con immersione degli strati generalmente verso NNO, impone acclività moderate nei versanti settentrionali (assetto "a franapoggio") ed acclività più elevate nei versanti meridionali e orientali (assetto "a reggipoggio").
Tale diversificazione è inoltre influenzata dalla natura del substrato roccioso e quindi dalla presenza di contrasti litologici aventi differenti caratteristiche meccaniche.

In questo contesto, l'area d'intervento si posiziona in una zona di versante, nella porzione occidentale del concentrico abitato di Lerma; ad una quota di circa 230 metri s.l.m.

Dal punto di vista del drenaggio superficiale i versanti presentano andamento piuttosto uniforme, l'area risulta così caratterizzata da una bassa densità di drenaggio.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei versanti, l'analisi fotogrammetrica, il rilievo dell'area e la cartografia tematica disponibile hanno evidenziato la presenza del fenomeno gravitativo principale che ha causato il dissesto nel versante.
Quest'evento è composto da movimenti di crolli nella parte rocciosa più competente e ha una componente di fluidificazione della coltre laddove presenta spessori più considerevoli.

6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, all'interno dell'area di interesse è possibile distinguere due differenti complessi:

a. ***Coltre detritica***: prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie in matrice limosa, presentano conducibilità idraulica per porosità da medio-bassa a media;

b. ***Substrato roccioso***: costituito localmente da marne e marne siltose con intercalazioni arenacee, risulta caratterizzato da conducibilità idraulica per porosità estremamente bassa, con possibile permeabilità per fessurazione lungo discontinuità strutturali secondarie.

All'interno del substrato la presenza di livelli maggiormente sabbiosi, interclusi tra strati marnosi con minore permeabilità possono essere sede di una limitata circolazione acquifera così come lungo eventuali discontinuità strutturali secondarie.

Nel contesto idrogeologico precedentemente descritto è possibile escludere nell'area una vera e propria falda libera superficiale all'interno della coltre superficiale a causa del loro limitato spessore, però a seguito di precipitazioni prolungate si verificano accumuli idrici nella coltre superficiale con saturazione della stessa e conseguente innesco di una circolazione idrica subcorticale.

7.) INDAGINI ESEGUITE

Al fine di un'adeguata conoscenza del sito d'intervento, in relazione alla tipologia delle opere a progetto, sono state condotte delle indagini in sito, mirate in particolare alla valutazione dello sviluppo geometrico dei terreni di copertura e alla ricostruzione stratigrafica.

Le indagini hanno compreso oltre al rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, l'esecuzione di n.1 indagine sismica MASW e n.1 tomografia sismica a rifrazione.

7.1.) INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

La metodologia geofisica indiretta può essere un importante approccio al fine di correlare le informazioni puntuali ricavate da prove dirette con i valori di velocità delle onde sismiche consentendo una buona caratterizzazione stratigrafica dei terreni presenti nell'area di intervento.
È stato pertanto eseguito un profilo sismico con metodologia MASW per la determinazione della velocità Vs_{eq} necessaria alla classificazione sismica del sito.
Nello specifico è stato utilizzato uno stendimento a 24 canali, con interdistanza geofonica pari a 1,0 metri; l'ubicazione della prova e la descrizione di dettaglio della metodologia e dei risultati sono riportate in allegato.

Le misure sperimentali sono state elaborate per mezzo dello specifico programma di interpretazione che elabora un modello monodimensionale di velocità nel sottosuolo che soddisfa i valori misurati; di seguito viene sintetizzata la stratigrafia sismica ottenuta:

- Fino a 1 metro circa sono presenti materiali caratterizzati da velocità Vs di 230 m/s;
- Tra 1 metro e 3 metri circa sono presenti materiali caratterizzati da velocità Vs di 390 m/s;
- Tra 3 metri e 6 metri circa sono presenti materiali caratterizzati da velocità Vs di 490 m/s;
- Tra 6 metri e 10 metri circa sono presenti materiali caratterizzati da velocità Vs di 880 m/s;
- Tra 10 metri e 14 metri circa sono presenti materiali caratterizzati da velocità Vs di 950 m/s;
- Oltre 14 metri circa sono presenti materiali caratterizzati da velocità Vs superiori a 1300 m/s.

Dall'interpretazione dell'indagine sismica di tipo MASW è stato possibile calcolare il Vs_{EQ} necessario per la classificazione sismica ai sensi della normativa NTC2018 (tabella 3.2.II), ricadente in **classe B** in quanto Vs_{EQ} = 385 m/s.

7.2.) TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE

L'indagine sismica a rifrazione è un'indagine indiretta che utilizza le variazioni di velocità delle onde sismiche, le quali dipendono dalla densità e dalla rigidezza del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche dei materiali indagati. Il comportamento della propagazione delle onde in profondità rispetta la legge di Snell dando origine a fenomeni di rifrazione e riflessione.
Lo svolgimento della prova consiste nel generare un'onda sismica di compressione (energizzazione) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure registrate si basa sull'analisi del tempo impiegato dall'onda generata a raggiungere ciascun geofono. Per poter ricostruire le variazioni della geometria di ciascun orizzonte rifrattore è necessario eseguire più energizzazioni mantenendo invariata la geometria dei geofoni. Generalmente si usa una disposizione regolare e simmetrica dei geofoni e delle energizzazioni.

Per la presente indagine è stato eseguito un profilo tomografico-sismico (denominato RIFR), finalizzato alla determinazione dello spessore e delle caratteristiche delle coperture e del substrato; lo stendimento è stato realizzato nell'area interessata dall'intervento (vedi planimetria prove allegata).
La correlazione con le informazioni puntuali ricavate dalle prove dirette consente una buona caratterizzazione stratigrafica dei terreni presenti nell'area di intervento.

