



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

---

Regione Emilia-Romagna

Comune di Neviano degli Arduini

---



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	Settembre 2015

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
2.1. Inquadramento sismogenetico	6
2.2. Storia sismica dell'area	7
2.3. Classificazione sismica comunale	9
2.4. Analisi di disaggregazione	10
2.5. Spettro di risposta rappresentativo	12
<b>3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....</b>	<b>13</b>
3.1. Geologia	13
3.2. Geomorfologia	17
<b>4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....</b>	<b>20</b>
<b>5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....</b>	<b>23</b>
5.1. Proprietà geotecniche dei terreni	27
5.1.1. Classificazione	27
5.1.2. Parametri di resistenza al taglio	28
5.1.3. Proprietà geomeccaniche dinamiche	32
<b>6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....</b>	<b>35</b>
<b>7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....</b>	<b>35</b>
7.1. Analisi della risposta sismica locale	35
7.2. Selezione dei segnali sismici di riferimento	36
7.3. Sismo-stratigrafia del sottosuolo	38
7.3.1. Neviano Capoluogo	38
7.3.2. Provazzano	49
7.4. Verifiche di stabilità	57
7.4.1. Verifica di stabilità in condizioni statiche (pre-sismiche)	58
7.4.2. Verifica di stabilità in condizioni sismiche e post-sismiche	63
<b>8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....</b>	<b>68</b>
8.1. Carta delle indagini	69
8.1.1. Ambito A1 Neviano capoluogo	70

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

8.1.2. Ambito A2 Provazzano	71
8.2. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	71
8.2.1. Ambito A1 Neviano capoluogo	72
8.2.2. Ambito A2 Provazzano	76
8.3. Carta di microzonazione Livello 3	77
8.3.1. Ambito A1 Neviano capoluogo	78
8.3.2. Ambito A2 Provazzano	79
<b>9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI E DEGLI EVENTI ATTESI.....</b>	<b>81</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>82</b>
<b>11. ALLEGATI .....</b>	<b>83</b>

## **1. INTRODUZIONE**

---

Il presente lavoro, redatto su incarico del Comune di Neviano degli Arduini (Provincia di Parma) con Determinazione n° 550 del 22/11/2012, in seguito all'erogazione dei contributi, di cui all'OPCM n° 4007 del 29 febbraio 2012 a favore degli enti locali, riguarda la definizione della microzonazione sismica di II° livello e locali approfondimenti di III° livello, in corrispondenza di alcuni ambiti comunali localizzati all'interno dei centri abitati principali e su alcune aree di particolare interesse urbanistico.

Questa fase di studio si prefigge di valutare gli scenari di pericolosità emersi nel corso dei precedenti approfondimenti di I° e II° livello (Geostudi, 2012), quindi di confermare ed eventualmente ridefinire le aree perimetrate sulla base della differente risposta sismica locale, attraverso l'impiego di metodologie di tipo numerico 1d.

Nello specifico, le analisi di III° livello devono essere finalizzate a determinare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale, nelle aree instabili e potenzialmente instabili; per tale motivo, fermo restando l'ambito comunale di maggior interesse strategico che racchiude il Capoluogo, in accordo con l'Amministrazione Comunale, si è ritenuto opportuno orientare gli approfondimenti sul versante su cui insiste l'abitato di Provazzano, già ricompreso all'interno di un'area da sottoporre a III° livello.

All'interno dello studio sono state riprodotte ed opportunamente modificate, laddove le nuove indagini hanno fatto emergere nuovi risultati, le cartografie fondamentali del I° livello di approfondimento, mentre quelle del II° livello sono state superate dalle corrispondenti di III° livello.

Sempre a corredo dello studio è stata predisposta un'analisi della *Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)*, come riferito dall'art. 7 comma 4 dell'Ordinanza suddetta, che costituisce uno strumento fondamentale a sostegno del *Piano di Protezione Civile (PPC)* comunale, per far fronte nel miglior modo possibile alle emergenze generate dagli eventi sismici.

Il documento tecnico a supporto dello studio è stato svolto in conformità alle seguenti disposizioni normative:

- *Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito agli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvati con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;*
- *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati in data 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome.*



## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

- *D.G.R. n° 1051 del 18 luglio 2011 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all’O.P.C.M. 3907/2010 e ss.mm.”.*
- *“Microzonazione sismica” - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versioni 2.0 e 3.0) – Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 Novembre 2012, n° 3907).*

Si è fatto altresì riferimento alle pubblicazioni scientifiche in materia ed in particolare:

- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 “Indirizzi di microzonazione sismica”.*
- *“Microzonazione sismica” – uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico. L’Esperienza della Regione Emilia-Romagna (a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, 2012).*

Per “Microzonazione Sismica” si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, ovvero nell’individuazione e caratterizzazione delle zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Risulta perciò estremamente importante sviluppare gli studi di microzonazione già in fase pianificatoria, per poter indirizzare al meglio le scelte urbanistiche dell’Amministrazione al di fuori delle aree contraddistinte da elevata pericolosità sismica e, successivamente, per esercitare una funzione di supporto ai tecnici nella progettazione di nuove opere.

Contestualmente alla scala di dettaglio degli studi (*PSC, POC, PUA* ed esecutivi) e alle problematiche geologiche da affrontare, sono stati definiti 3 livelli di approfondimento, di seguito ordinati, con complessità d’analisi e costi d’esecuzione via via crescenti:

- *I° Livello di approfondimento: riguarda la raccolta e l’analisi di dati esistenti e, se possibile, la realizzazione di nuove indagini in sito. L’obiettivo finale consiste nella realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), che suddivide il territorio in microzone sismicamente omogenee;*
- *II° livello di approfondimento: oltre a correggere gli studi di I° Livello, si assegna un fattore moltiplicativo di amplificazione a ciascuna zona, attraverso l’impiego di abachi regionalizzati e*

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

*formule empiriche. Il documento finale prodotto è rappresentato dalla Carta di microzonazione sismica;*

- *III° Livello di Approfondimento: viene utilizzato nei casi in cui l'opera in progetto risulti particolarmente importante oppure, nei casi in cui le condizioni geologiche si presentino estremamente complesse. Vengono sviluppate analisi di tipo numerico 1d o 2d, studi paleosismici ed analisi dinamiche. Viene prodotta una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti.*

Le attività illustrate di seguito, in funzione sia dei precedenti risultati raggiunti nel corso della redazione degli studi di I° e II° livello in corrispondenza dei centri abitati di Neviano degli Arduini, Provazzano, Isolanda e Bazzano, sia degli obiettivi di carattere pianificatorio da conseguire, hanno riguardato approfondimenti di I°, e III° livello limitatamente agli ambiti di Neviano capoluogo e del versante di Provazzano.

In via preliminare, è stato condotto un esame bibliografico a scala comunale, seguito da un attento esame dei dati raccolti, relativamente alla pericolosità sismica di base, definibile come quella probabilità che, in un certo intervallo di tempo, si verificano in una determinata zona, forti terremoti che possono provocare danni. A integrazione delle ricerche, si sono sviluppati degli approfondimenti di disaggregazione volti a stabilire le coppie di magnitudo-distanza predominanti che caratterizzano gli eventi sismici dell'area.

I sopralluoghi e i rilievi di campagna, hanno permesso di ricostruire in maniera dettagliata, l'assetto geologico-morfologico degli areali in esame evidenziando, tutti quegli aspetti che possono influire sul moto sismico di base oppure, dar luogo ad effetti indotti quali, instabilità dei versanti, cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia ecc..

Sono state realizzate indagini geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo) e di laboratorio (condotte in campo statico e dinamico), supportate da una discreta quantità di prove in sito preesistenti, necessarie per la raffigurare il modello geologico del sottosuolo. L'incrocio tra i dati geologici e geotecnici con quelli ottenuti in seguito all'esecuzione di prove sismiche passive *HVSR*, integrate anch'esse da indagini pregresse, ha fornito come risultato finale l'individuazione della sismo-stratigrafia del sottosuolo, che si colloca alla base degli studi di III° Livello.

Il calcolo dei fattori di amplificazione è stato ottenuto dal rapporto tra il picco d'accelerazione, determinato a piano campagna a partire da segnali sismici di riferimento naturali e amplificati sulla base dell'assetto sismo-stratigrafico dei depositi, e il picco d'accelerazione su terreno rigido di riferimento.

Come richiesto dalla normativa regionale e, in relazione della funzione pianificatoria assunta dal presente studio, si è ritenuto sufficiente utilizzare, quali segnali di input, i 3 accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia Romagna per ogni comune, opportunamente scalati al *bedrock*.

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

Su ciascuna microzona identificata, è stato associato un spettro di risposta rappresentativo del moto sismico atteso in superficie per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%).

Riguardo al centro abitato di Provazzano, posto al di sopra di un corpo detritico quiescente, potenzialmente soggetto a instabilità e a cui viene attribuito il III° livello di approfondimento, oltre alla determinazione della RSL, sono state eseguite le verifiche di stabilità lungo sezioni caratteristiche, in condizioni pre-sismiche, sismiche e post-sismiche.

Analogamente, visto che gran parte edifici strategici sono localizzati nell'areale del capoluogo, sono state rivisitate ed opportunamente modificate le microzone acquisite durante gli approfondimenti di I° e II° livello, attraverso la rideterminazione dei fattori amplificativi con procedure di III° livello, anche all'interno di tali aree.

Nel corso dello studio, oltre alla presente relazione, sono stati redatti gli elaborati elencati nel *Capitolo 11*. Essi sono stati predisposti, oltre che in versione cartacea, in formato digitale (pdf, con risoluzione 300 dpi). I dati vettoriali sono forniti anche in formato *shapefile*.

Per l'archiviazione dei dati e l'*editing* dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento contenuti nell'Allegato D della delibera regionale e dagli *SRAI*.

L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito *software*: "*MS – SoftMS*" nella versione 1.0.

Quale base cartografica, si sono utilizzati gli stralci della Carta Topografica Regionale alla scala 1:5.000 (Elementi 217041 e 218014), georeferenziati con il sistema di riferimento *WGS84-UTM 33N*, seguendo le raccomandazioni fornite dagli "*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 2.0 e, laddove necessario, la versione 3.0)*".

## **2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO**

---

### **2.1. Inquadramento sismogenetico**

---

Allo scopo di associare la sismicità dell'area di studio con i meccanismi responsabili dell'innesco dei terremoti, si è fatto riferimento alla *Zonazione Sismogenetica ZS9* (a cura del gruppo di lavoro coordinato da *C. Meletti* e *G. Valensise*, 2004).

Tale studio, che sostituisce la precedente zonazione *ZS4*, suddivide il territorio nazionale in fasce contraddistinte da caratteristiche sismo-tettoniche omogenee (Cfr. **Fig. 1**). Esso risulta estremamente

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

---

importante nei confronti della pianificazione territoriale e, nello specifico, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

Come evidenziato in **Fig. 1**, il Comune di Neviano degli Arduini ricade nel settore occidentale della zona 913, contraddistinta da eventi sismici di bassa magnitudo, a cinematica prevalentemente compressiva, anche se si possono avere fenomeni di trascorrenza nelle zone di svincolo che dissecano la continuità laterale delle strutture. Generalmente, le sorgenti sismiche si distribuiscono a profondità comprese tra i 12 e i 20 Km.

