

GEOLOGO
GIOVANNI BERTAGNIN
ORDINE GEOLOGI PIEMONTE N°529
VIA ROATA 44
12010 ENTRACQUE
NCF BRTGNN68E29A165O
PIVA 02834980043
CELL 3299242004
bertagnin@inwind.it

REPORT 011/2019



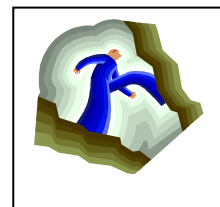
REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI CUNEO

ALLEGATI RELAZIONE DEL MODELLO SISMICO

RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DPR328/01 e DEL DM 2018
E CIRCOLARE ESPLICATIVA PER IL PROGETTO DI
REALIZZAZIONE DI NUOVA STRUTTURA SCOLASTICA
DELL'ISTITUTO SCOLASTICO DEI SALESIANI DEI
SALESIANI DI FOSSANO.

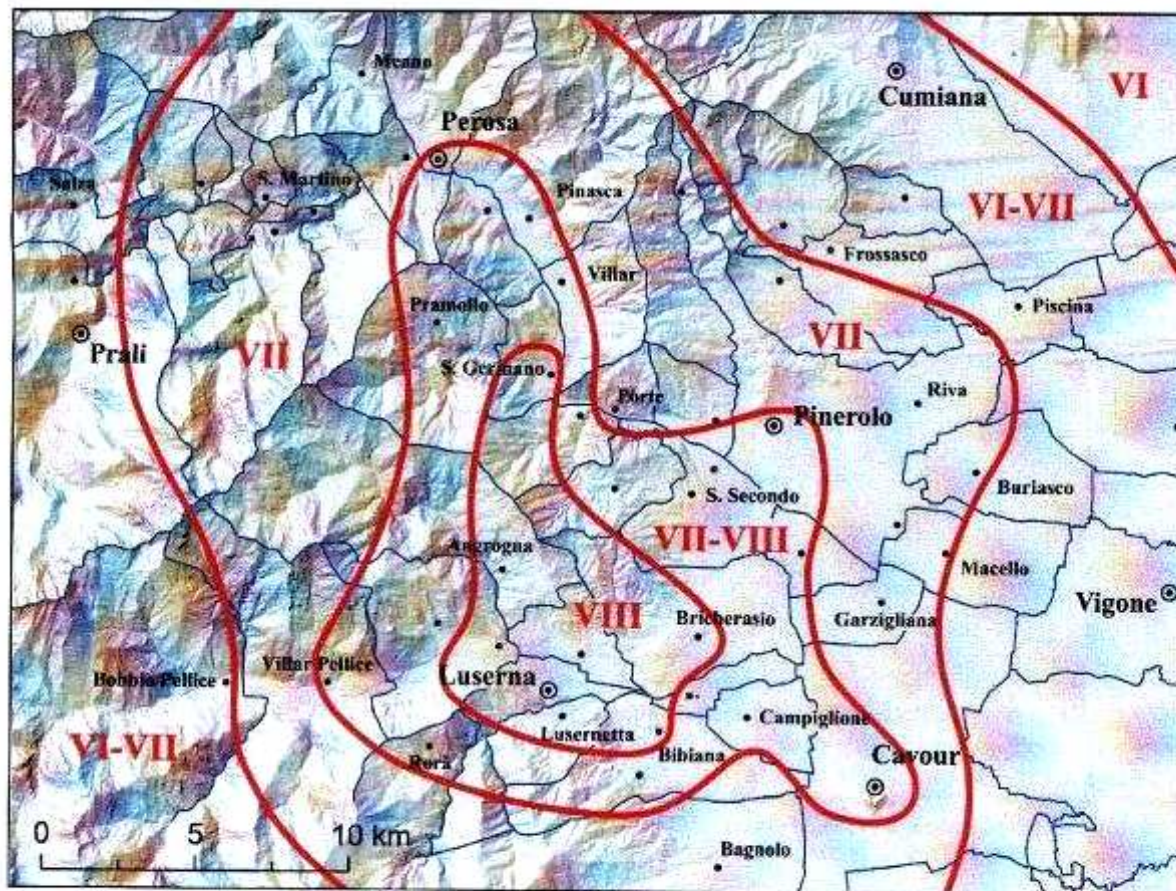
COMMITTENZA
ISTITUTO SALESIANO
VIA GIUSEPPE VERDI, 22,
12045 FOSSANO CUNEO
0172-60629
RIF economo
Sig. Scotto Tommasio
Piva 00486350044

PROGETTISTA



ESTRATTO DA STUDI REGIONE PIEMONTE

SONO STORICAMENTE SEGNALATI EPICENTRI DI TERREMOTI VICINO AL SITO IN OGGETTO. IN BASE AI DATI STORICI NEL SITO IN OGGETTO I TERREMOTI NON ARRIVANO ATTENUATI E TAGLIATI DELLE ALTE FREQUENZE. SI RIMANDA A INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE CON METODO NAKAMURA PER VALUTARE EFFETTO DI SITO.