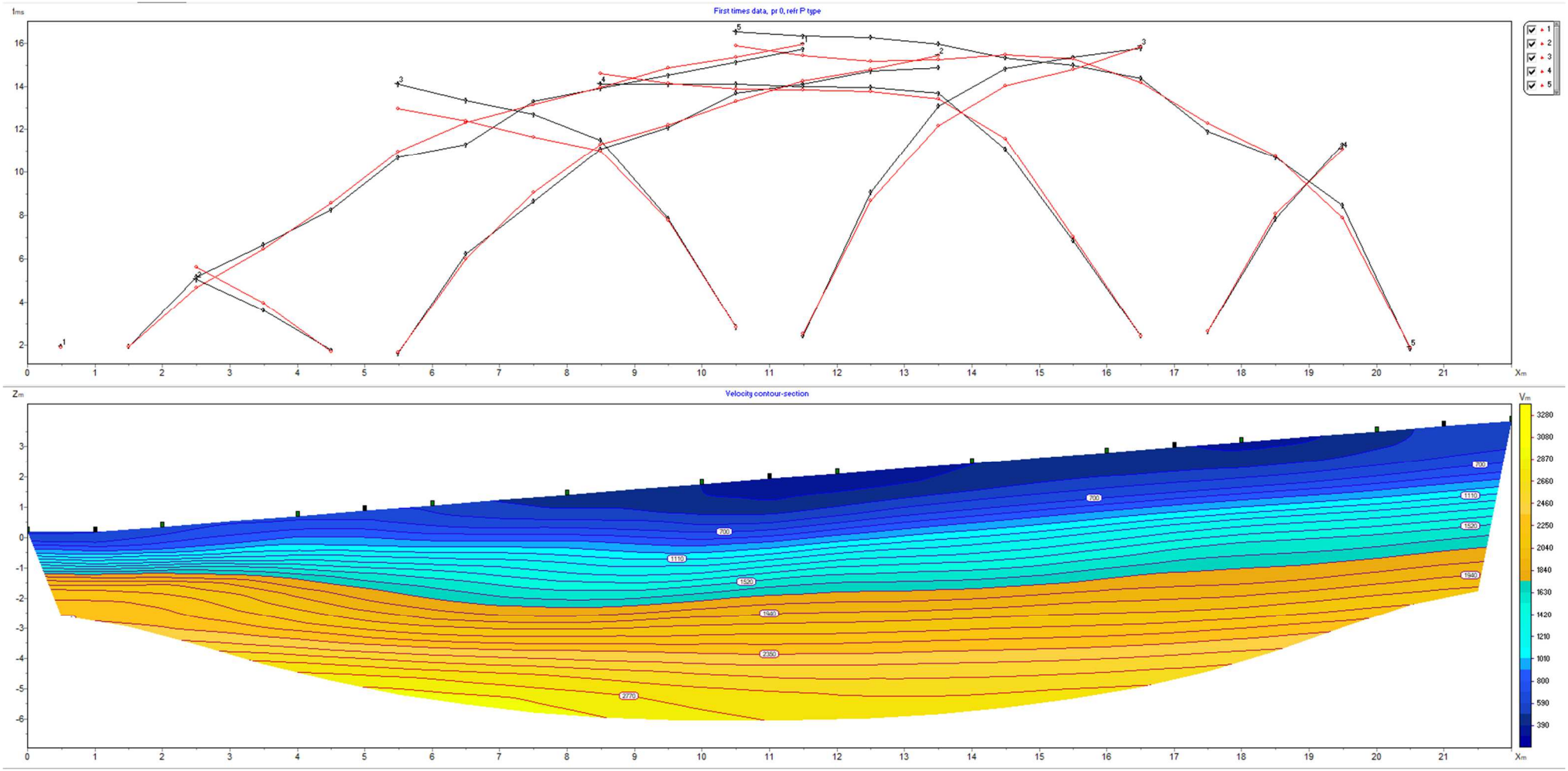
La tabella seguente dettaglia le caratteristiche dello stendimento eseguito:

PROSPEZIONE TOMOGRAFICA SISMICA					
STESA	*LUNGHEZZA MAX* *m*	*INTERDISTANZA GEOFONI* *m*	*GEOFONI* *N.*	*ENERGIZZAZIONI* *N.*	*PROFONDITA' INDAGATA* *m*
RIFR	22,0	2,0	12	5	*≈ 6*

L'interdistanza geofonica ravvicinata pari a 2,0 m con 12 canali, garantisce unitamente al raggiungimento di un'adeguata profondità d'indagine anche un buon dettaglio risolutivo. L'interpretazione dei dati è stata effettuata con un software che consente di elaborare le registrazioni effettuate con la tecnica tomografica; il programma elabora un modello bidimensionale di velocità del sottosuolo che soddisfa i valori sperimentali acquisiti con le varie energizzazioni lungo lo stendimento, permettendo una ricostruzione graduale delle variazioni.

RIFR

Nella sezione è riconoscibile un primo strato corrispondente alla coltre superficiale sciolta che presenta uno spessore variabile tra 0,5 e 1 metro circa; il contatto coltre superficiale-substrato alterato è localizzabile tra le isotache Vp di 700-1100 m/s, mentre il substrato integro raggiunge le isotache di 1100-1500 m/s.



Sezione

8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dal confronto tra le informazioni ottenute con il rilevamento con i dati delle indagini eseguite è stato possibile ottenere una caratterizzazione dei terreni interessati dall'intervento.

8.1.) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Facendo la premessa che la seguente ricostruzione ha validità generale, e che puntualmente vi possono essere delle differenze rispetto al modello ipotizzato, l'assetto litostratigrafico locale può essere sintetizzato come segue:

a) *Orizzonte* ***R_0***: orizzonte superficiale costituito da materiali eterogenei. Si tratta della coltre superficiale costituita da riporti e terreno rimaneggiato di spessore di pochi decimetri.

b) *Orizzonte* ***A_1***: orizzonte costituito da materiali medio-grossolani (sabbie e ghiaie in matrice argillosa). Si tratta della coltre alluvionale che ammanta il substrato.

8.2.) PARAMETRI GEOTECNICI

La caratterizzazione geotecnica dei materiali deriva dalle prove eseguite e da dati bibliografici riferibili a prove in sito e di laboratorio su campioni ben assimilabili a quelli in oggetto. Di seguito si riportano i parametri geotecnici minimi e medi degli orizzonti litostratigrafici descritti in precedenza.

ORIZZONTE GEOTECNICO R_0

peso di volume naturale	γ'	=	18 kN/m3

ORIZZONTE GEOTECNICO A_1

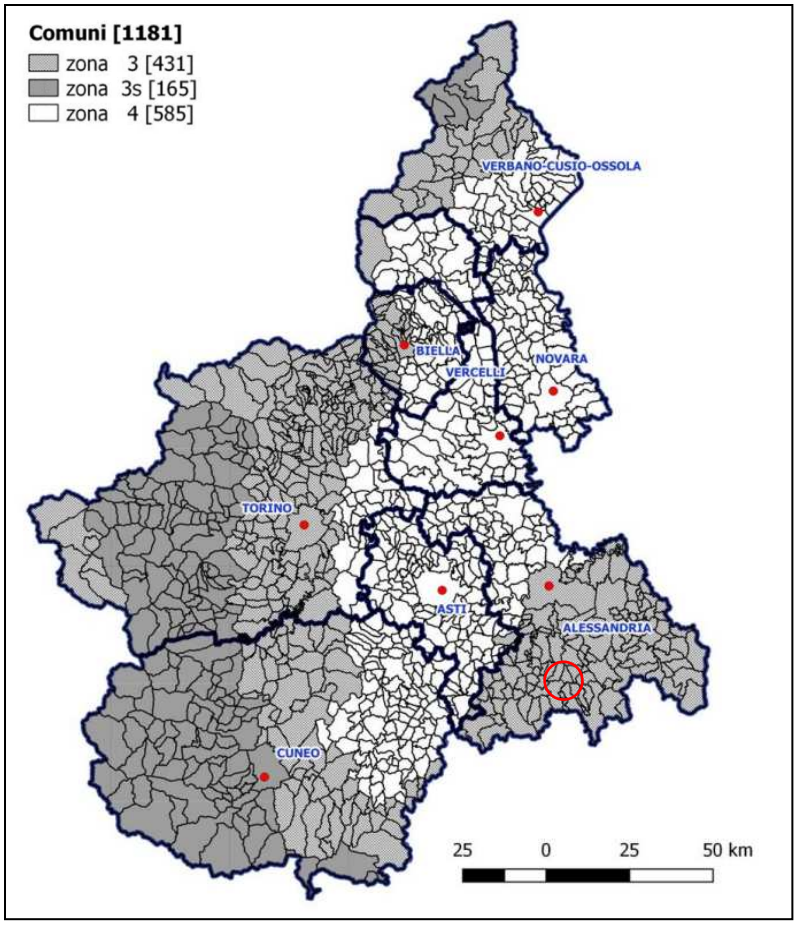
angolo di attrito efficace	φ'	=	25-26° *
coesione drenata	c'	=	- kPa *
coesione non drenata	Cu	=	- kPa
peso di volume naturale	γ'	=	19 kN/m3
densità relativa	Dr	=	20-30 %