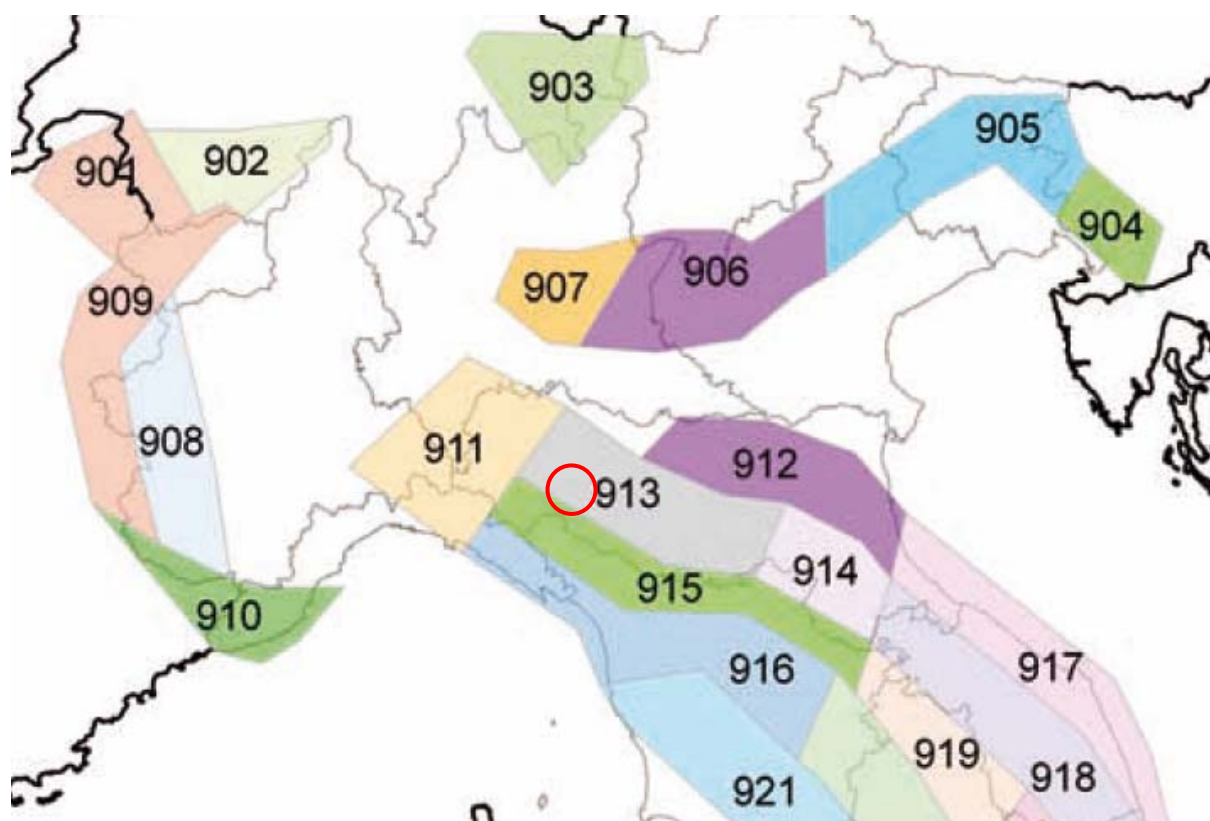


FIG. 1 – Zonazione sismogenetica ZS9 (2004)

## 2.2. Storia sismica dell'area

---

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spazio-temporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

### Comune di Neviano degli Arduini (PR)

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database *DBMI11* utilizzato per la compilazione del *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI11)* aggiornato al 2006 (*M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi*), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Neviano degli Arduini.

Essa è riassunta nella **Fig. 2**, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito (*Is*>*II* grado della scala *MCS*), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese (*Me*), il giorno (*Gi*) e l'ora (*Or*) ed, eventualmente, il minuto e il secondo in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (*Area Epicentrale*), l'intensità massima epicentrale in scala *MCS* (*Io*) e la magnitudo momento (*Mw*).

Is	Data	Area epicentrale	Io	Mw
3	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	6	4.70 $\pm$ 0.24
6	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	7-8	5.41 $\pm$ 0.09
2	1931 06 10 17:01	Modenese	4	4.42 $\pm$ 0.22
NF	1969 06 24 13:25:22	Parmense		4.62 $\pm$ 0.23
<b>7</b>	<b>1971 07 15 01:33:23</b>	<b>Parmense</b>	<b>8</b>	<b>5.64 <math>\pm</math>0.09</b>
6	1983 11 09 16:29:52	Parmense	6-7	5.06 $\pm$ 0.09
NF	1986 12 06 17:07:20	BONDENO	6	4.61 $\pm$ 0.10
3	1988 03 15 12:03:18	Reggiano	6	4.66 $\pm$ 0.12
4	1995 10 10 06:54:23	LUNIGIANA	7	4.85 $\pm$ 0.09
5	1996 10 15 09:56:02	Correggio	7	5.41 $\pm$ 0.09
NF	1998 02 21 02:21:13	Reggiano	5	4.34 $\pm$ 0.17
3	2000 06 18 07:42:08	Parmense	5-6	4.43 $\pm$ 0.09
NF	2002 11 13 10:48:03	Franciacorta	5-6	4.29 $\pm$ 0.09

FIG. 2 – MASSIMI EVENTI SISMICI VERIFICATISI NEL COMUNE DI NEVIANO DEGLI ARDUINI

Dalla lettura di **Fig. 2** si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Neviano degli Arduini si è verificato il 15 Luglio 1971 con un'intensità al sito del *VII*° della scala *MCS*.

Tra gli episodi di più recente manifestazione, non contemplati in tabella, si segnala il terremoto del 23/12/2008, localizzato a ridosso del confine tra la Provincia di Parma e quella di Reggio Emilia, a breve distanza dal Comune di Neviano degli Arduini, contraddistinto da una magnitudo momento del 5°.

La zona epicentrale fa parte di un settore dell'Appennino settentrionale soggetto a compressione regionale attiva lungo quasi tutta la fascia pede-appenninica, per effetto della presenza di un importante lineamento tettonico, che segue approssimativamente il limite morfologico tra Appennino e Pianura Padana.

Un ulteriore studio che ha sviluppato una valutazione affidabile del grado di sismicità dell'area è rappresentato dal lavoro pubblicato dalla Protezione Civile, a cura di *D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise*, "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del *GNDT* e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di *ING/SGA*.

Secondo tale studio, basato in misura prevalente su valori realmente osservati, facendo ricorso ad aggiustamenti solo per quelle località ove questo si sia reso necessario, il territorio di Neviano degli Arduini è stato soggetto a terremoti di intensità massima pari al *VIII*° della scala *MCS* (Cfr. **Fig. 3**).

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

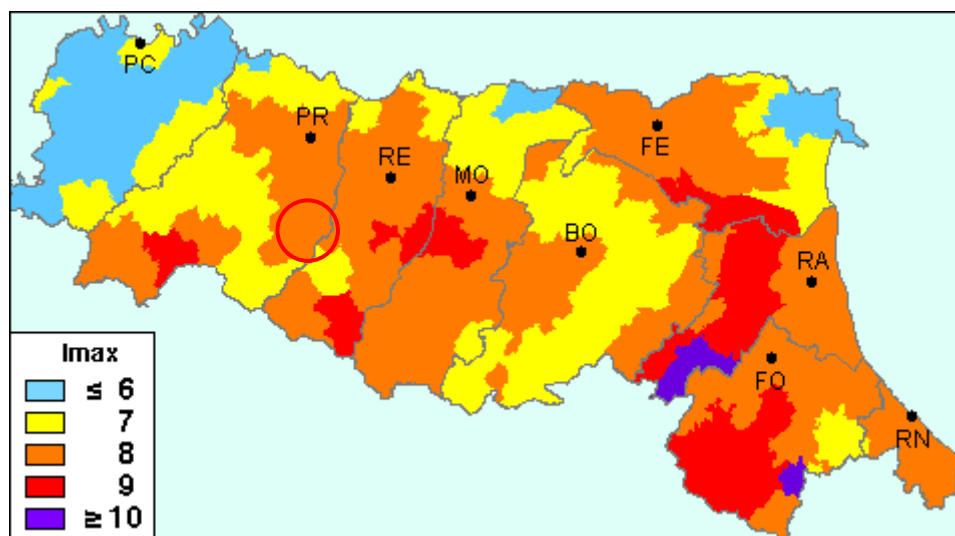


FIG. 3 – CARTA DELLA MASSIMA INTENSITÀ MACROSISMICA IN EMILIA ROMAGNA

### 2.3. Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'*Allegato 1, punto 3* dell'*Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003*, utilizzando e aggiornando la precedente proposta del 1998.

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta ( $S=12$ ), media ( $S=9$ ) e bassa ( $S=6$ ), contemplati nella *Legge 64/74*, mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $ag$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Cfr. **Tab. 1**), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

La classificazione vigente, identifica il Comune di Neviano degli Arduini in **Zona 3** (Cfr. **Fig. 4**), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $ag$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra  $0,05*g$  e  $0,15*g$  (dove  $g$  è l'accelerazione di gravità).

Zona	Valori massimi di $ag$
1	$>0,25$
2	$0,15 \div 0,25$
3	$0,05 \div 0,15$
4	$<0,05$

TAB. 1 – VALORI DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE ASSOCIATI A CIASCUNA ZONA SISMICA

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

Risulta opportuno evidenziare che, con l'entrata in vigore del decreto ministeriale 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", la stima della pericolosità sismica, non è più associata alla zona sismica di appartenenza, ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica su uno specifico sito.

Ciò ha permesso di superare la differenza tra valori di accelerazione previsti dagli studi di pericolosità sismica a scala nazionale e valori previsti dalla normativa antisismica per un suolo di riferimento.

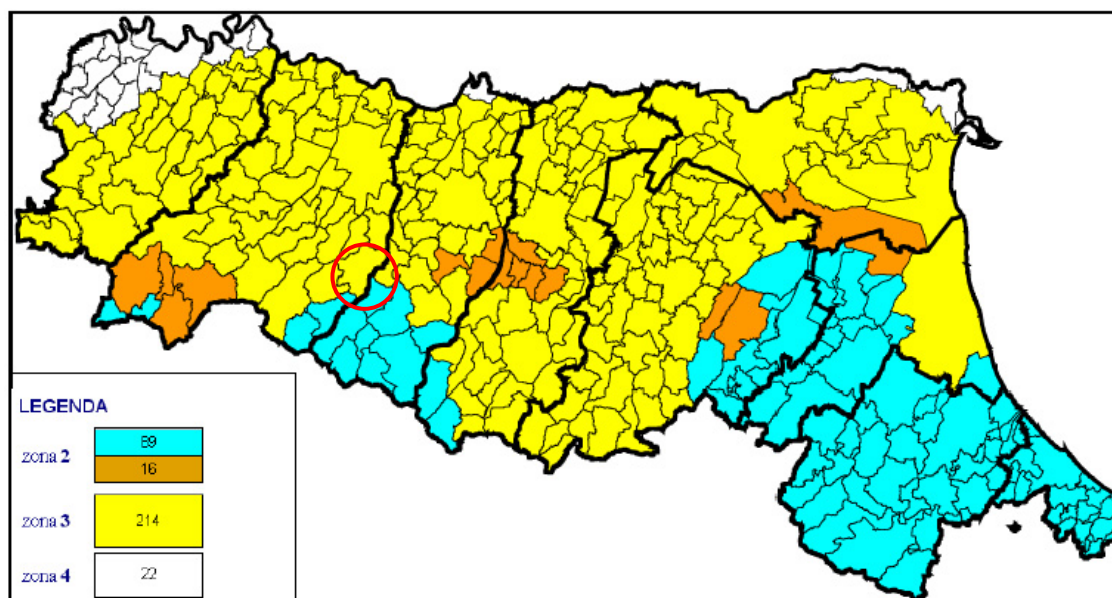


FIG. 4 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

## 2.4. Analisi di disaggregazione

Lo studio di disaggregazione di  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, permette di individuare per l'area in esame, il *range* della coppia magnitudo-distanza che incide maggiormente sulla sismicità dell'area.