3. Carta delle isosiste (linee rosse) relative al terremoto del 2 aprile 1808. I punti indicano le località per le quali sono disponibili informazioni sull'intensità macrosismica. Le linee blu indicano i confini comunali esistenti alla data dell'evento.

SI RIPORTANO I DATI DEL SISMA MAGGIORE CHE SI È VERIFICATO VICINO AL SITO. SI RIPORTANO I DATI DEL SISMA MAGGIORE CHE SI È VERIFICATO VICINO AL SITO.

SI OSSERVI L'ATTENUAZIONE DEL SISMA ALLONTANANDOSI DALL'EPICENTRO TO VICINO AL SITO.

SI OSSERVI L'ATTENUAZIONE DEL SISMA ALLONTANANDOSI DALL'EPICENTRO

Database Macrosismico Italiano

DBMI15 http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description_DBMI15.htm

DBMI15 è stato realizzato nell'ambito della linea di attività INGV T3 "Pericolosità sismica e contributi alla definizione del rischio" e quale contributo alle attività dell'Allegato A dell'Accordo quadro INGV-DPC 2012-2021.

Fossano

PlaceID IT_05698
Coordinate (lat, lon) 44.550, 7.721
Comune (ISTAT 2015) Fossano
Provincia Cuneo
Regione Piemonte
Numero di eventi riportati 31

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	NMMP	Io	Mw
4	1549	05	13	08	30		Liguria occidentale	6	4-5	4.37
4-5	1866	09	22	14	40		Piemonte centro-meridionale	13	4-5	4.38
F	1878	06	07	22	25		Cuneese	34	6	4.86
F	1881	07	22	02	45		Belledonne-Pelvoux	145	7	5.39
4-5	1883	03	07	21	15		Piemonte sud-occidentale	21	4-5	4.17
F	1884	11	23	16	15		Queyras	20	5	4.60
F	1884	11	27	22	15		Alpi Cozie	63	6-7	5.17
4	1886	09	05				Torinese	101	7	5.22
6-7	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47
3	1896	10	16				Liguria occidentale	55	6	4.91
4-5	1900	04	05	22	27	3	Cuneese	24	5	4.30
3-4	1900	05	10	08			Cuneese	16	4-5	4.10
4	1900	12	30	23	36	2	Alto Monferrato	36	5	4.35
4	1901	04	20	09	35	0	Cuneese	15	5	4.31
4	1901	05	25	03	59	2	Piemonte centro-meridionale	35	5	4.50
3	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
2	1905	04	29	01	46	4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
5-6	1905	05	30	04	55		Cuneese	121	5-6	4.65
3-4	1906	08	11	09	58		Liguria occidentale	82	5	4.41
3	1917	01	07	03	39		Savonese	32	5	4.35
4	1919	11	28	21	38		Alpi Marittime	24	5-6	4.92
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2-3	1927	12	11	15	49		Val di Susa	13	5	4.36
3	1935	02	19	00	01	0	Cuneese	45	5	4.34
5	1947	02	17	00	12	3	Alpi Cozie	283	5-6	4.74
3	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
3	1958	05	04	10	52	4	Cuneese	37	6	4.62
NF	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
F	2011	07	25	12	31	2	Torinese	105	5	4.67

Secondo il giudizio dello scrivente e di insigni professori la caratterizzazione sismica con metodi statistici del territorio italiano analizza una serie storica troppo corta per definire tale rischio con basso margine di errore

Il §3.2 delle NTC introduce il fondamentale concetto di **azione sismica**. I seguenti sono alcuni concetti principali relativamente al metodo proposto.

1. Ogni punto del territorio è caratterizzato da un'azione sismica fondamentale (**pericolosità sismica di base**), identificata a partire dai nodi di un reticolo di 4 km di lato.
2. L'azione sismica è di tipo **probabilistico** (% di superamento, equivalente a 100 - percentile della distribuzione statistica di appartenenza).
3. Il modello è stato creato a partire dalla teoria del **probabilismo sismotettonico**.

Il §3.2 delle NTC introduce il fondamentale concetto di **azione sismica**. I seguenti sono alcuni concetti principali relativamente al metodo proposto.

4. Ogni punto del territorio è caratterizzato da un'azione sismica fondamentale (**pericolosità sismica di base**), identificata a partire dai nodi di un reticolo di 4 km di lato.
5. L'azione sismica è di tipo **probabilistico** (% di superamento, equivalente a 100 - percentile della distribuzione statistica di appartenenza).
6. Il modello è stato creato a partire dalla teoria del **probabilismo sismotettonico**.