* condizioni drenate

9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La determinazione delle azioni sismiche non avviene più, come in passato, per mezzo dell'obsoleto concetto di "Zone Sismiche", poiché si sa che all'interno di un medesimo comune possono esserci effetti sismici diversi, in dipendenza di vari complessi fenomeni geo-sismo-tettonici, ed a prescindere dagli effetti dovuti al tipo di sottosuolo, già tenuti in conto dal *soil factor* S (un numero che può amplificare le azioni sismiche a causa degli effetti stratigrafici e topografici). Inoltre, anche la conoscenza di eventi sismici remoti consente di meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo (ag) i fattori amplificativi degli spettri (Fo) ed i periodi Tc* relativi a ciascun possibile sito, ovvero i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche. La forma e intensità dello spettro di risposta di progetto infatti, sono funzione di questi tre parametri, che cambiano da sito a sito (Paolo Rugarli, 2009).

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismo genetica di competenza.



Per quanto attiene direttamente al territorio del **Comune di Lerma**, esso è stato classificato ai sensi della D.G.R. n. 6-887 del 30 dicembre 2019 "*Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. n.3519/2006)*", in **ZONA 3**.

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della medesima. Sono quindi state identificate 5 classi, A, B, C, D ed E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per il calcolo dell'azione sismica, gli elementi necessari sono i seguenti:

- categoria di suolo di fondazione
- condizioni topografiche
- Classe d'uso opera e Vita nominale opera
- Parametri sismici di sito (Tr, ag, Fo, Tc*)

DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

Per la caratterizzazione fisica e geotecnica, si considera la velocità media delle onde di taglio al di sopra del bedrock sismico (Vs_{eq}); la parametrizzazione delle velocità caratteristiche di questi terreni è stata ottenuta sulla base delle prove geofisiche eseguite in sito. I valori riscontrati permettono di collocare il bedrock sismico a profondità superiore ai 30 metri, pertanto la Vs_{eq} corrisponde alla Vs dei primi 30 metri che nel sito di interesse ricade in **Categoria di suolo B** (Vs_{EQ}=385 m/s).

estratto da tabella 3.2.II - NTC 18

Categoria	***Descrizione***
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 e 800 m/s.

DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

estratto da tabella 3.2. III - NTC 18

Categoria	***Descrizione***
T2	*Pendii con inclinazione media i > 15°*

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Al fine di poter effettuare le verifiche di sicurezza è necessario definire anche la vita nominale dell'opera e, in presenza di azioni sismiche, la classe d'uso con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, di seguito si riportano i valori considerati.

estratto da tabella 2.4.I - NTC 18

TIPI DI COSTRUZIONE		***Valori minimi di V_N (in anni)***
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50

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 d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI DI SITO

I parametri sismici di sito sono stati calcolati, inserendo le coordinate geografiche medie del sito, la classe d'uso della costruzione, la vita nominale della costruzione per mezzo di un apposito software che utilizza come base di dati il reticolo di riferimento nazionale.

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri calcolati per i diversi stati limite.

V_r: periodo di riferimento della costruzione
T_r: periodo di ritorno evento sismico
a_g: accelerazione di riferimento del terreno
F_o: fattore di amplificazione spettrale massima
T_c*: periodo di inizio del tratto dello spettro a velocità costante

In allegato si riportano i dati completi riferiti al sito.

9.1.) STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC richiedono di verificare che il sito sul quale è ubicato il nuovo manufatto risulti stabile nei confronti della liquefazione. Si definisce liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidezza causata durante il sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli. Ciò può avvenire e nei depositi di sabbie fini sciolte quando, sotto l'azione dei carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua dei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè fino a quando gli sforzi efficaci si riducono a zero.
Di seguito si riportano le condizioni di esclusione dalla verifica di liquefazione così come indicate sulle NTC18.

9.1.1.) ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60}>30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

<u>Nel caso in oggetto le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (SLV) sono pari a_g = 0.077 g quindi minori di 0,1 g, pertanto si esclude la condizione di liquefazione.</u>

10.) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area appartenente al territorio comunale di Lerma (AL) è situata al limite occidentale del concentrico abitato ad una quota di circa 230 metri s.l.m. in una zona di scarpata.

Nel complesso, la geologia della zona è caratterizzata dalla presenza di alternanze di livelli marnosi a livelli maggiormente arenacei, attribuibili alla *Formazione di Molare* (Oligocene). Dai rilievi effettuati si è potuto osservare l'affioramento del substrato marnoso-arenaceo nell'area di intervento e poco più a valle l'affioramento del substrato conglomeratico.

Dai rilievi eseguiti in loco e tramite la campagna di indagini in sito è stato possibile stimare la profondità del substrato roccioso, che risulta essere a circa 1 metro di profondità da piano campagna.
Il substrato costituito da marne, marne siltose e intercalazioni arenarie, risulta caratterizzato da conducibilità idraulica per porosità estremamente bassa, con possibile permeabilità per fessurazione lungo discontinuità strutturali secondarie.