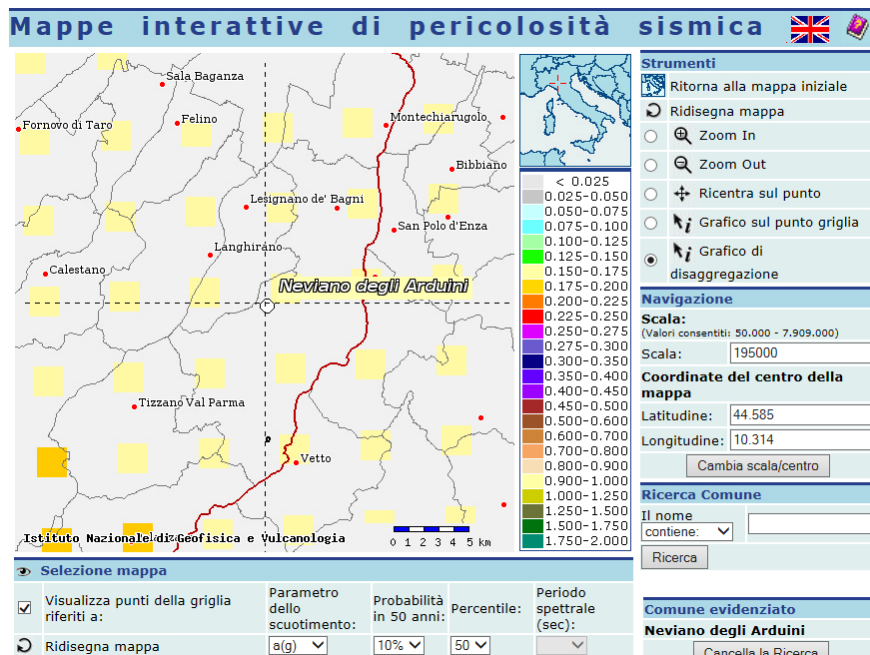
Tra i differenti metodi da utilizzare, si è optato per l'impiego delle mappe interattive di pericolosità sismica, presenti sul sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Nel dettaglio, si immettono le coordinate geografiche dell'area o, in alternativa il comune d'appartenenza, quindi si richiede l'*output* del grafico di disaggregazione (Cfr. **Fig. 5**).



**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

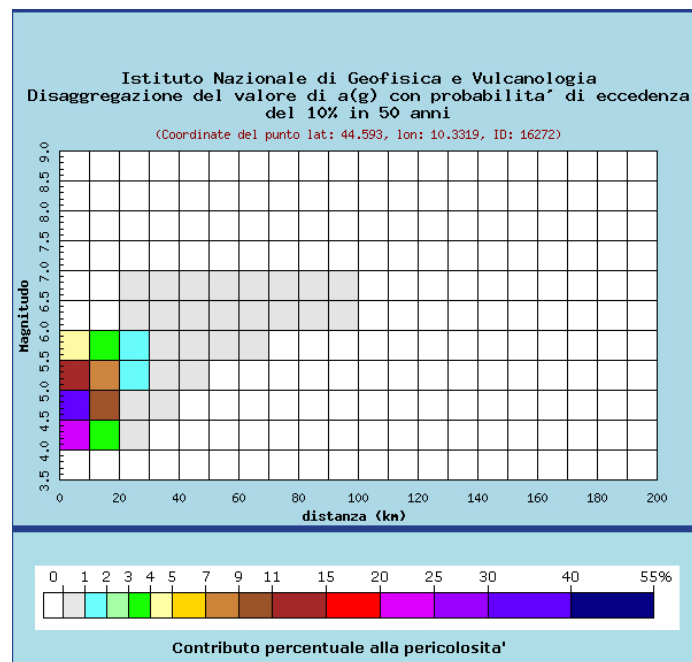
Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 5 - MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'ISTITUTO DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA DI MILANO**

Nella **Fig. 6**, vengono riprodotti le magnitudo e le distanze dei terremoti che apportano i maggiori danni nell'area, in funzione della percentuale della pericolosità. Secondo tali evidenze, gli eventi che contribuiscono alla sismicità dell'area sono contraddistinti da una magnitudo compresa tra 4,0 e 6,0, con valori medi di circa 4,87, e distanze epicentrali variabili da 0 km a 30 km, con valori medi di 8,55 km.

Trattasi pertanto di un'area contraddistinta da una sismicità medio-bassa, confermata anche dal conferimento del territorio comunale alla zona 3, generata prevalentemente da terremoti con epicentro localizzato a breve distanza.



**FIG. 6 – GRAFICO CON I VALORI DELLE COPPIE MAGNITUDO DISTANZA E RELATIVA PROBABILITÀ (INGV MILANO)**



## 2.5. Spettro di risposta rappresentativo

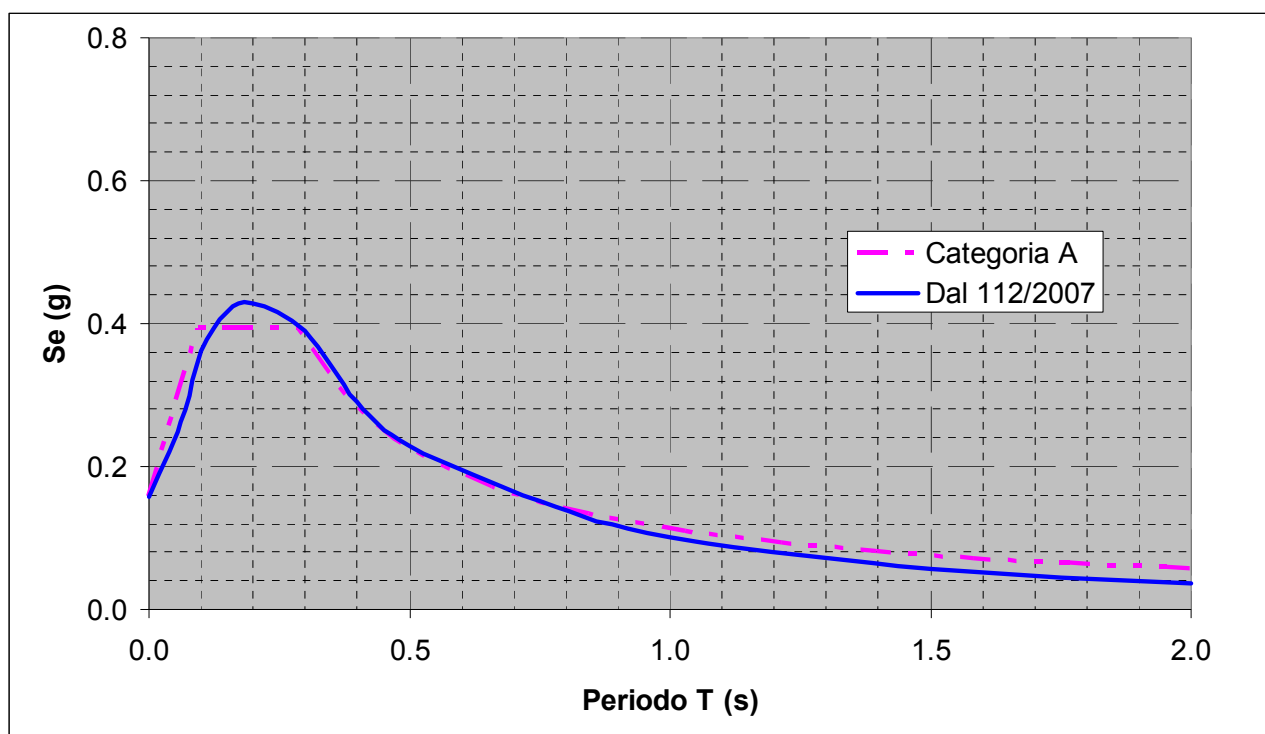
Per la valutazione della pericolosità sismica di base, sono stati impiegati i risultati pubblicati dalla Regione Emilia Romagna (Cfr. *Allegato 4 - DAL 112/2007*), relativamente all'attribuzione a ciascun comune, di un valore di accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido di riferimento, per terremoti con tempo di ritorno di 475 anni (equivalenti al 10% di probabilità di superamento in 50 anni).

Tale valore, che deriva dalla media di tutti corrispondenti valori associati ai nodi del reticolo di riferimento con maglie di 0,05°, definiti dall'*Allegato B del D.M. 14/01/2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, equivale a 0,158 g nel caso del Comune di Neviano degli Arduini.

Partendo da tale valore, corrispondente all'accelerazione massima orizzontale attesa al sito su suolo rigido al periodo  $T=0$ , è stato possibile ricostruire lo spettro di risposta a probabilità uniforme per il Comune di Neviano degli Arduini, semplicemente moltiplicando 0,158 g per i valori  $Se(g)/a_{ref}$  che definiscono l'equivalente spettro normalizzato previsto per l'Emilia Romagna (rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni, con smorzamento del 5%).

Lo spettro di risposta del comune, riportato in **Fig. 7**, è stato sovrapposto a quello normalizzato ricavato dal *D.M. 14/01/2008* per un suolo di tipo **A**.

Il grafico mostra un buon grado di correlazione tra i due spettri inoltre, si evidenzia come, i valori di amplificazione massima, si verificano per periodi ( $T$ ) compresi tra 0,15 s e 0,30 s.



**FIG. 7 – SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (D.A.L. 112/2007 -  $T_R= 475$  ANNI, SMORZAMENTO= 5%) RAFFRONTATO A QUELLO DI CATEGORIA A (DA NTC 2008), PER IL COMUNE DI NEVIANO DEGLI ARDUINI**

### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1. Geologia

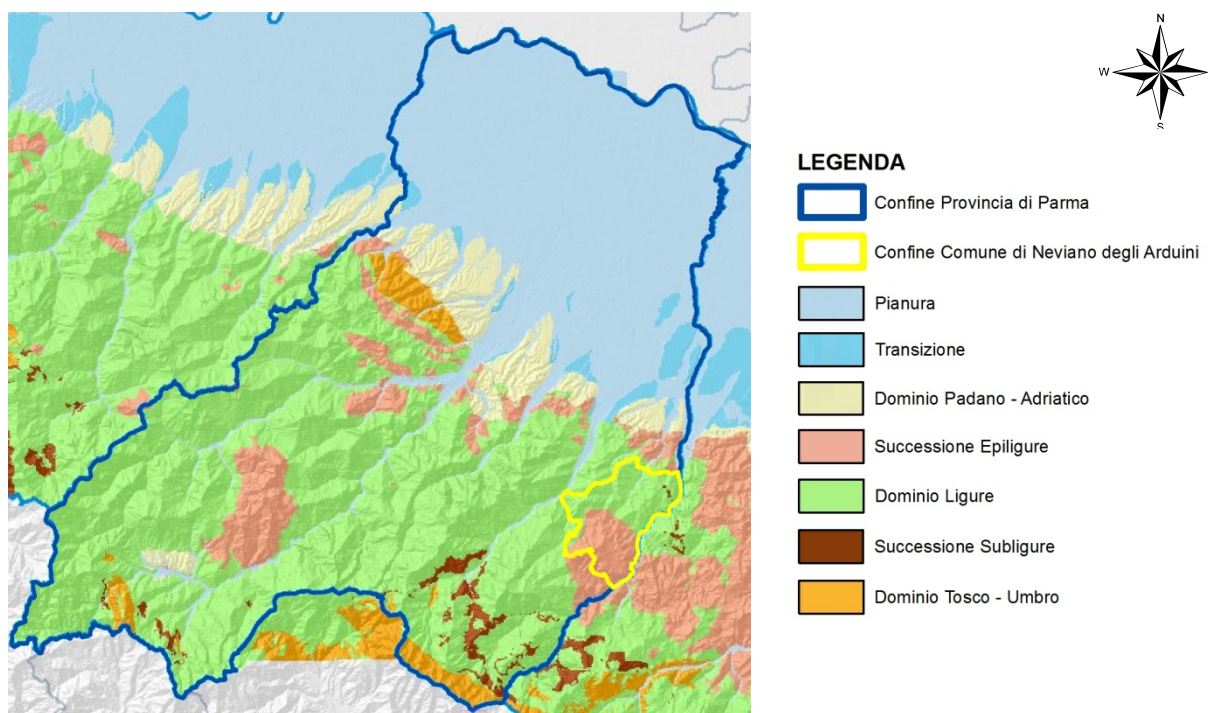
L'assetto geo-strutturale dei luoghi è da mettere in relazione con l'impilamento di unità tettoniche secondo lo schema a falde di ricoprimento, vergenti in direzione nord-est, ipotizzato già nel 1960 da P. Elter, per effetto del sovrascorrimento delle unità di origine marina più antiche (*unità Liguri*) attraverso l'interposizione delle unità *Subliguri*, sulle più recenti *unità Toscane*, che si trovano nella posizione tettonicamente più bassa.