SISMICA PASSIMA

.estratto .pubblicazioni dott. Castellaro

AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

- ◆ sono amplificazioni *locali* delle onde sismiche
- ◆ sono spesso più distruttivi della stessa grandezza del terremoto
- ◆ sono dovuti a particolari condizioni geologiche e topografiche

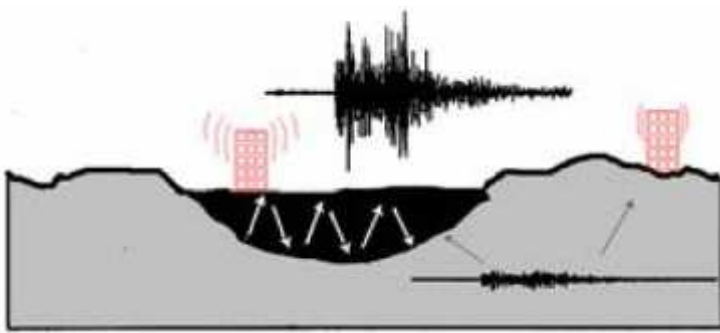
SI ESCLUDE FENOMENO DI DOPPIA RISONANZA PER STRUTTURE INTORNSI ESCLUDE
FENOMENO DI DOPPIA RISONANZA PER STRUTTURE INTORNO
ESEMPIO DI RISONANZA TERREMOTO STRUTTURA
<http://www.youtube.com/watch?v=YngC04VBKnI>

ESTRATTO ..pubblicazioni dott. Castellaro

Sismica passiva lavora sul microtermore in pratica per l'analisi si Prende tutto il rumore antropico macchine in passaggio, alberi che vibrano, vento e viene utilizzato tutto il segnale non solo il primo arrivo come nella sismica a rifrazione. La Storia nasce dall'analisi effettuata in tutte stazioni sismiche mondiali misurano il tremore con il pattern caratteristico misurato su roccia che si osservato essere uguale per tutte le stazioni sismiche.

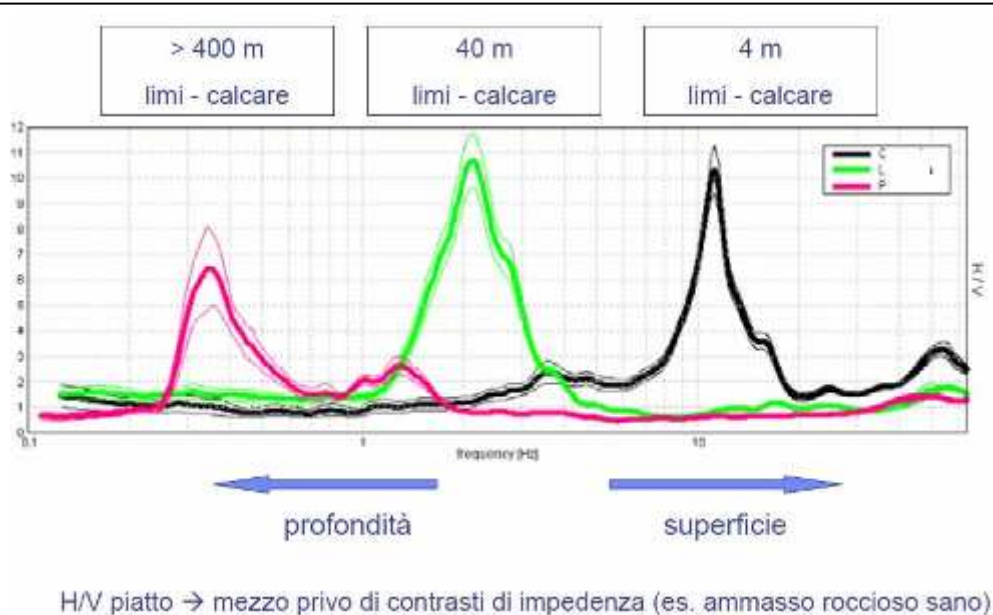
Sotto 1 hz l'origine del tremore e' di origine metereologica. I microtremori di origine antropica hanno frequenza intorno a 8hz. Per analisi molto in profondità intorno a 400m occorre analizzare frequenze sotto i 0.5hz. per analisi superficiali basta analizzare frequenze maggiori.

Il rumore non conserva traccia della sorgente ma è molto sensibile alla struttura locale vicino alla stazione di misura.



Le analisi considerano quindi la Sorgente – il percorso e le caratteristiche del terreno attraversato che fa da filtro e amplifica. Vengono in pratica rilevate le componenti verticali poi le componenti orizzontali vengono analizzate si fa il rapporto e si misura l'amplificazione di sito e quindi si rileva il contrasto di impedenza strato su strato in particolare strato poco addensato su strato rigido.