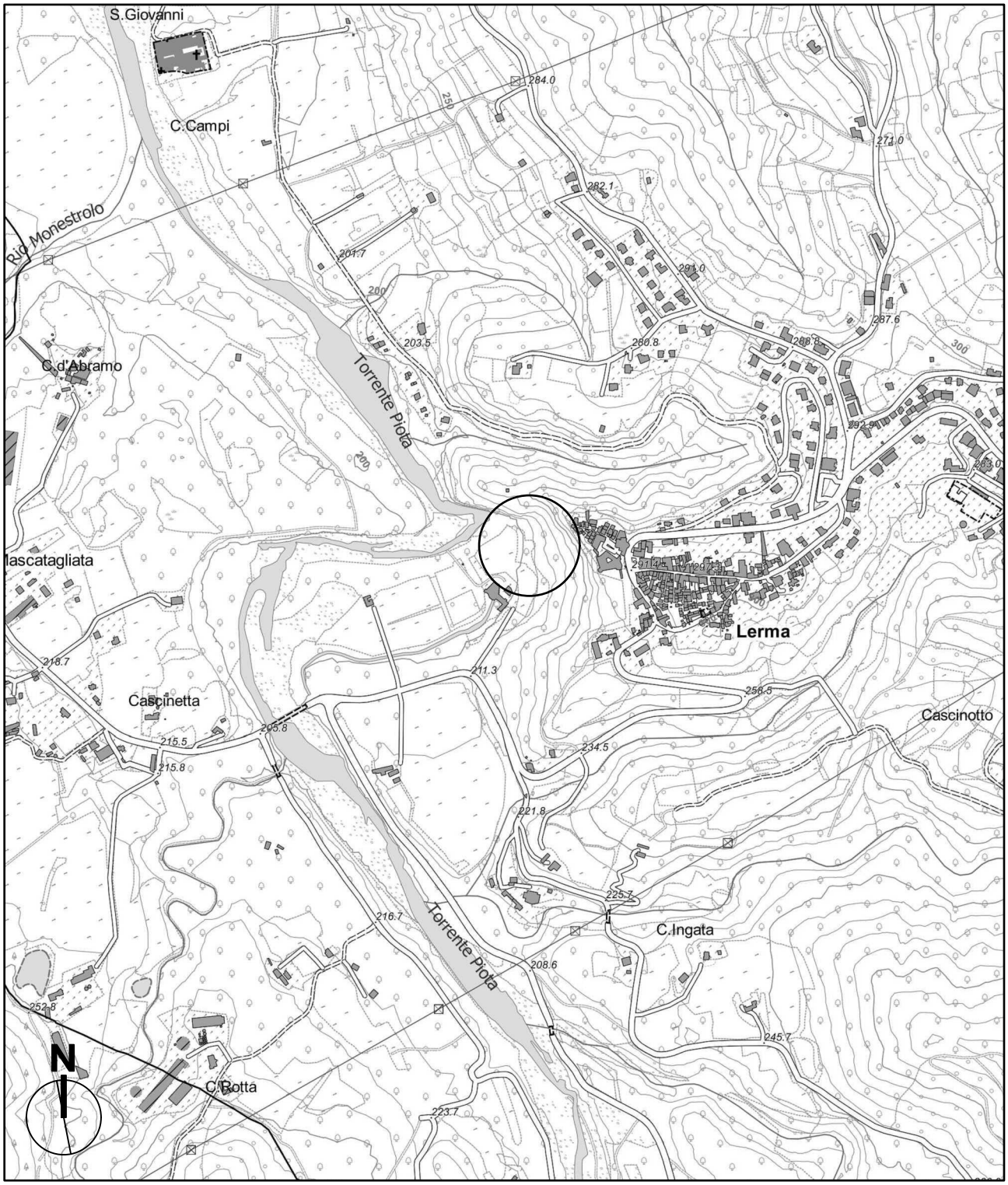
A scavi aperti si dovrà verificarne l'omogeneità del terreno su tutta l'area di imposta delle fondazioni prevedendo, qualora necessario, la posa di un sottofondo a granulometria grossolana di adeguato spessore. In ogni caso, si dovrà porre particolare attenzione durante eventuali fasi di scavo al fine di evitare rischi di smottamento delle superfici di neoformazione; a tale scopo dovranno essere scelte idonee modalità esecutive nonché mezzi atti all'immediato allontanamento delle eventuali acque di infiltrazione; si consiglia infine di coprire con teli impermeabili le superfici di scavo per evitare che eventi meteorici improvvisi possano provocare fenomeni di smottamento.

Con le suddette indicazioni e a condizione che le opere vengano realizzate seguendo le buone regole dell'arte si ritiene il sito idoneo a recepire quanto previsto dal progetto.

Ovada, dicembre 2023

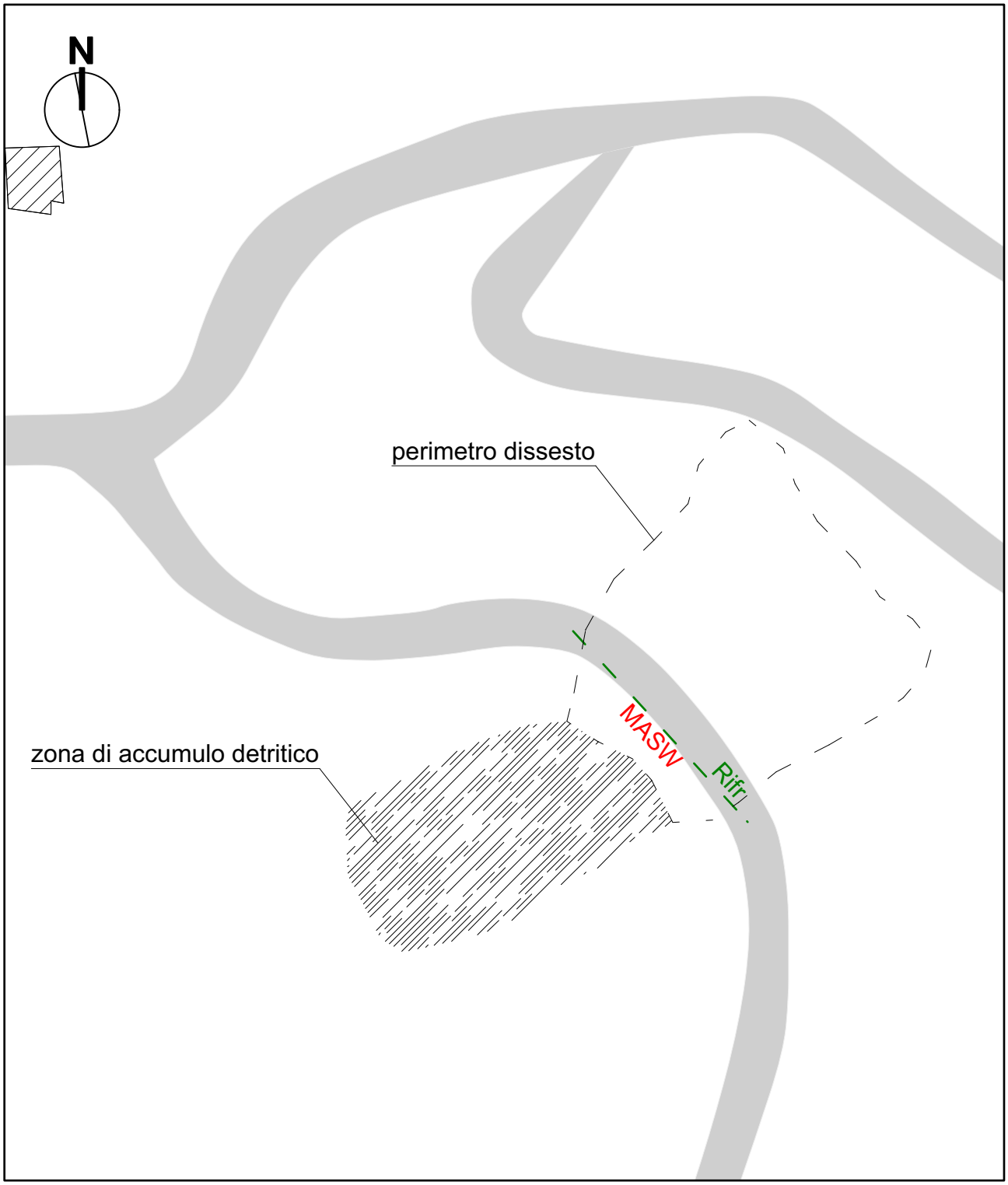
ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE
ANDREA SILVIO BASSO GEOLOGO A.P. SEZ. A N. 334
ALBO PROFESSIONALE