L'evoluzione geologica viene completata dalla deposizione, in discordanza con le sottostanti unità, della *Successione Epiligure*, caratterizzata da *facies* transizionali, che si sedimentavano man mano che il fronte dell'accavallamento avanzava sulle sovrascorse *unità Liguri*.

Il successivo innalzamento del crinale appenninico, avvenuto nel quaternario, ha determinato una rapida erosione delle unità *Liguri* ed *Epiliguri* e la venuta a giorno delle *Unità Toscane* nella zona della dorsale appenninica.

La maggior parte di questo settore di Appennino mostra l'affioramento delle unità *Liguri* ed *Epiliguri*. Queste ultime, poggiano attraverso un contatto discordante sulle sottostanti *Unità Liguri*, essendosi depositate durante l'avanzamento del prisma orogenico appenninico.

Nello specifico, in **Fig. 8** è stato raffigurato il confine comunale di Neviano degli Arduini, in sovrapposizione allo schema geologico semplificato della Provincia di Parma, che suddivide il territorio in domini e successioni contraddistinti da differente età e storia evolutiva.



**FIG. 8 – SCHEMA GEOLOGICO DELLA PROVINCIA DI PARMA CON INDICAZIONE DEL COMUNE DI NEVIANO DEGLI ARDUINI**

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

A una scala di maggior dettaglio (Cfr. **Fig. 9**) si può osservare come prevalgano, nel settore sud-ovest del territorio comunale, in corrispondenza del rilievo denominato Monte Fuso, le formazioni rocciose appartenenti alla *Successione Epiligure* mentre, in direzione settentrionale, affiorano unità più antiche di origine ligure.

Tra quest'ultime, occorre evidenziare le *Marne Rosate di Tizzano* che ricoprono, seguendo un contatto di origine tettonica la formazione delle *Argille varicolori della Val Samoggia*, in prossimità della porzione mediana del versante di studio che, dai rilievi del Monte Castello e del Monte Sommariva, degrada in direzione sud sud-est, sino all'alveo del Torrente Termina di Castione.

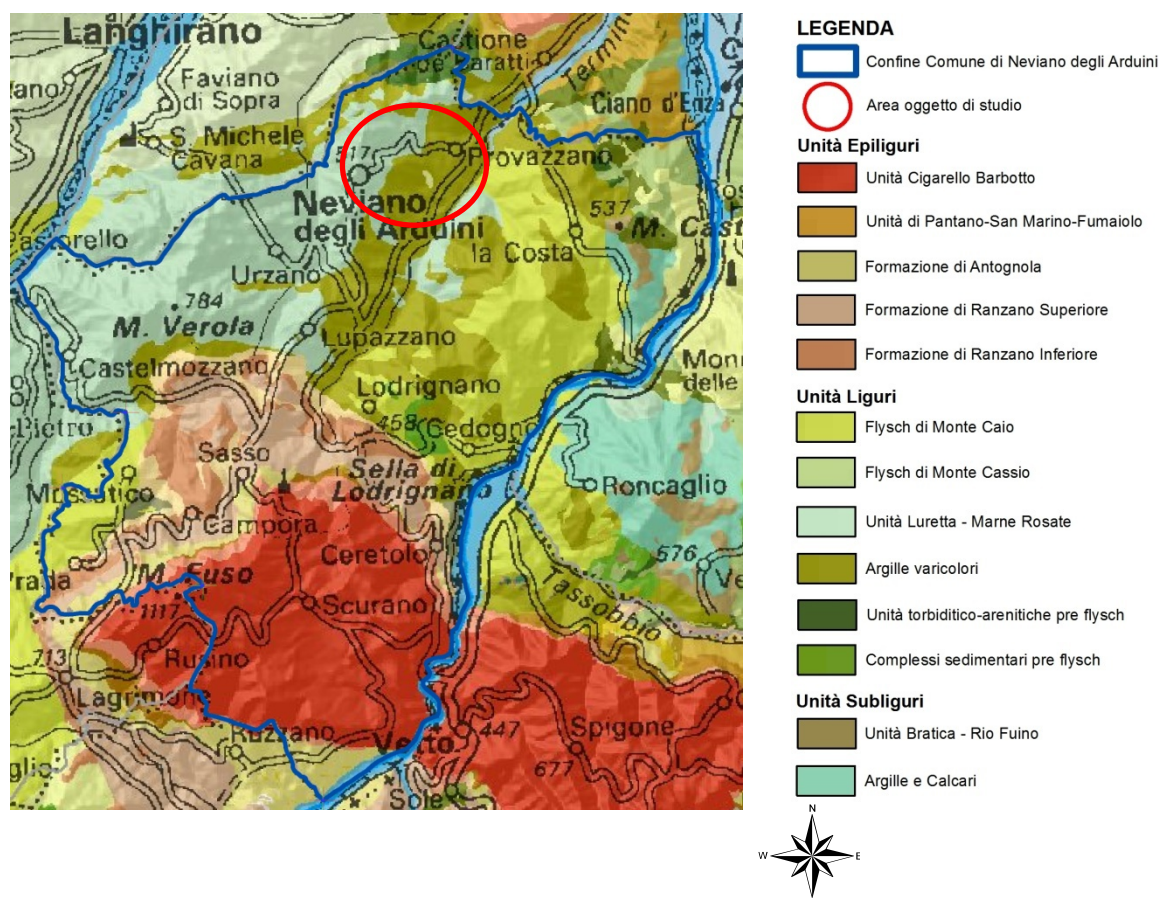


FIG. 9 – PRINCIPALI FORMAZIONI ROCCIOSE AFFIORANTI NELL'AREALE DEL COMUNE DI NEVIANO DEGLI ARDUINI

Nel presente lavoro, per la descrizione delle formazioni geologiche e del dissesto rilevati nell'area, si è fatto riferimento al *Progetto CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)* (Cfr. **Fig. 10**).

Come già segnalato, la zona di crinale su cui ricade l'abitato di Neviano capoluogo, nonché la porzione superiore del versante che discende verso il Torrente Termina di Castione, è caratterizzata dall'affioramento di corpi rocciosi riconducibili alla formazione delle *Marne Rosate di Tizzano (MRO)* e, per gran parte, alla sottounità del *Membro di Bersatico (MRO1)*.

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

Trattasi di calcari e calcari marnosi biancastri, talvolta rosati, in strati molto spessi; marne e marne argillose, rosso vinato in banchi alternati ad arenarie torbiditiche fini in strati medi e spessi; calcari marnosi dalla caratteristica alterazione zonata (pietra paesina) in strati medi, areniti calcilittiche e peliti grigio-nocciola in strati medi e sottili. Localmente si distinguono, una *litofacies* marnoso calcarea (**MRO1b**) e una calcareo-marnosa (**MRO1c**). Mostrano una potenza parziale di alcune decine di metri.

All'estremità meridionale del capoluogo, vengono alla luce terreni attribuibili alla sottounità del *Membro di Folgheto* (**MRO2**), costituito da peliti, grigio-scure con intercalazioni di arenarie, poco cementate, in strati medi e sottili e localmente di calcari marnosi bianco rosati in strati medi e spessi.

Nella parte medio-bassa del versante, interessata dai centri abitati di Provazzano, Case Pacchiani, Case Mazza e Cà Pietranera, si rinvencono affioramenti delle *Argille varicolori della Val Samoggia* (**AVS**) e della *litofacies* calcarea (**AVSc**), separati dalle sovrastanti *Marne Rosate di Tizzano* attraverso un contatto di probabile natura tettonica.

Le *Argille varicolori della Val Samoggia* (**AVS**) sono formate da argilliti, talora siltose, grigio-scure e nere con bande di argilliti rosse e verde scuro, con sottili intercalazioni di arenarie e siltiti brune, talora alterate o spalmate di ossidi di manganese, e marne verdi e grigie in blocchi. Frequente la presenza di blocchi di calcilutiti grigio-chiare silicee o biancastre in strati da sottili a spessi; sono inoltre presenti strati medi di marne biancastre.

La *litofacies* più calcarea (**AVSc**) è invece caratterizzata da argilliti, talora siltose, di colore grigio-scuro e nero, con bande rosse e verde-scuro, con intercalati sottili strati di arenarie e siltiti brune, talora alterate o spalmate di ossidi di manganese. Sono presenti blocchi di marne verdi e grigie e lembi di calcilutiti grigio-chiare silicee o biancastre, in strati da sottili a spessi. Sporadici strati medi di marne biancastre. Intensa deformazione con trasposizione della stratificazione e "*layering tettonico*" alla scala metrica.

Si evidenziano infine, alcuni lembi rocciosi, calcareo-marnosi, di chiara origine *flyschoide*, attribuibili alla formazione del *Flysch di Monte Cassio*, localizzati in direzione sud-occidentale dall'abitato di Provazzano.

Tutti le unità geologiche sopramenzionate sono pervase da numerose famiglie di strutture deformative, prevalentemente di taglio, a piccola e grande scala, che conferiscono agli ammassi rocciosi, peraltro già contraddistinti da modeste proprietà geomeccaniche, un aspetto frammentato; inoltre, la frequenza e l'ampiezza delle fratture, favoriscono l'infiltrazione di acqua nel sottosuolo che, al contatto con gli strati più argillosi, può andare in sovrappressione e determinare distacchi di materiale e la conseguente discesa verso valle.



## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

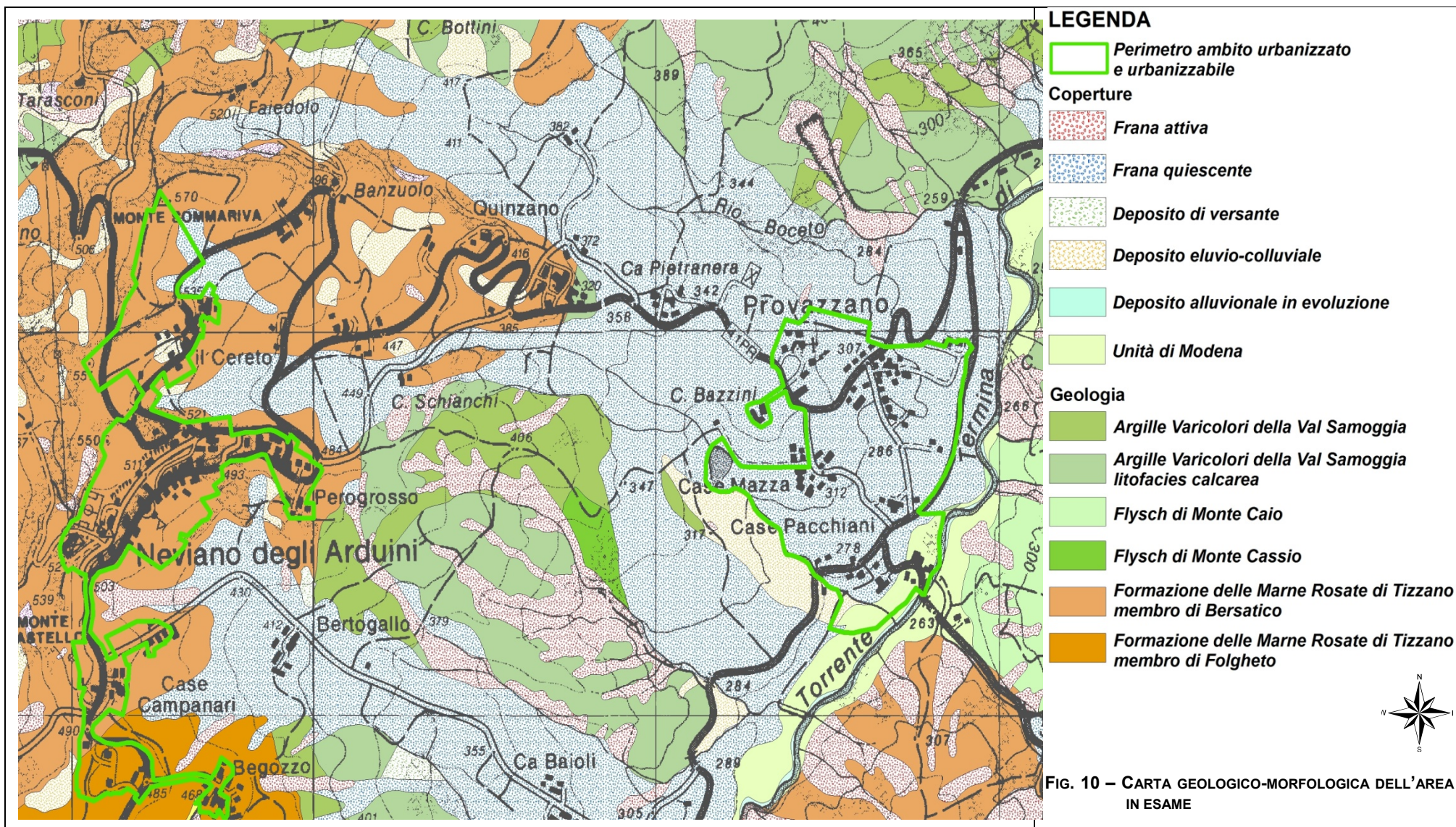


FIG. 10 – CARTA GEOLOGICO-MORFOLOGICA DELL'AREA IN ESAME

Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi

Viale Rustici, 6 – 43123 Parma (PR); Tel/Fax: 0521/255570

e-mail: massimiliano.trauzzi@libero.it

### **3.2. Geomorfologia**

---

L'assetto morfologico dell'intorno in esame risulta estremamente diversificato, dato che l'ambito urbanizzato coincidente con il Neviano Capoluogo, ricade su di un'area crinalica mentre, l'abitato di Provazzano è concentrato nella porzione medio-bassa del versante, al di sopra di una coltre detritica.

Nel primo caso, il paesaggio mostra una certa stabilità nei confronti dei movimenti gravitativi; al contrario, gli affioramenti rocciosi si incontrano con una certa facilità.

Solo nelle aree più marginali, si possono osservare diffuse rotture del terreno, riconducibili alle nicchie di distacco di quei corpi franosi che si sviluppano sino a raggiungere il T. Termina di Castione. Tra di essi, si evidenziano le zone di alimentazione della frana di Provazzano, un grande ammasso detritico, contraddistinto da un generale stato di quiescenza, interrotto localmente da parziali riattivazioni, dovute per lo più a una cattiva regimazione delle acque.

Il corpo di frana principale si origina dalla coalescenza di due movimenti che si sviluppano a partire, rispettivamente, dalla base della Costa di Neviano e dalle pendici del Monte Sommariva. Esse convergono verso la località Quinzano fino a congiungersi, dando luogo ad un unico corpo di frana molto articolato che termina in un'ampia zona di accumulo appoggiata sul fondovalle del T. Termina. Tale ventaglio risulta inoltre caratterizzato, nella porzione meridionale, da un esteso ramo che, divergendo dal corpo principale in direzione sud orientale, si separa da esso.

In generale, da un punto di vista geomorfologico, non si rilevano, in alcun modo, segnali comprovanti una eventuale riattivazione del fenomeno gravitativo a livello complessivo.

Si ritiene pertanto che, sulla base delle caratteristiche morfologiche riscontrate sul terreno, la frana di Provazzano, possa essere considerata come una "frana relitta", ovvero come una frana inattiva che si è sviluppata in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente differenti da quelle attuali.

Limitate riattivazioni possono avvenire su alcune aree posizionate in corrispondenza delle rotture principali e in prossimità del fronte di accumulo prossimo al T. Termina, in ragione dell'elevata acclività del versante e di un cattivo drenaggio delle acque.

Anche se appare assai difficoltoso certificare che la riattivazione del movimento gravitativo, possa essere definita assolutamente escludibile, emergono molti elementi che permettono di considerare remota tale possibilità.

Risulta infatti bassa la probabilità che un nuovo fenomeno si sviluppi a partire dalla nicchia, dal momento che la stessa ormai coincide con la sommità del versante e per cui, oltre all'assenza di una sufficiente copertura detritica, mancano i presupposti energetici del rilievo.



## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

A sostegno della stabilità si evidenzia inoltre come, il corpo di frana, nella porzione a valle della nicchia, mostra pendenze decisamente modeste che male si prestano a consentire il trasferimento degli sforzi necessari per attivare superfici di rottura e consentire il loro spostamento.

Anche l'omogenea distribuzione del drenaggio interno al corpo di frana, indica che il tempo intercorso dall'ultima riattivazione è stato sufficiente a permettere l'impostazione e lo sviluppo di un reticolo idrografico organizzato.

Entrando nello specifico dell'analisi geomorfologica del dissesto occorre, in primo luogo, individuare e descrivere le nicchie di distacco, che si ergono a principale testimone delle trasformazioni di versante.

La zona di nicchia più settentrionale si sviluppa a partire dalla porzione di crinale occupata dal Monte Sommariva. Essa appare decisamente asimmetrica, dato che il fianco meridionale, risulta limitato da pareti fortemente acclivi, sulle quali si concentra del crollo di materiale che ha messo in pericolo alcune abitazioni in località Il Drasio. Diversamente, il fianco meridionale mostra pendenze meno accentuate e, conseguentemente, un minor sviluppo di fenomeni di rottura di tipo regressivo.

Tali diversificazioni morfologiche possono essere ricondotte alle caratteristiche stratigrafiche della formazione interessata (unità delle *Marne Rosate di Tizzano*), che affiora estesamente sul fianco meridionale della nicchia di distacco, poiché esse sono compatibili con lo sviluppo di uno scivolamento planare della compagine rocciosa stratificata. Tale circostanza, è legata alla particolare giacitura delle bancate calcaree e marnose che possono essere scivolte le une sulle altre a causa della presenza di interstrati di materiali fini alterati.

L'altra fonte di alimentazione del corpo di frana quiescente di Provazzano trae origine in prossimità della linea di crinale, tra le località della Costa di Neviano, verso sud, e il Cereto in direzione settentrionale mostrando, nel primo tratto, larghezze del fronte di circa 30 metri, che tendono poi ad aumentare anche in ragione della confluenza di corpi secondari laterali.

Anche in questo caso, si denota una certa asimmetria tra i due lati della nicchia di distacco, anche se la differenza appare certamente meno evidente.

Verso valle, all'altezza dell'abitato di Cà Schianchi, viene alla luce una dorsale morfologica, costituita probabilmente da roccia in posto e conservata per effetto di un aggiramento esercitato dal movimento gravitativo.

Sorpassato la località Quinzano, si osserva il congiungimento in un'ampia area di scorrimento, del ramo settentrionale proveniente dal Monte Sommariva, contraddistinto da più grandi dimensioni, con il corrispettivo meridionale, della zona Costa di Neviano – Cereto.

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

Allo stesso modo, anche l'area di accumulo dei detriti di frana, che contraddistingue la porzione medio-bassa del versante fino a raggiungere il fondovalle alluvionale del T.Termina, risulta decisamente ampia, in virtù dell'articolato sistema di nicchie "elementari" individuate in corrispondenza della testata dei bacini.

Da un punto di vista morfologico, la zona di accumulo mostra una conformazione convessa e appare restringere, in corrispondenza della sua porzione più centrale, il fondovalle del corso del Termina. Esso infatti, scorre stretto tra le pendici collinari in assenza di una vera e propria piana alluvionale, per un tratto di lunghezza pari a 250 metri circa che, al contrario, caratterizza sia il tratto a monte che quello a valle.

All'interno dell'area di accumulo, nella porzione più frontale dove aumentano le pendenze, si riconoscono alcuni fenomeni di dissesto attivo, di limitatissime dimensioni, innescatisi in seguito ad un cattivo sistema di drenaggio delle acque.

Per il resto, gli elementi rilevati non hanno permesso di individuare ulteriori forme del paesaggio all'interno del perimetro complessivo dell'area di scorrimento e di accumulo, soprattutto a causa delle intense trasformazioni conseguenti allo sviluppo delle pratiche agricole.

Sempre a riguardo della definizione delle zone di scorrimento e di accumulo, non trovando infatti una adeguata giustificazione morfologica alla possibilità che si fosse sviluppato un ramo di frana divergente nella porzione più meridionale del dissesto, si è optato per classificare tale area come caratterizzata da una copertura detritica soggetta a "creep".

Tale interpretazione meglio rappresenta la locale morfologia del versante che pur manifestando la conformazione convessa tipica delle colate non trova un'adeguata area di alimentazione a monte. Anche la litostratigrafia, dominata dai depositi argillitici, ben si presta a tale interpretazione, risultando evidente in altre numerose e ampie porzioni dell'area di studio.

A supporto dei rilievi morfologici di campagna, intervengono i dati puntuali desunti dalle prove geotecniche in sito (trattati nel dettaglio nel seguito della relazione) implementati ed estesi linearmente sulla base dell'esecuzione di tecnologie di analisi sismica.

Nel dettaglio, i risultati delle sezioni sismiche, hanno evidenziato scarsi spessori di materiale detritico in prossimità dell'abitato di Provazzano, il quale ricade su di una dorsale che si eleva di alcuni metri sulle aree circostanti.

Si può ritenere pertanto che tale alto morfologico "possa" costituire lo "spartiacque" che in passato è riuscito a tenere separati i due corpi di frana.



#### **4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI**

---

Per la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo delle aree oggetto d'approfondimento, si è consultato inizialmente l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, relativamente agli studi geologici di recente realizzazione (post 2011), supportati da indagini geognostiche e redatti a corredo di progetti edilizi.