Quindi per ogni suolo posso ricavare le amplificazioni a determinate frequenze posso quindi ricavare valori di spessore e di velocità di strato in base alla formula $f=V/4h$ (f =frequenza di risonanza -- V =velocità'--- h =spessore limitandoci al modo fondamentale per sistemi bistrato)



La durata della misura dipende dalla profondità che si vuole raggiungere. Per analisi di rifrattori a 5 metri e quindi con picchi intorno a 10 hz il segnale che si ripete 10 volte al secondo quindi basterebbero 10 secondi per campionare il segnale 100 volte mentre per analisi di rifrattori a 1 km e quindi con picchi a 0.1 hz in un minuto il picco si ripete 6 volte e quindi occorre essere ridondanti almeno 40/50 nella misura.

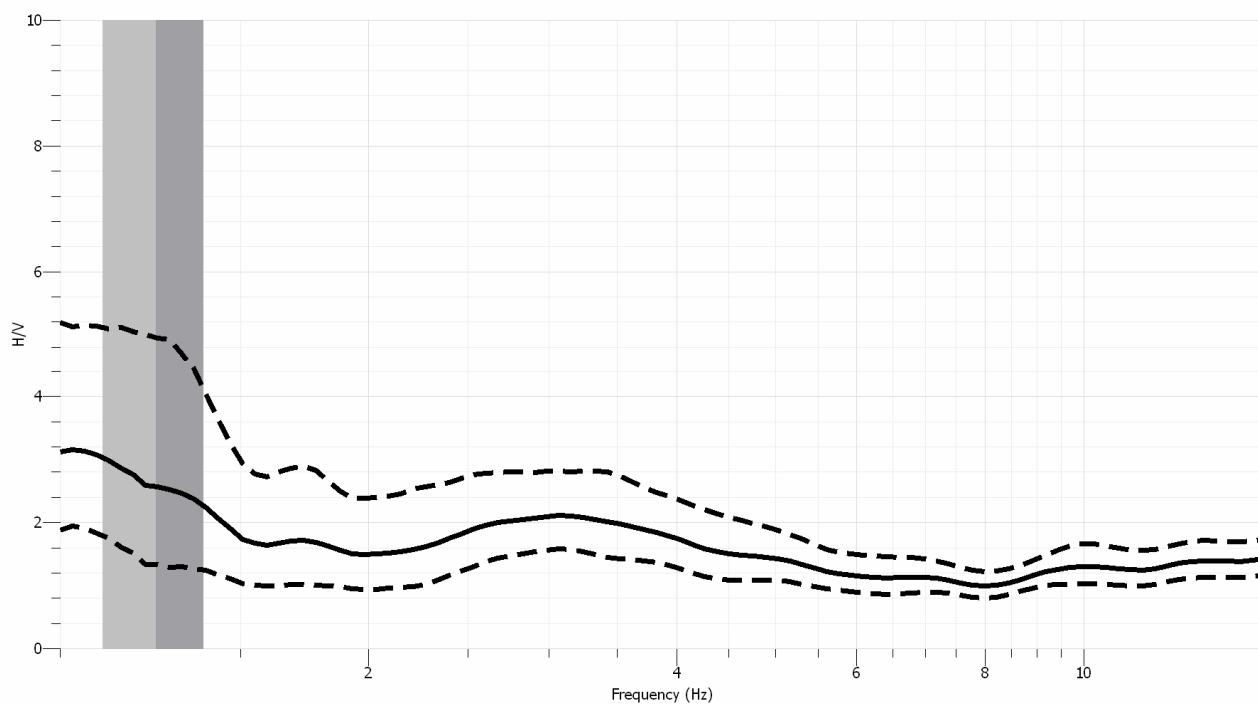
Il problema della risposta di sito nasce dalla osservazione effettuata in seguito a terremoti distruttivi, che il tipo di danno subito da costruzioni analoghe può variare fortemente anche entro distanze ravvicinate (poche centinaia o addirittura poche decine di metri) e che in molti casi la risposta più plausibile deve essere ricercata nella differenza di comportamento dei terreni di fondazione o in altri fattori inerenti la geologia e la morfologia superficiale. Com'è noto, infatti, la composizione spettrale di un'evento sismico subisce una prima modifica nel percorso fra il fuoco e il basamento rigido di una qualsiasi area considerata (funzione di attenuazione) ed una seconda modifica nel percorso attraverso i materiali (non rigidi) presenti fra il basamento e la superficie. Quest'ultima modifica, alterando il contenuto spettrale del sisma, è di notevole importanza poichè condiziona le sollecitazioni cui potranno essere sottoposte le strutture in quel sito. Risulta quindi necessario far ricorso a metodologie che permettano di definire come i terreni di copertura del "bedrock" possano influenzare l'ampiezza delle onde in superficie.