geologo Andrea Basso



Progetto: MESSA IN SICUREZZA PISTA DI TRANSITO	tavola: 01
Committente: COMUNI RIUNITI BELFORTE MONFERRATO	vrs: 01
Località/Comune: LERMA (AL)	data: dicembre 2023
Elaborato: COROGRAFIA_STRALCIO BDTRE 195130	scala: 1:10.000

Andrea Basso geologo - Ovada



Progetto: MESSA IN SICUREZZA PISTA DI TRANSITO	tavola: 02
Committente: COMUNI RIUNITI BELFORTE MONFERRATO	vrs: 01
Località/Comune: LERMA (AL)	data: dicembre 2022
Elaborato: PLANIMETRIA_UBICAZIONE INDAGINI	scala: 1:500

Andrea Basso geologo - Ovada

Risultati delle analisi MASW

Autore: Andrea Basso geologo
Sito: Lerma (AL)
Data: 18/10/2023

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori:.....1m
Numero di campioni temporali 2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

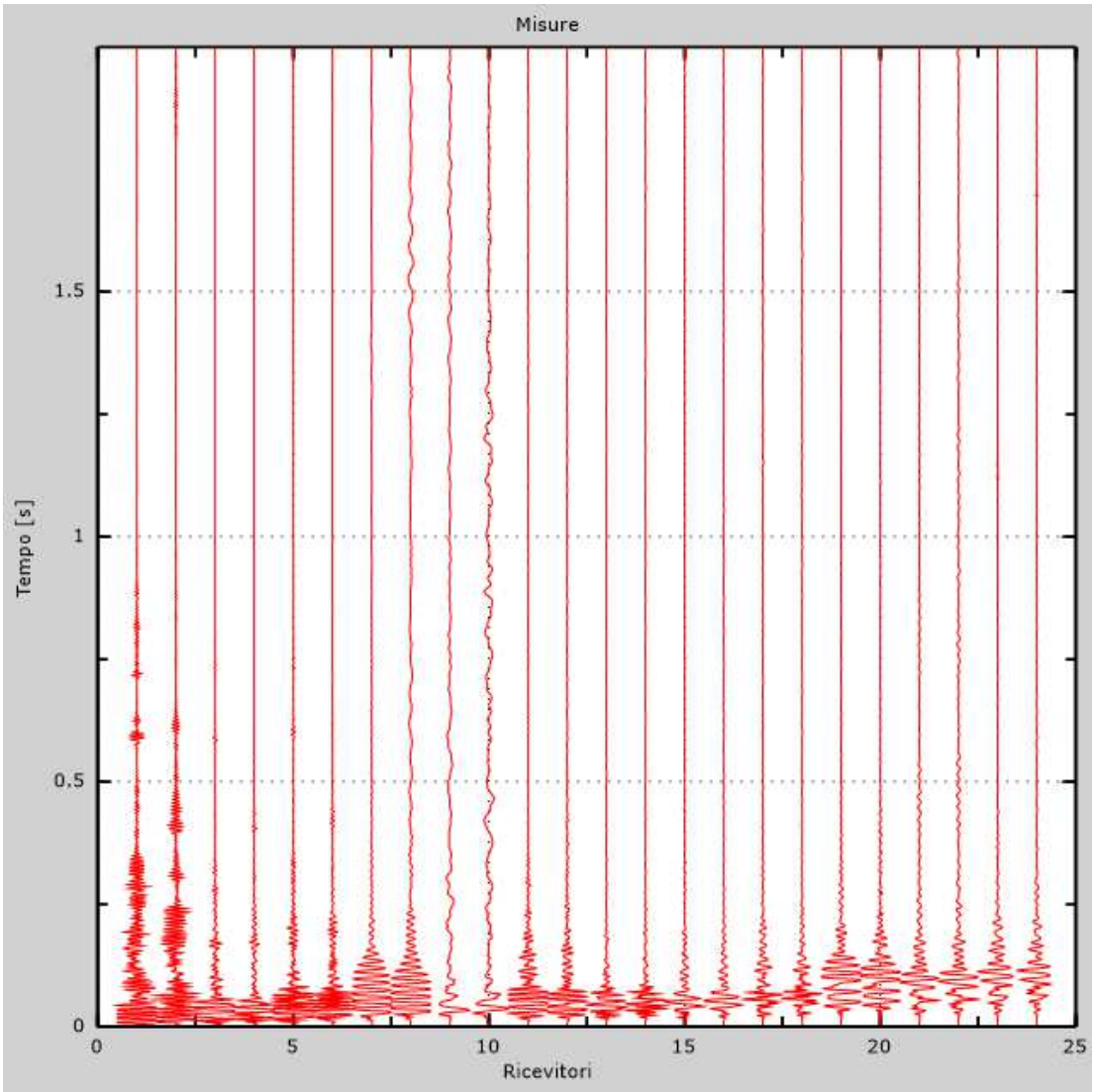