Inoltre, sono state estratte le indagini "ex novo", realizzate nel corso degli studi di Microzonazione Sismica di I° e II° livello (*Geostudi*, 2012), consistenti unicamente in prove sismiche a stazione singola HVSR, a cui vanno aggiunte prove in sito raccolte presso gli enti pubblici preposti, precedenti all'anno 2012.

A integrazione delle ricerche di tipo bibliografico, sono state eseguite a corredo del presente studio, ulteriori prove in sito e laboratorio, in modo tale da implementare le conoscenze sulla sismo-stratigrafia del sottosuolo, cercando di chiarire tutte quelle incertezze emerse negli studi precedenti.

Di seguito vengono elencate tutte le prove impiegate, raffigurate in **Fig. 11** e negli elaborati allegati **1.a** e **1.b**, suddivise per località, tipologia e per fonte bibliografica o campagna geognostica d'appartenenza.

- **Archivio Ufficio Tecnico Comunale**

- **Neviano degli Arduini:** n° 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti rispettivamente, sino a -10,00 (con n° 1 SPT in foro) e -15,00 m da p.c. (con n° 2 SPT in foro);
- **Provazzano:** n° 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di -15,00 metri da p.c. (per ciascun sondaggio: n° 3 SPT in foro, prelievo di n° 2 campioni indisturbati, n° 1 prova di permeabilità, installazione di n° 1 piezometro), n° 6 saggi con escavatore meccanico.

- **Data-Base studio di Microzonazione sismica di I° e II° Livello**

- **Neviano degli Arduini:** n° 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto sino alla profondità di -7,00 metri da p.c. (con n° 1 prova SPT in foro), n° 2 prove penetrometriche statiche (CPT), n° 9 prove penetrometriche dinamiche (SCPT), n° 9 saggi con escavatore meccanico, n° 7 prove sismiche passive (HVSR);
- **Provazzano:** n° 4 sondaggi a carotaggio continuo spinti rispettivamente, sino a -7,20, -20,00, -25,00, -45,00 m da p.c. (per un totale di n° 7 SPT in foro e n° 3 piezometri), n° 2 prove penetrometriche statiche (CPT), n° 6 saggi con escavatore meccanico e n° 10 prove sismiche passive (HVSR).

- **Indagini di nuova realizzazione a corredo del presente studio**
  - **Provazzano:** n° 2 sondaggi a carotaggio continuo, di cui uno spinto alla profondità di -16,20 m da p.c. (con estrazione di n° 1 campione indisturbato ed esecuzione di prove di laboratorio in campo statico e dinamico), uno sino a -15,00 m da p.c. (con realizzazione di n° 1 prova SPT in foro) e n° 8 prove sismiche passive (HVSR).

Si evidenzia che, i report grafici e le elaborazioni numeriche riferiti alle prove, di nuova realizzazione, sono riportati rispettivamente, nell'**Elaborato 4** (Sondaggi geognostici), **Elaborato 5** (Prove di laboratorio) ed **Elaborato 6** (Prove tromografiche).

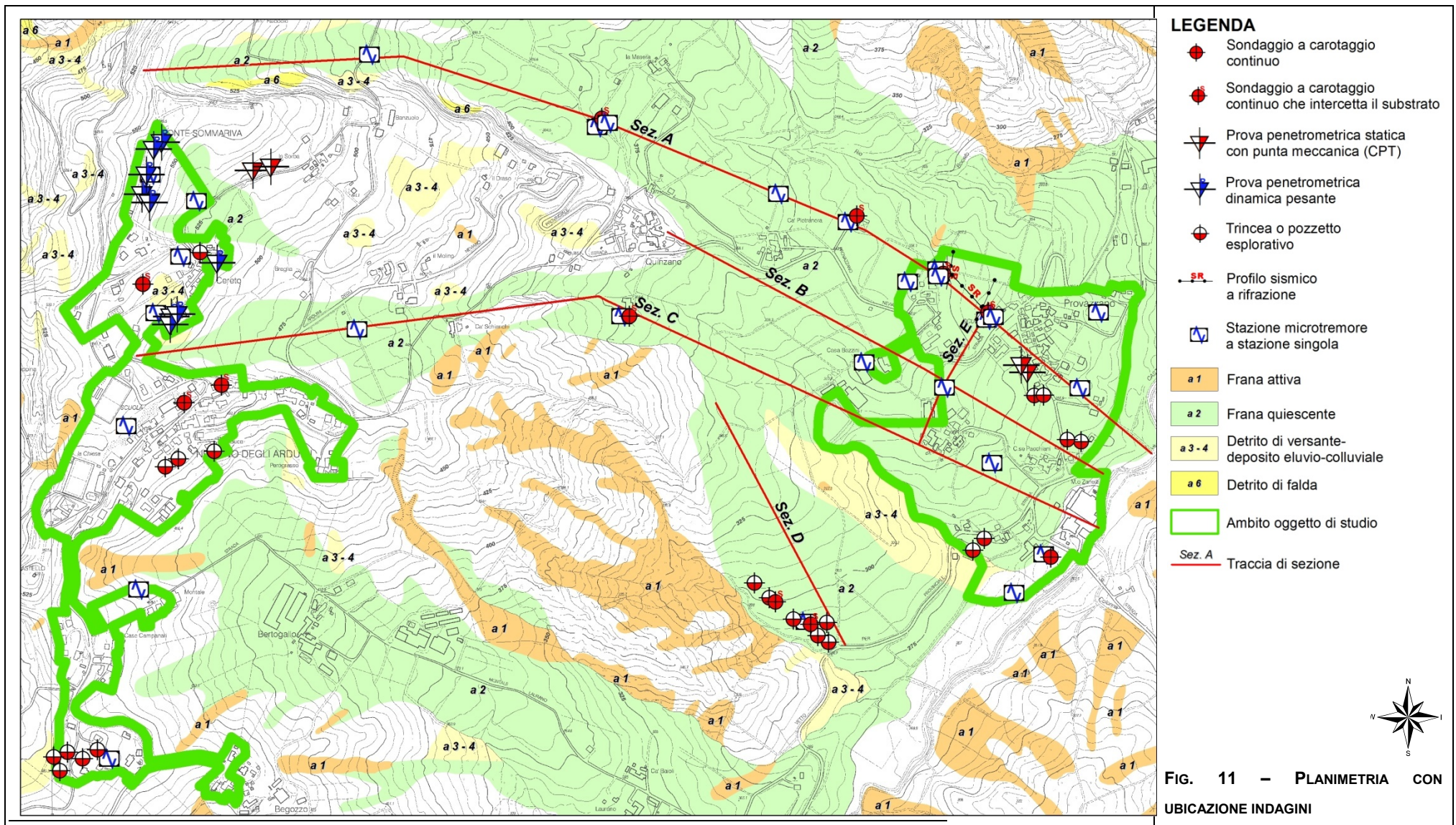
Tutte le prove, sono state opportunamente georeferenziate in Ambiente GIS, con riferimento al Sistema WGS84 – Fuso 33 N, quindi codificate e inserite nel *data-base* allegato, nel rispetto degli Standard per l'archiviazione informatica, definiti dall'*OPCM 4007/2012* e dal *Decreto del 16/03/2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile*.

Le successive fasi di analisi ed elaborazione, descritte nei capitoli successivi, hanno permesso di ricostruire il modello geologico dell'area di studio, con definizione dei mutui rapporti tra il substrato e la copertura.

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)



Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi

Viale Rustici, 6 – 43123 Parma (PR); Tel/Fax: 0521/255570

e-mail: massimiliano.trauzzi@libero.it

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

---

Per ricostruire in maniera semplice e chiara il modello stratigrafico del sottosuolo del pendio su cui ricade il centro abitato di Provazzano, oggetto delle verifiche di stabilità del versante, sono state tracciate delle sezioni geologiche, orientate come raffigurato in **Fig. 11**.

La scelta del numero e della localizzazione delle sezioni è stata adottata in modo tale da poter attraversare le aree urbanizzate d'interesse, cercando di seguire le direzioni di massima pendenza, avendo cura di intercettare il più possibile le prove geognostiche esistenti.

In **Fig. 12**, vengono riprodotte le 5 sezioni geologiche realizzate, di cui 4 disposte lungo la linea di massima pendenza e 1 in direzione ortogonale, nell'intento di mettere in luce eventuali modificazioni degli spessori lungo quella direzione.

Gran parte del substrato geologico dell'area, che appare quasi interamente ricoperto da depositi detritici, viene ricompreso all'interno delle *Argille varicolori della Val Samoggia – litofacies calcarea* mentre, solamente le porzioni di territorio più a monte appartengono all'unità delle *Marne rosate di Tizzano – Membro di Bersatico* e alla formazione propriamente detta delle *Argille varicolori della Val Samoggia*.

Le indagini eseguite hanno permesso di individuare al di sopra del substrato roccioso una spessa coltre di depositi detritici di frana quiescente. Non avendo a disposizione misure inclinometriche che comprovino il movimento di materiale in tempi recenti, peraltro già escluso nel corso dei rilevamenti geomorfologici effettuati, per la determinazione della profondità del presunto paleo-piano di scivolamento principale, ci si è avvalsi della ricostruzione del profilo litostratigrafico avvenuta nel corso dell'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo, supportata dalle prove di laboratorio, dai profili sismici a rifrazione e dalle stazioni singole di microtremori.

Ne deriva che la superficie di scivolamento, pur mantenendosi su profondità medie di 10÷15 m da p.c., può raggiungere punte massime di circa -20 m da p.c., specialmente lungo la porzione medio-bassa del versante.

Allo scopo di caratterizzare da un punto di vista geotecnico e sismo-stratigrafico la coltre detritica che costituisce la grande frana quiescente di Provazzano, contraddistinta peraltro da significative eterogeneità litostratigrafiche, è stato adottato un modello che prevede la suddivisione dei terreni in orizzonti a differente proprietà geomeccaniche, litologiche e sismiche, sulla base dei risultati forniti dalle indagini in sito e in laboratorio.

Nello specifico, si individua un terreno di tipo **A**, formato da una componente litoide, grossolana, calcareo-marnosa e in subordine arenacea, di colore rosa, che risulta prevalente sulla matrice argilloso-limosa. Esso è stato intercettato dai sondaggi eseguiti a monte della Chiesa di Provazzano ed è presumibilmente stato prodotto dal disfacimento e successiva discesa verso valle di materiale staccatosi dalle pareti del Monte



## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

Sommariva, costituite dalla formazione delle *Marne rosate di Tizzano (membro di Bersatico)*. Lo spessore dell'orizzonte detritico di tipo **A**, può raggiungere i 20 metri, anche se i valori medi si mantengono sui 15 metri.

Scendendo in direzione dell'abitato di Provazzano, a partire dal sondaggio P4SS4, si denotano variazioni sostanziali nell'assetto litostratigrafico dei terreni presenti nel sottosuolo: la struttura dei campioni estratti mostra la prevalenza della matrice fine, limoso-argillosa, di colore grigio-nocciola, che ingloba elementi eterometrici disposti in maniera irregolare. Queste particolarità sono caratteristiche della formazione delle *Argille della Val Samoggia*, che rappresenterebbe pertanto il substrato d'origine da cui il materiale detritico si è distaccato.

La consistenza dei terreni argillosi tende ad aumentare con la profondità; in particolare, alla profondità media di circa -3,00÷-4,00 m da p.c., si osservano evidenti miglioramenti delle proprietà geomeccaniche dei materiali, tant'è che è stata introdotta un'ulteriore suddivisione nella copertura detritica, in terreni di tipo **B**, più superficiali, e di tipo **C** sottostanti.