UBICAZIONE DI INDAGINE DI
MICROTREMORE ESEGUITA AL
CENTRO DEL CAMPO DA CALCIO



Non evidenti picchi e possibili contrasti di impedenza che possono amplificare un evento sismico . non rilevata amplificazione sismica locale .

non rilevati contrasti di impedenza tra ghiaia e argilla nella successione sedimentaria .
l'indagine H/V e' molto importante poiche permette di qualificare il sito o declassare il sito in relazione al margine di errore dell' indagine MASW



INDAGINA SISMICA METODO MASW

SPAZIO GEOFONI 2 M
GEOFONI 24
SHOT ESTERNI A 2 M
LUNGHEZZA LINEA 50M

INIZIO LINEA
LINEA SISMICA

FINE LINEA
LINEA SISMICA



La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

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

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

Onde di Rayleigh – “R”

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

Analisi del segnale con tecnica MASW

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

Modellizzazione

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

$$v = \lambda \times \nu$$

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

Modi di vibrazione

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

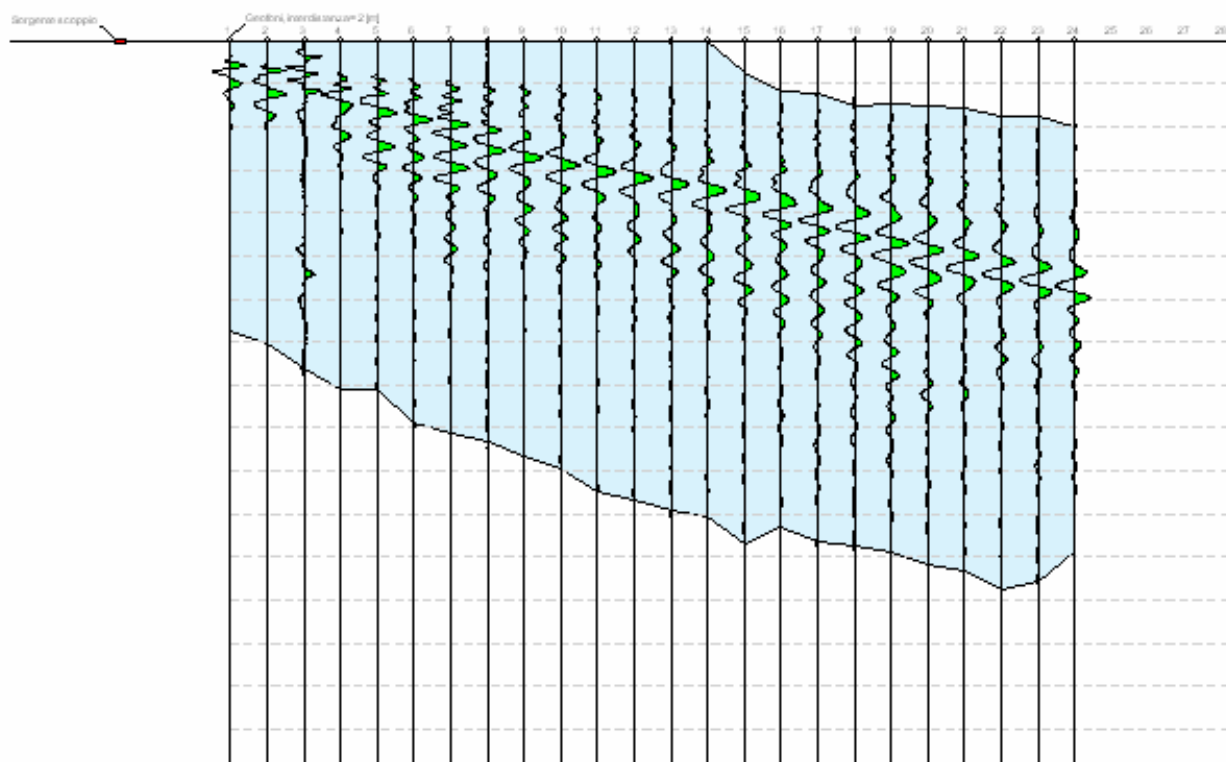
Profondità di indagine

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

Tracce

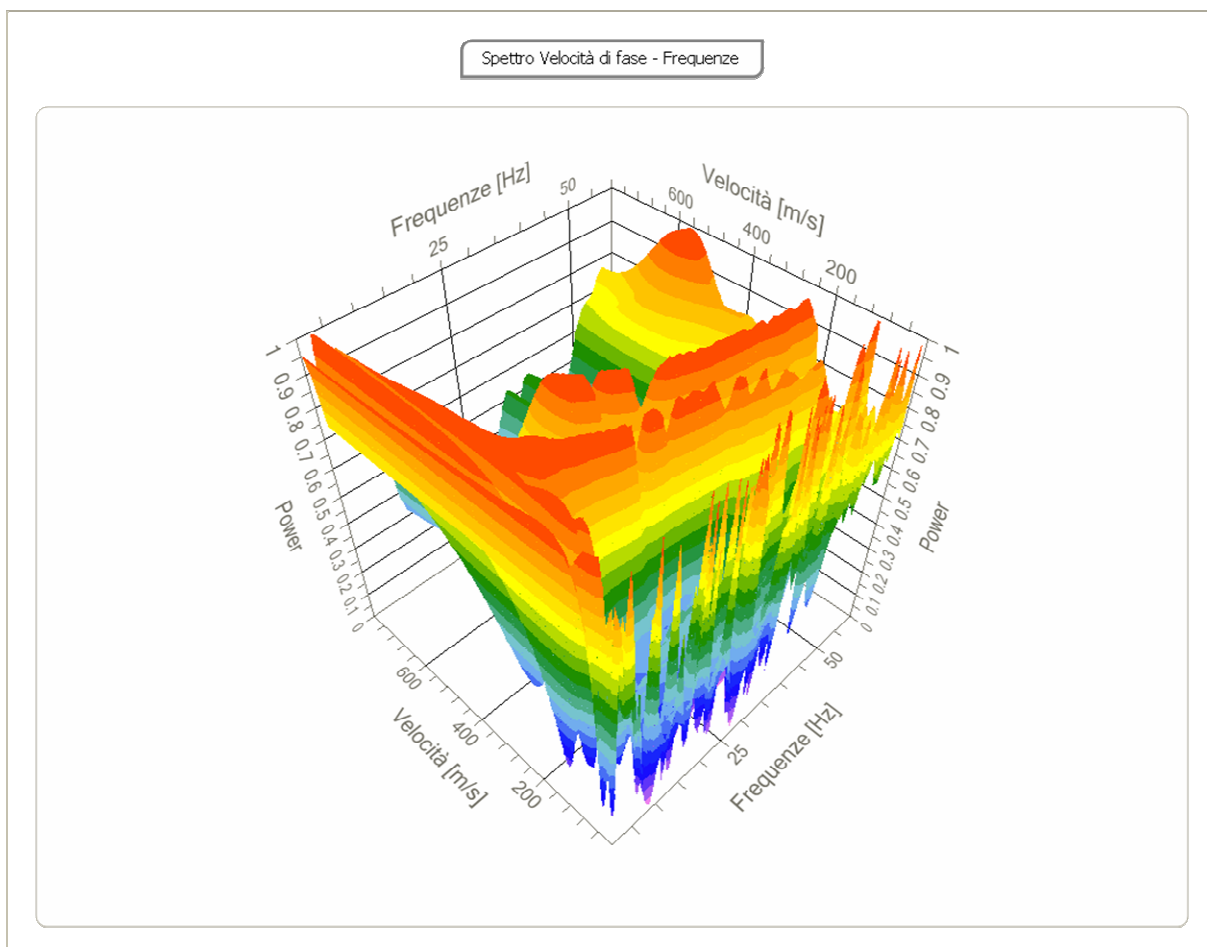
N. tracce 24
Durata acquisizione 1536.0
[msec]
Interdistanza geofoni 2.0
[m]
Periodo di 0.50
campionamento
[msec]