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

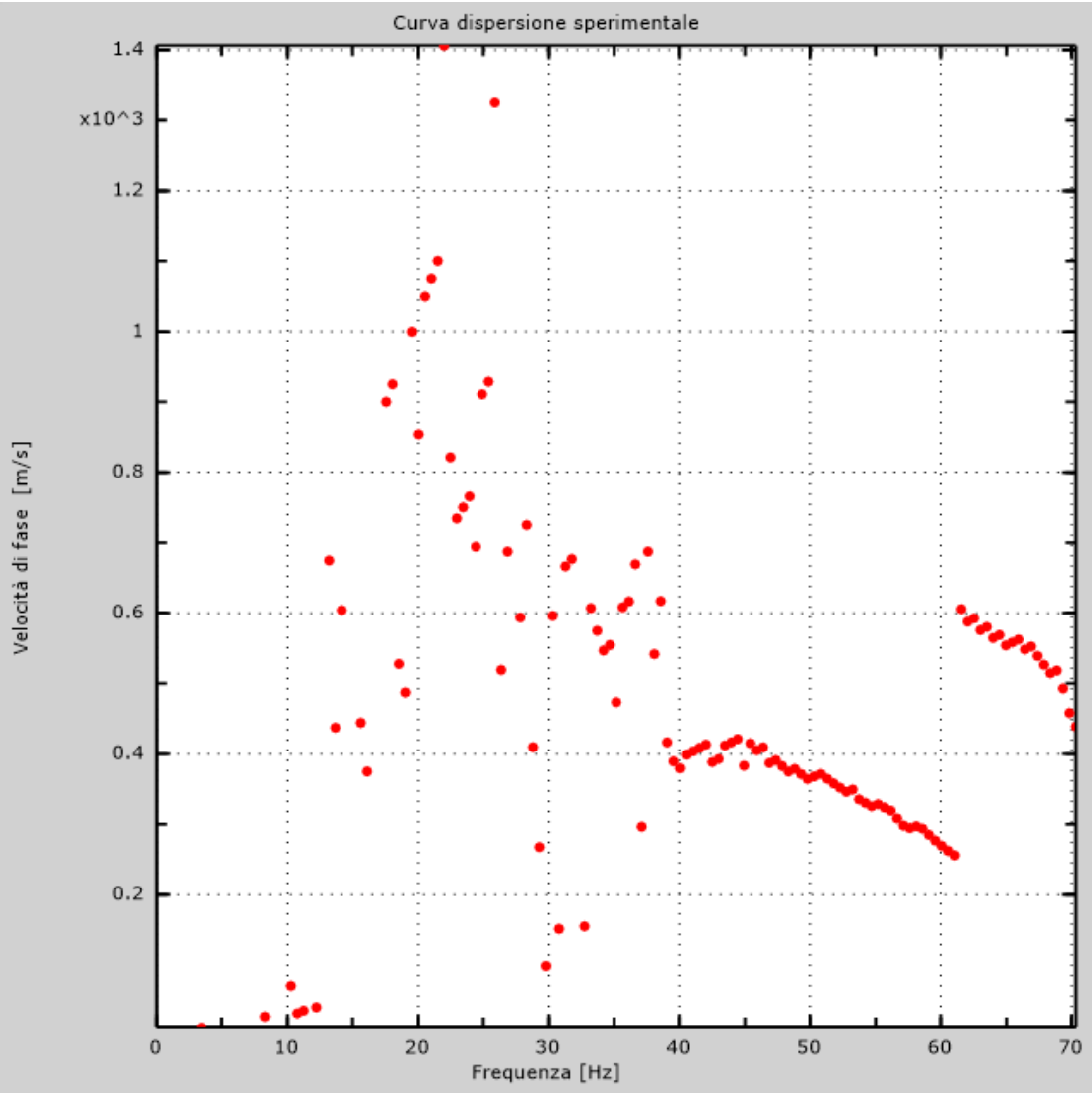


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori.....12
Numero di campioni temporali 3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 59998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

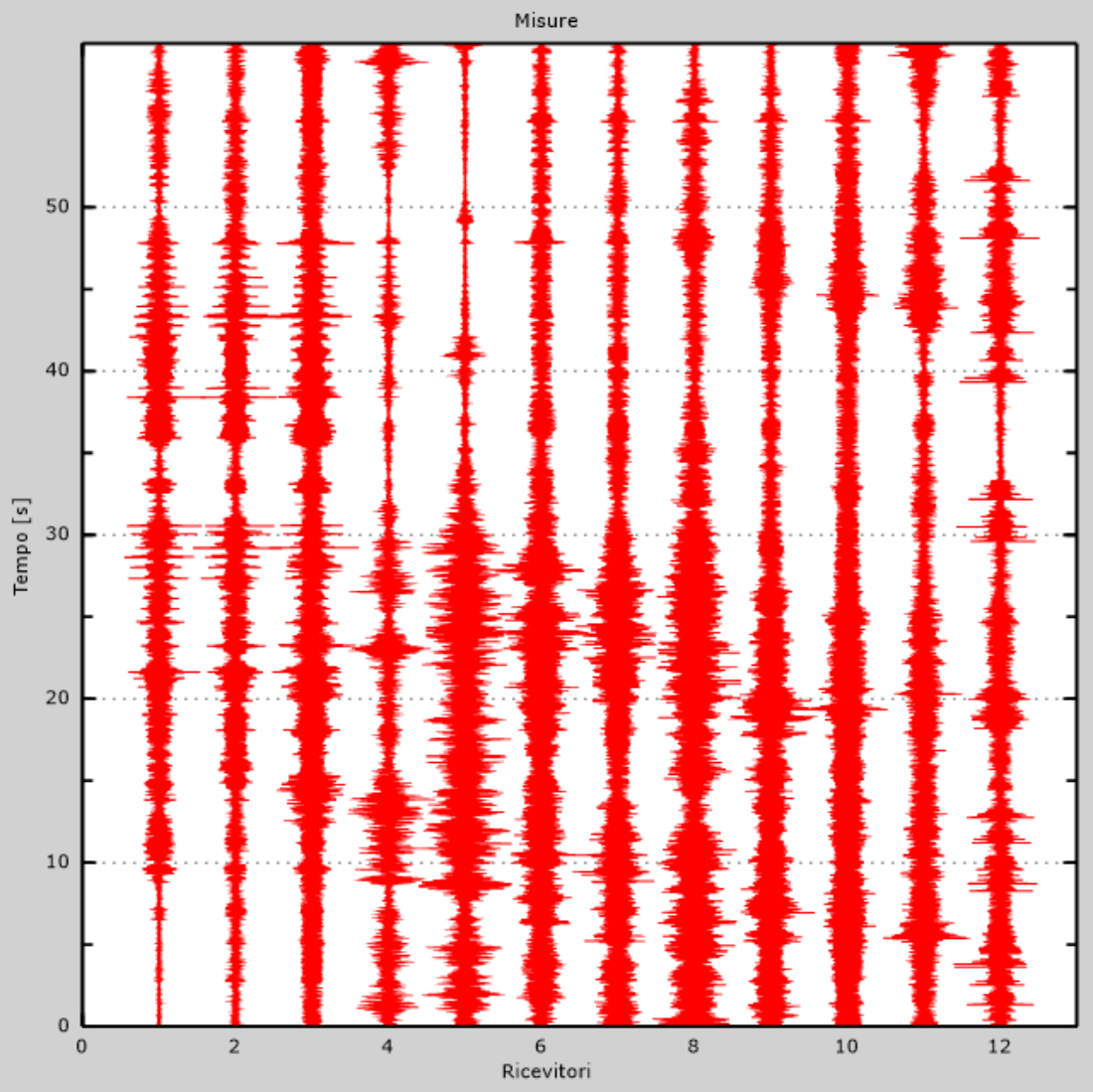


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
17.6999	918.623	843.473	993.773
23.3935	760.809	678.144	843.473
26.8202	685.659	602.994	768.324
30.1941	614.267	531.602	696.931
35.1497	527.844	463.967	591.722
39.8193	384.037	345.633	422.44
43.2617	404.365	363.929	444.802
46.7041	394.932	355.439	434.425
50.1465	366.786	330.107	403.464
53.5889	338.864	304.978	372.751
57.0312	300.478	270.43	330.525
60.4736	263.766	237.389	290.142