Complessivamente, le coperture raggiungono profondità medie di circa -10,00 m da p.c., con locali aumenti a valori di -17,00÷-18,00 m da p.c., specialmente lungo la porzione medio-bassa del versante.

Limitatamente all'estremità sud-orientale dell'ambito, si rilevano depositi terrazzati del T. Termina di Castione, costituiti da ghiaie in matrice limoso-sabbiosa (Terreni di tipo **D**).

Riguardo la falda freatica, sono stati rilevati i livelli idrici all'interno dei fori di sondaggio posti in linea sulla sezione A, in data 27/05/2013, corrispondente ad un periodo di alto piezometrico successivo ad ingenti precipitazioni.

In generale, si denota una diminuzione della soggiacenza da monte verso valle che passa, da -8,10 m in prossimità dell'abitato della Masera, a -4,00 m da p.c. a fianco della Chiesa di Provazzano, sino ad arrivare a valori prossimi al piano campagna (-0,80 m), in adiacenza alla vecchia scuola.

Allo stesso modo, presso i piezometri installati all'interno del ramo di frana divergente nella porzione più meridionale del dissesto sono stati misurati valori di soggiacenza, estremamente variabili pari rispettivamente, a -3,10 m da p.c. e -6,60 m da p.c., da monte verso valle.

Le significative eterogeneità litostratigrafiche riscontrate durante le indagini, configurano un assetto idrogeologico costituito da un ammasso detritico di frammenti e blocchi di roccia, immersi in una matrice fine argillosa e limosa. Pertanto, laddove si ha un aumento della percentuale degli elementi grossolani, più permeabili, viene favorito l'instaurarsi di una rete di deflusso idrico sotterraneo. Al contrario, la presenza di abbondante matrice fine, tende a ostacolare la circolazione idrica sotterranea.

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

L'area di crinale su cui ricade l'abitato di Neviano degli Arduini, mostra un assetto geologico differente, soprattutto per quel che riguarda lo spessore e la consistenza dei terreni di copertura.

Innanzitutto, il substrato appartiene alla formazione delle *Marne rosate di Tizzano – Membro di Bersatico* e, solo al margine più meridionale, al *Membro di Folgheto*.

Inoltre, al di sopra dei corpi rocciosi si trova, una coltre di spessore variabile da 0 a 9 metri riconducibile a coperture detritiche (terreni di tipo **E**), prodotte per alterazione in sito, sovrapposti a un substrato fratturato e alterato (terreni di tipo **F**), che si può sviluppare in profondità per diversi metri.

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

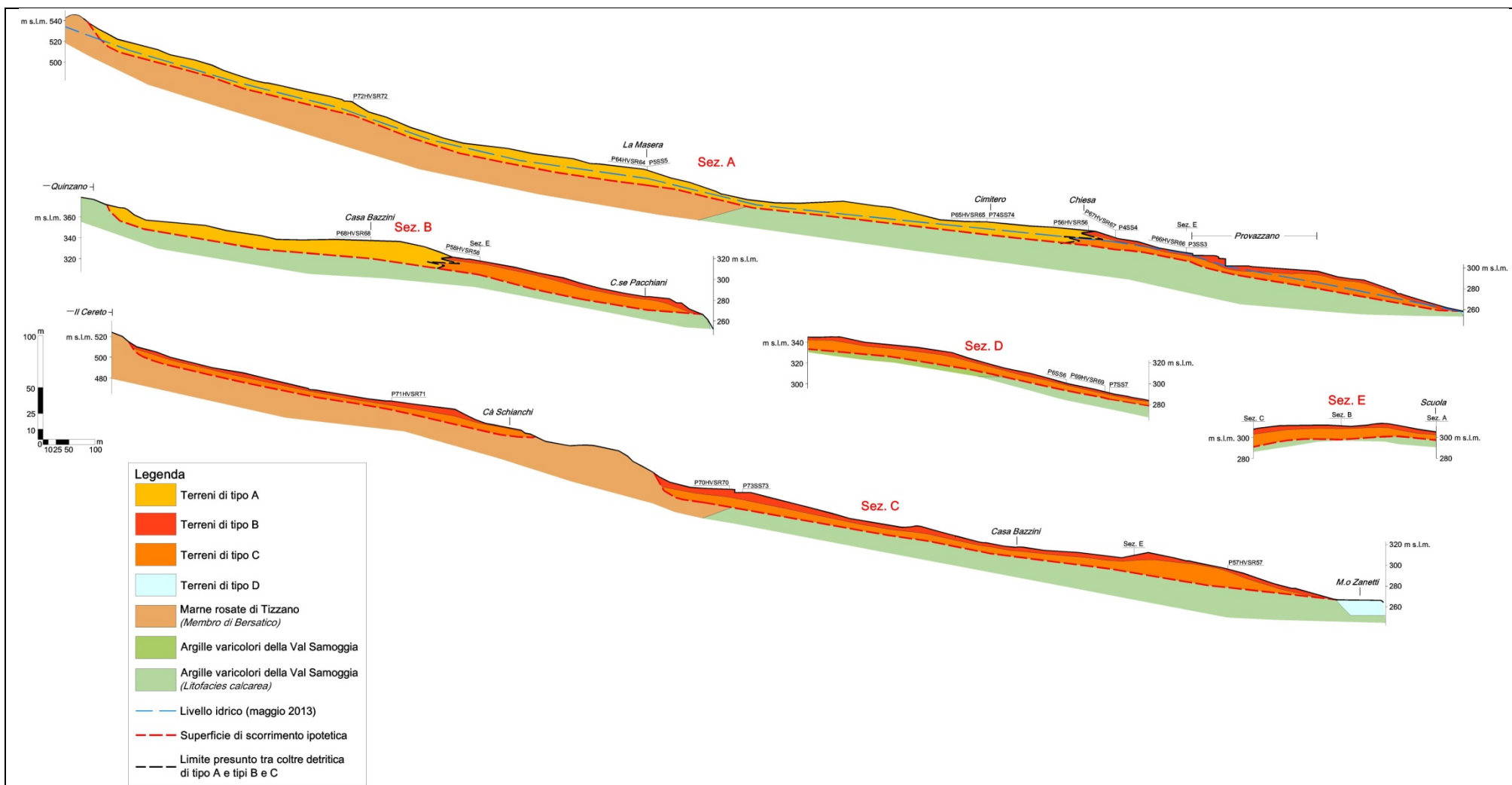


FIG. 12 – SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE

Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi

Viale Rustici, 6 – 43123 Parma (PR); Tel/Fax: 0521/255570

e-mail: massimiliano.trauzzi@libero.it

Pagina 26 di 83

## **5.1. Proprietà geotecniche dei terreni**

---

Come già espresso nel paragrafo precedente, il detrito che ricopre il versante di Provazzano ha mostrato caratteristiche disomogenee, sia in ragione dell'estensione dell'area, sia per effetto delle molteplici formazioni rocciose che affiorano nell'area e costituiscono la fonte di alimentazione dei fenomeni gravitativi.

Dalle considerazioni litostratigrafiche condotte sui campioni di terreno analizzati, sono emersi aspetti geolitologici differenti da zona a zona. Per quanto concerne il ramo più settentrionale della frana di Provazzano, a partire pressappoco dalla Chiesa, il detrito mostra un colore tendente al rosaceo e una consistenza medio-alta (terreni di tipo **A**), in conseguenza della prevalente componente litica, che non ha peraltro consentito il prelievo di campioni indisturbati. Nelle altre aree, in cui il substrato è costituito, o viene alimentato, dalle Argille della Val Samoggia, il materiale appare di colore grigiastro, con una matrice fine predominante sugli elementi litoidi, che non costituiscono la struttura portante dell'ammasso, tanto da conferirgli un comportamento coesivo (terreni di tipo **B** e **C**).

Sempre nell'ambito di Provazzano, in prossimità del limite sud-orientale, sono stati individuati depositi ghiaioso-sabbiosi che costituiscono il terrazzo in sinistra idraulica del T. Termina di Castione (terreni di tipo **D**).

Nell'area di crinale su cui sorge Neviano capoluogo, si rileva un detrito superficiale ghiaioso-argilloso (terreni di tipo **E**), seguito da un orizzonte formato da corpi rocciosi fortemente alterati e fratturati, in matrice argilloso-limosa (terreni di tipo **F**), poggianti sul substrato.

### **5.1.1. Classificazione**

Quale prima caratterizzazione dei materiali coesivi oggetto di studio (terreni di tipo **B** e **C**), si è operato nella determinazione dei *Limiti di Atterberg* ( $w_l$ ,  $w_p$  e parametri collegati  $I_p$ ) e del contenuto naturale d'acqua  $w$ .

Nella **Fig. 13** sono riportati i risultati dei *Limiti di Atterberg* dei campioni analizzati. Essi si dispongono più o meno parallelamente alla retta A, al confine tra argille organiche e limi di alta plasticità e argille inorganiche di media e alta plasticità, a dimostrazione di un terreno relativamente eterogeneo caratterizzato da modeste proprietà geomeccaniche.



## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

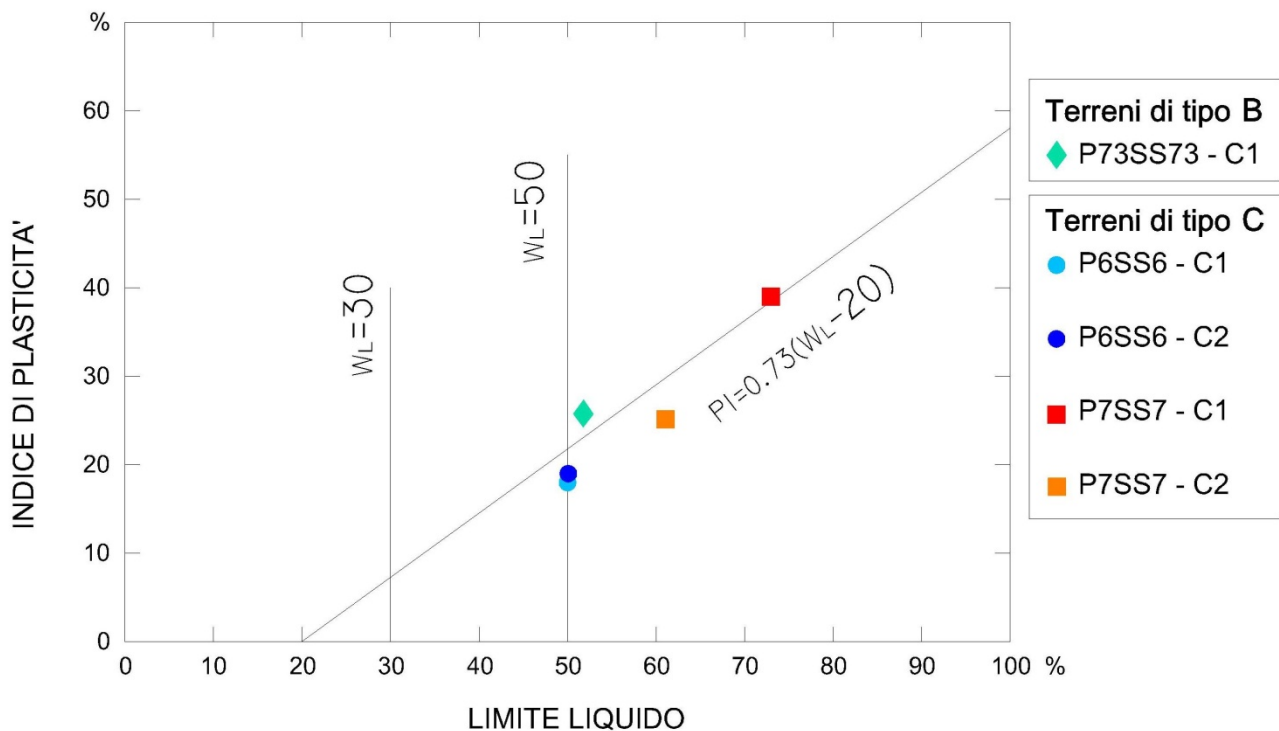


FIG. 13 – CARTA DI PLASTICITÀ DI CASAGRANDE

Sempre con riferimento ai *Limiti di Atterberg* e alle percentuali di materiale passante ai vari setacci (in particolare al n° 10, 40 e 200), si può ottenere la classificazione *AASHTO* (CNR UNI 10006), che suddivide i terreni in 12 categorie, in cui la migliore è costituita da frammenti di roccia, ghiaia e sabbia, e la peggiore da elementi argillosi. Riassumendo, i campioni analizzati hanno evidenziato peculiarità caratteristiche della classe A 7-5; tale sottogruppo comprende le argille fortemente compressibili mediamente plastiche.