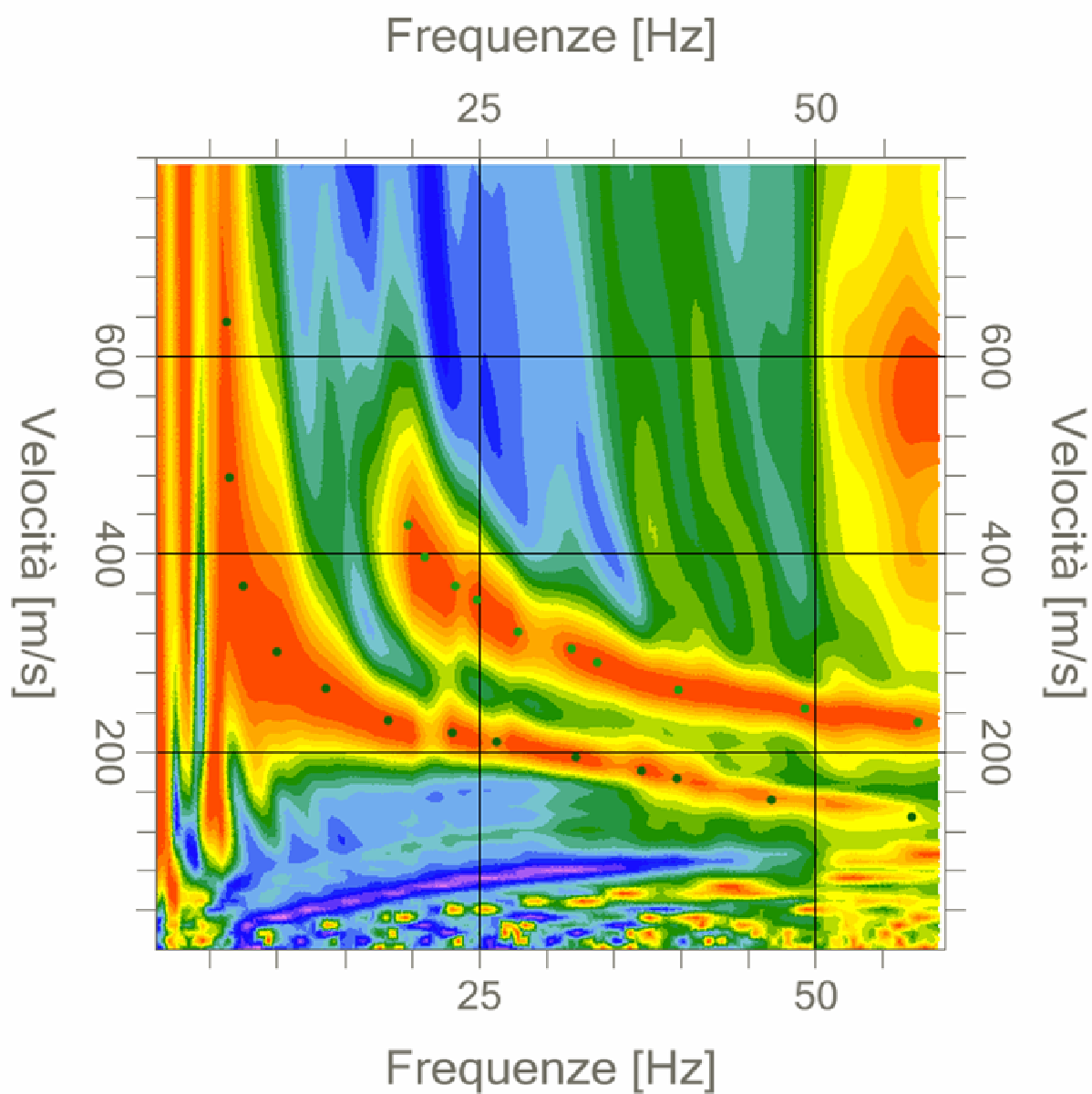
Committente: SALESIANI
 Operatore: BERTAGNIN
 Data: 27/02/2019
 Zona: STAZIONE