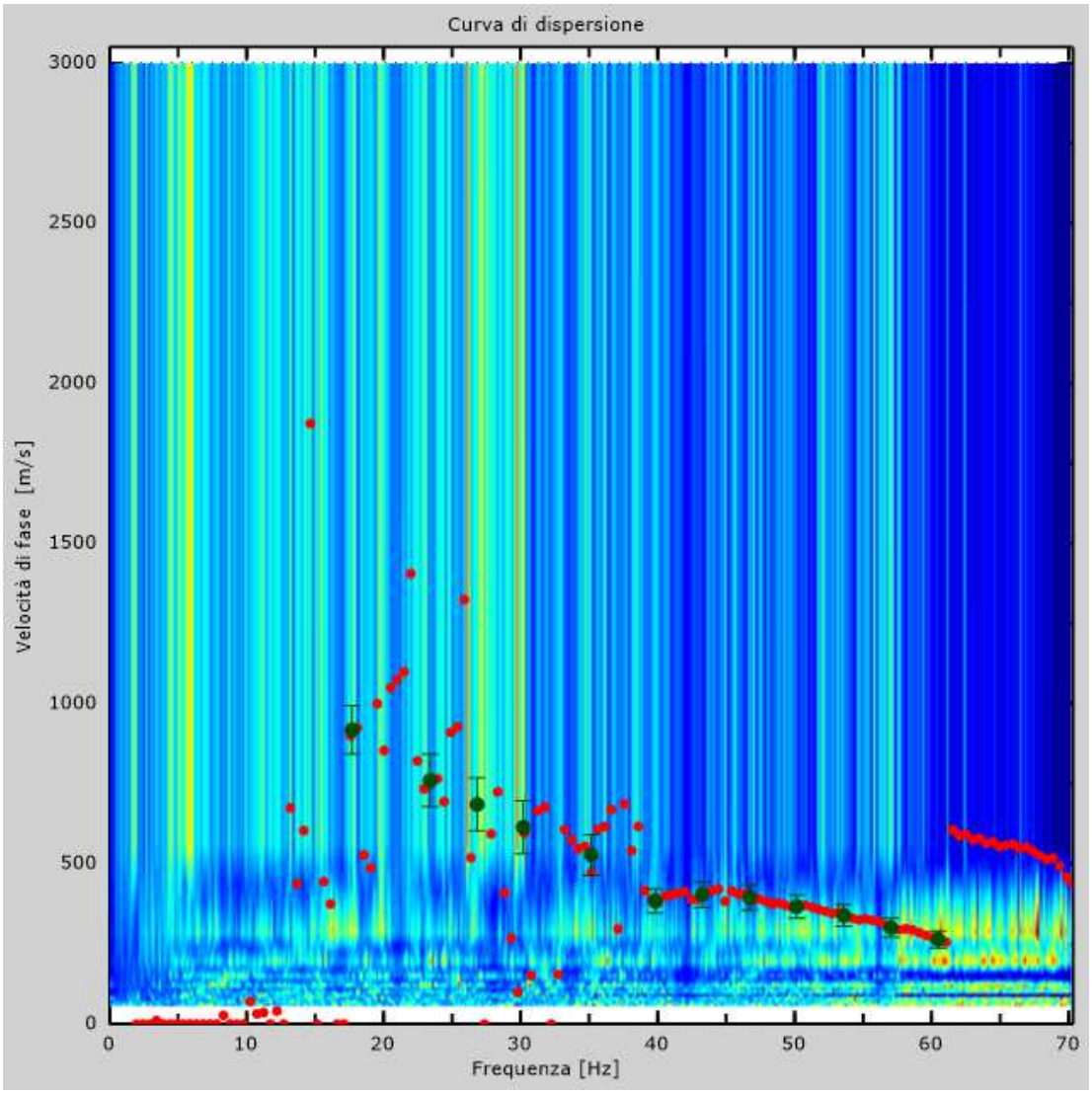


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 6
Spaziatura ricevitori [m] 1m
Numero ricevitori 24
Numero modi 1

Strato 1

h [m] 1
z [m] ..... -1
Densità [kg/m^3] 1900
Poisson 0.35
Vs [m/s] 230
Vp [m/s] 479

Strato 2

h [m] 2
z [m] ..... -3
Densità [kg/m^3] 2000
Poisson 0.33
Vs [m/s] 390
Vp [m/s] 774

Strato 3

h [m] 3
z [m] ..... -6
Densità [kg/m^3] 2000
Poisson 0.33
Vs [m/s] 490
Vp [m/s] 973

Strato 4

h [m] 4
z [m] ..... -10
Densità [kg/m^3] 2100
Poisson 0.3
Vs [m/s] 880
Vp [m/s] 1646

Strato 5

h [m] 4
z [m] ..... -14
Densità [kg/m^3] 2100
Poisson 0.3
Vs [m/s] 950
Vp [m/s] 1777

Strato 6

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 2100
Poisson 0.3
Vs [m/s] 1300
Vp [m/s] 2432

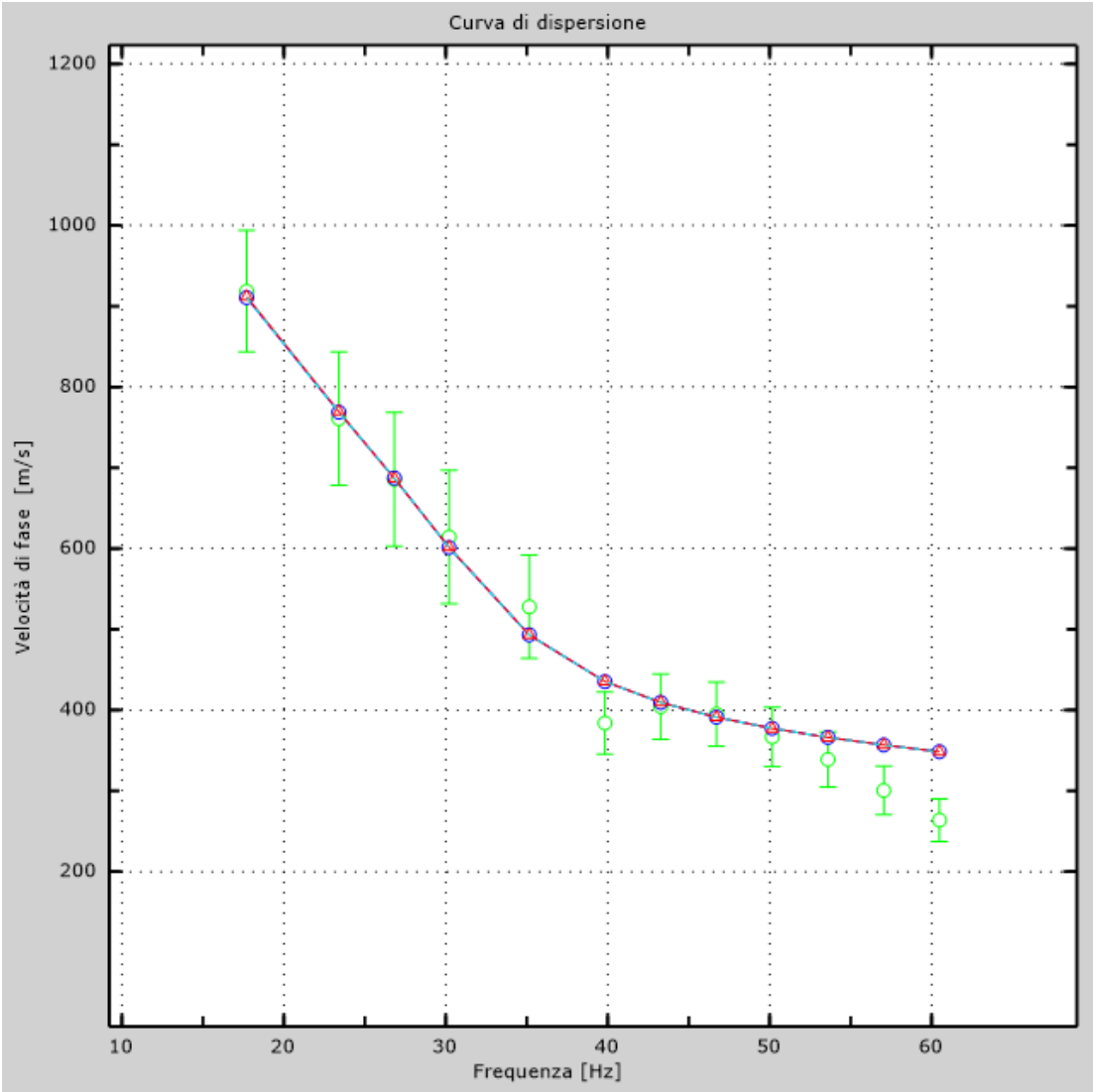


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

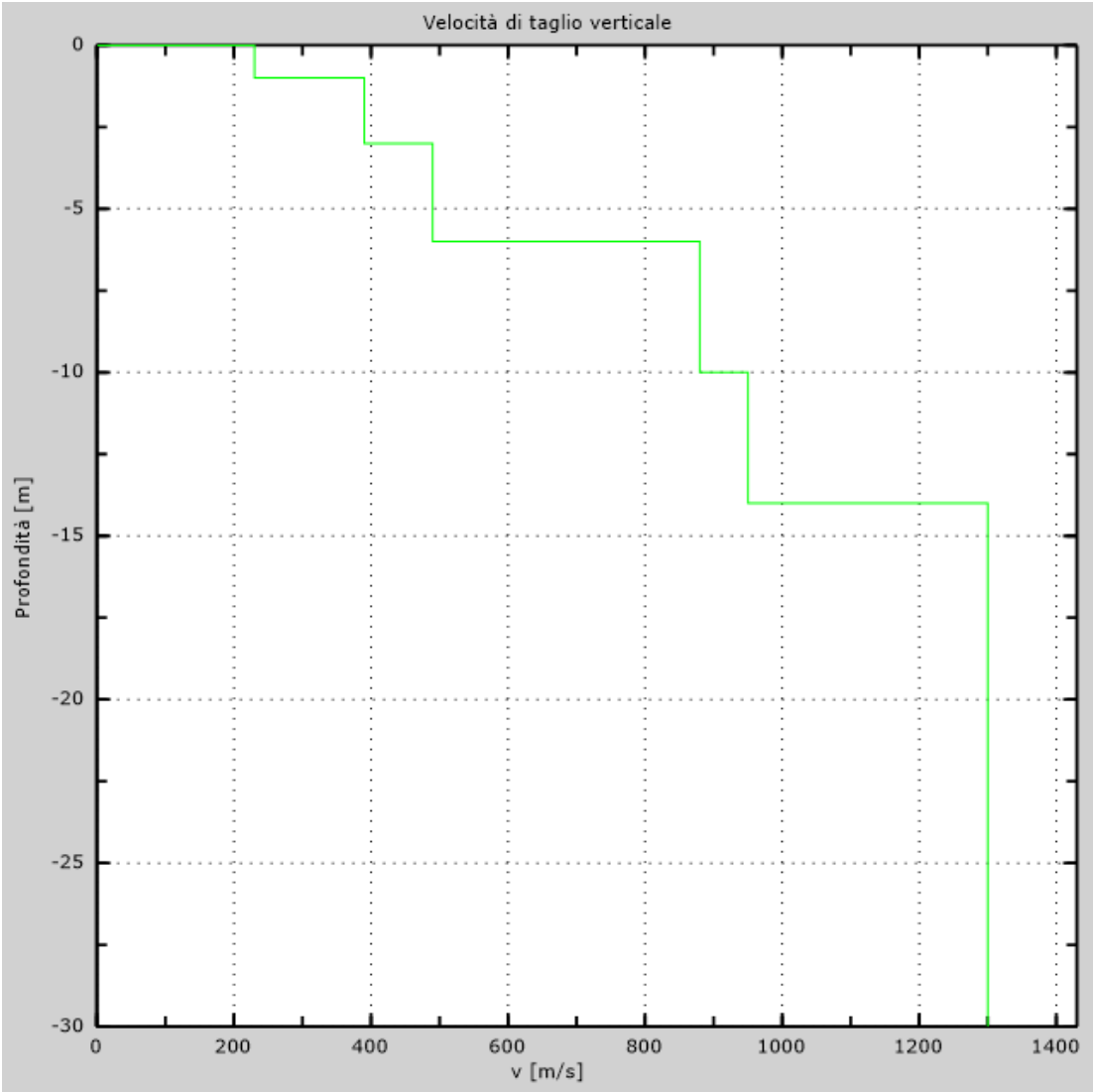


Figura 6: Profilo Vs numerico

6 - Risultati finali

Vseq [m/s] 385
La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018
Tipo di suolo ..... B

Appendice
Tipo di suolo

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.

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione:Opere di sostegno NTC 2008

Sito in esame.

latitudine: 44,635754 [°]

longitudine: 8,708199 [°]

Classe d'uso: 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 d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	15804	44,636310	8,642902	5167,0
Sito 2	15805	44,639140	8,712979	533,7
Sito 3	16027	44,589220	8,716924	5220,2
Sito 4	16026	44,586400	8,646833	7329,0

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,021	2,532	0,180
Danno (SLD)	63	50	0,028	2,496	0,204
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,077	2,465	0,277
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,104	2,445	0,281

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2008

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,550	1,200	0,005	0,003	0,297	0,180
SLD	1,200	1,510	1,200	0,007	0,004	0,401	0,180
SLV	1,200	1,420	1,200	0,020	0,010	1,089	0,180
SLC	1,200	1,420	1,200	0,036	0,018	1,474	0,240

Geostru