Analisi spettrale

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





PIKING ESEGUITO SU PRIMO E SECONDO MODO

Inversione

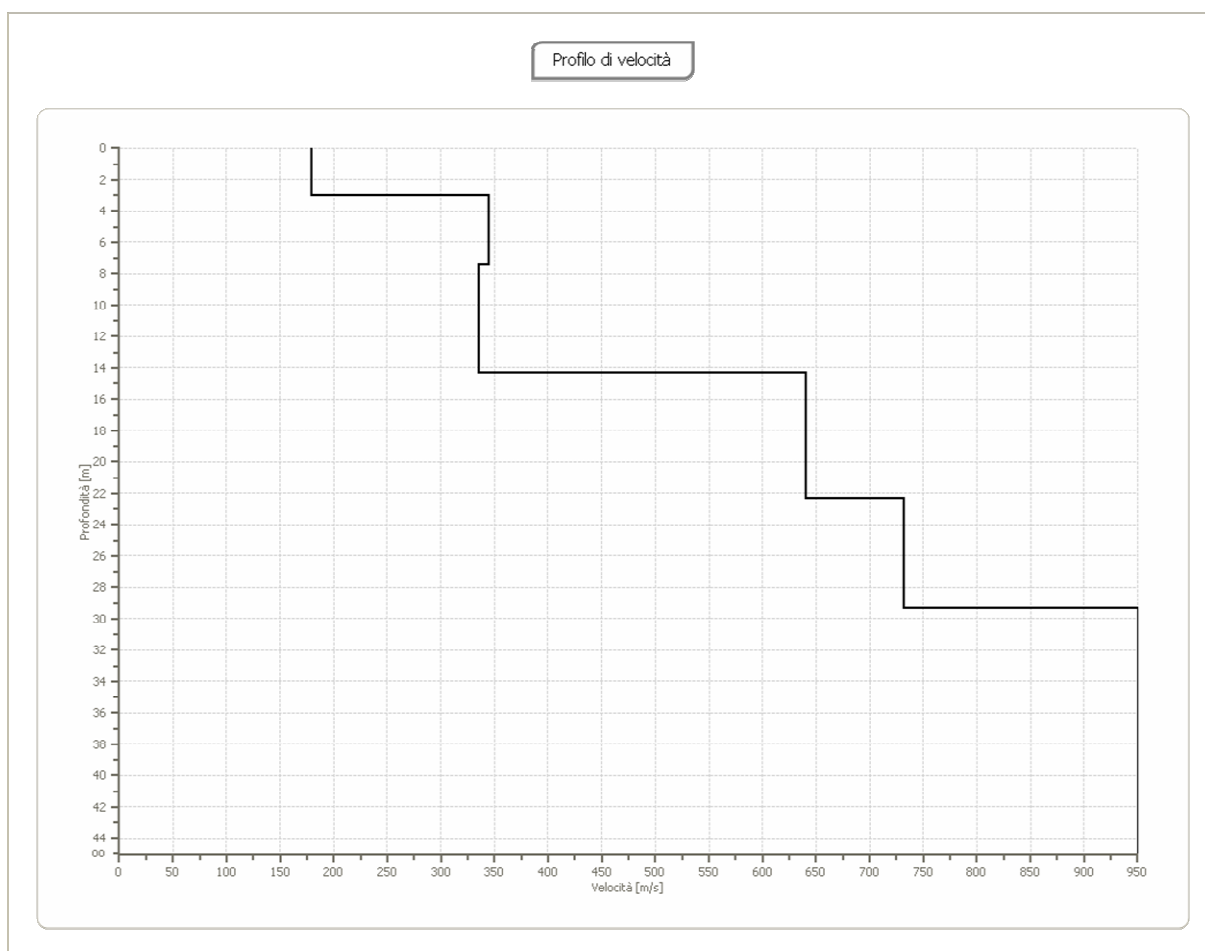
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2	2	1800.0	0.2	No	293.3	179.6
2		7.45	4.40	1800.0	0.2	No	563.5	365
3		14.35	6.90	1800.0	0.2	No	546.9	384
4		22.33	7.98	1800.0	0.2	No	1045.2	640.0
5		29.35	7.02	1800.0	0.2	No	1194.9	731.7
6		oo	oo	1800.0	0.2	No	1552.1	950.4

Percentuale di errore

20 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.100



Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2	2	179.62	293.32	1800.00	0.30	58.08	154.87	77.43	139.38	N/A	443.16
2	7.45	4.40	360.08	563.52	1800.00	0.3	214.35	571.59	285.80	514.44	N/A	N/A
3	14.35	6.90	384.0	546.89	1800.00	0.30	201.88	538.36	269.18	484.52	N/A	N/A
4	22.33	7.98	640.02	1045.15	1800.00	0.3	737.33	1966.22	983.11	1769.59	N/A	N/A
5	29.35	7.02	731.73	1194.91	1800.00	0.30	963.77	2570.05	1285.02	2313.04	N/A	N/A
6	oo	oo	950.43	1552.05	1800.00	0.3	1625.99	4335.97	2167.98	3902.37	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Ai sensi vigenti norme tecniche (prof. Castellaro 2009 occorre stimare l'errore ammissibile dell'interpretazione Geopsy per il modello in oggetto e' stimata dell'ordine del 30% visto che l'indagine NAKAMURA non ha rilevato amplificazione delle onde sismiche, visti i dati emersi dalla prova penetrometrica.

CAUTELATIVAMENTE Si ritiene che l'azione sismica nel sito sia comunque compatibile con la

categoria "B" per i seguenti motivi:

- o NON rilevati contrasti di impedenza acustica, poiché NON sono evidenti repentine variazioni nella velocità delle onde superficiali nella parte più superficiale della successione
- o Il segnale HVSR misurato nel sito non mostra picchi di amplificazione
- o La stratigrafia rilevata con prova penetrometrica evidenzia la presenza livelli ghiaiosi addensati che non possono produrre amplificazione sismica
- o In conclusione, appare pertanto tecnicamente sensato classificare il sottosuolo nel sito per

l'opera in progetto in **categoria B**;

Infine, si sottolinea che il caso più pessimistico previsto dalla normativa in relazione alla categoria S2, ossia la 'presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività', può essere escluso nella situazione in esame in base alla stratigrafia e alla presenza di ghiaie.

LA CLASSIFICAZIONE DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Non ricorrendo in corrispondenza del sito in esame la condizione di altezza del pendio

maggiore di 30 m, può essere classificata come **soggetta ad amplificazione sismica.T1**

Le morfologie devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Risultati

Profondità piano di posa [m] 0.00
Vs30 [m/sec] 410.45
Categoria del suolo B