### 5.1.2. Parametri di resistenza al taglio

La definizione della resistenza al taglio, in condizioni di picco e residuo, necessarie per caratterizzare il comportamento geomeccanico degli ammassi detritici, sono state ricavate secondo differenti procedure, dirette e indirette, sulla base delle risultanze delle prove in sito e di laboratorio eseguite.

Nel caso della determinazione dei parametri drenati in seguito all'esecuzione di prove di laboratorio (nel corso delle indagini svolte a corredo del presente studio – Sondaggio **P73SS73**) quali, prove di taglio diretto per il calcolo della resistenza di picco e prove di taglio anulare limitatamente ai parametri residui si sono ricavati, per i terreni di tipo **B**, valori di angolo d'attrito interno di picco e residuo rispettivamente, pari a  $18,79^\circ$  ( $\phi'_P$ ) e  $10,5^\circ$  ( $\phi'_R$ ), mentre la coesione efficace è compresa tra 31,41 kPa ( $c'_P$ ) e 0 kPa ( $c'_R$ ).

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

L'entità dei parametri di picco determinati attraverso prove di laboratorio appare decisamente inferiore a quelli desunti da correlazioni reperite in letteratura che riguardano principalmente il rapporti tra l'indice di plasticità  $I_p$  e l'angolo d'attrito di picco ( $\phi'_p$ ) (Cfr. **Fig. 14**).

Infatti, relativamente all'angolo di picco si ricavano valori decisamente più alti e con un *range* molto ampio, visto che variano da 26° a 32° con una media di 29° per i terreni di tipo **B**, mentre per i terreni di tipo **C** si sono registrati valori contenuti nell'intervallo 24,2°-33,7° e una media di 29,3°.

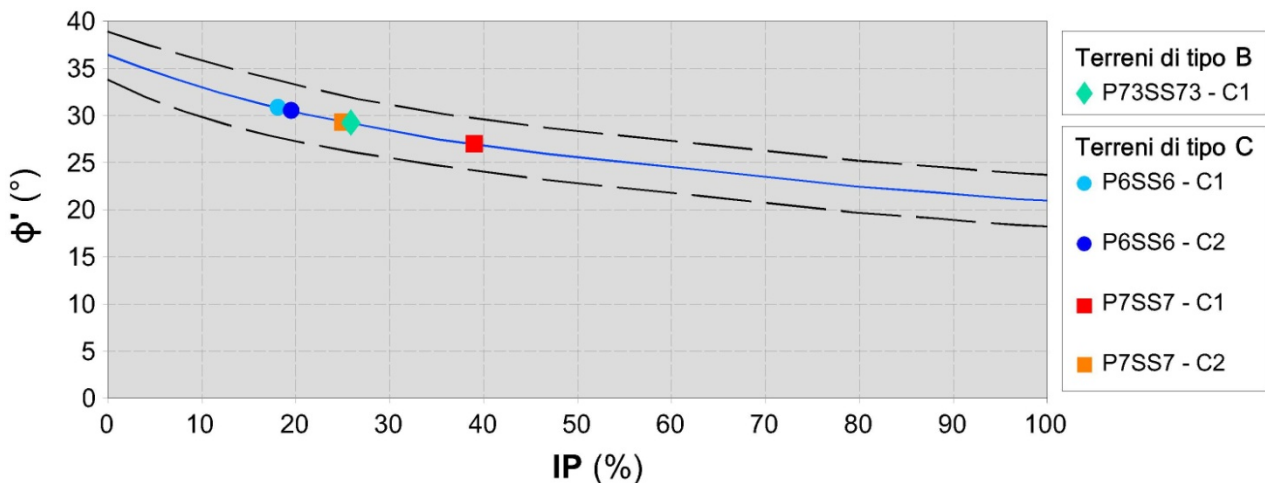


FIG. 14 – CORRELAZIONE TRA INDICE DI PLASTICITÀ (IP) E ANGOLO D'ATTRITO DI PICCO  $\phi'_p$  (JAMIOLKOWSKI ET AL. 1979)

Analogamente a quanto determinato per i parametri di picco, sono stati desunti i relativi residui ( $\phi'_R$ ), sempre facendo riferimento a correlazioni semiempiriche di bibliografia (Cfr. **Fig. 15**). Il campo di valori varia da 7,00° a 10,80° con una media di 8,44° per i terreni di tipo **C** diversamente, per i terreni di tipo **B** risultano minori e variabili da 6,80° a 8,00° con una media di 7,45°, valori che appaiono leggermente inferiori a quello determinato dalla prova di laboratorio.

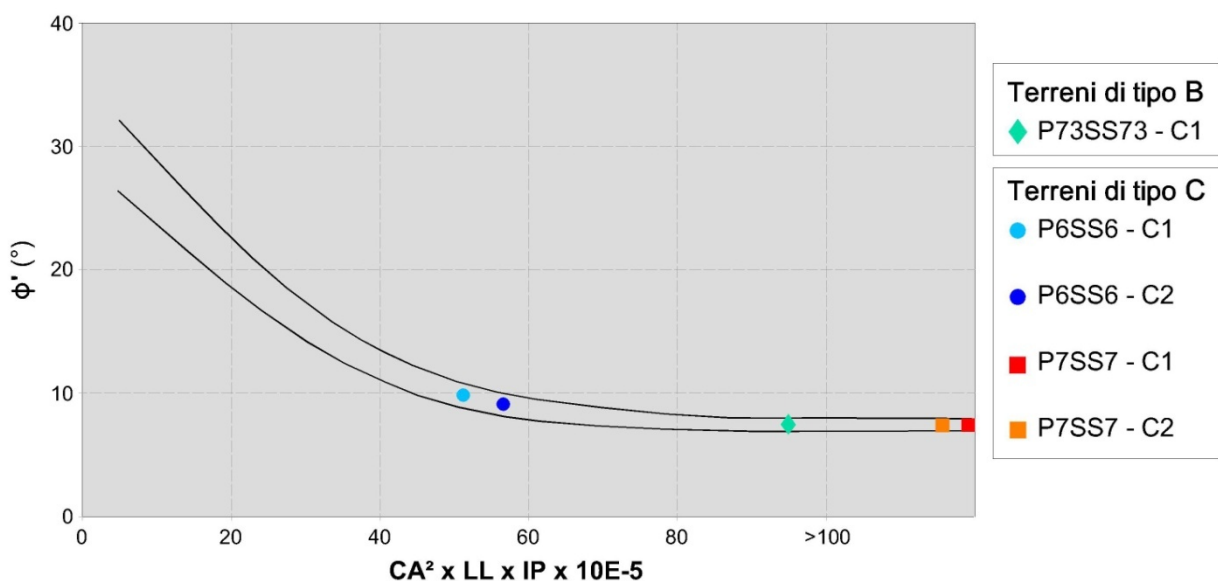


FIG. 15 – CORRELAZIONE TRA INDICI DI ATTERBERG E ANGOLO D'ATTRITO RESIDUO  $\phi'_R$  (COLLOTTA ET AL. 1989)

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

Dove:

**CA** = passante al vaglio N° 40 ASTM (0,42 mm)

**LL** = Limite Liquido

**IP** = Indice di Plasticità

Riguardo ai terreni di tipo **A**, per il calcolo dei valori di picco, si è tenuto conto delle prove SPT realizzate all'interno dei fori di sondaggio.

Esistono correlazioni tra numero di colpi di maglio  $N_{SPT}$ , profondità e angolo di attrito (*De Mello W. F. B.*, 1971 – Cfr. **Fig. 16**). In base a queste relazioni, i materiali caratteristici dell'areale di Provazzano, sottoposti a prove *SPT*, presenterebbero consistenza variabile tra le condizioni di moderata ed elevata compattezza con angolo di attrito di picco compreso tra 31 e 45°.

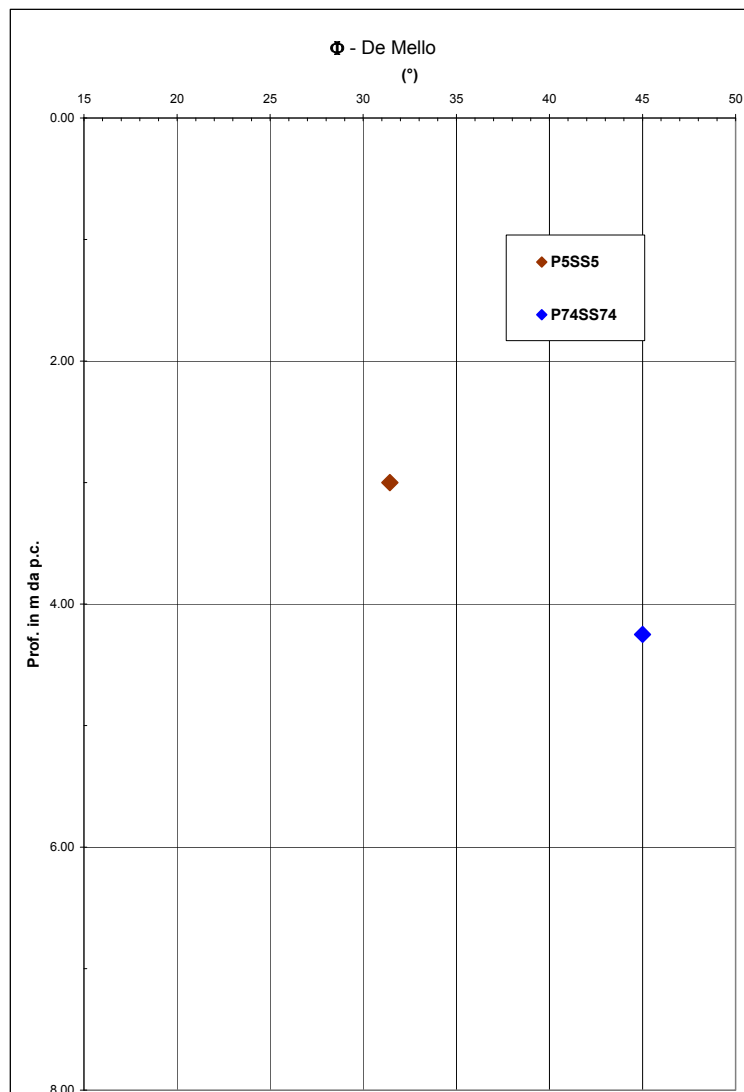


FIG. 16 – VALORI DELL'ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO DESUNTO DA PROVE SPT - PROVAZZANO (DE MELLO, 1971)

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

La cospicua variabilità della consistenza può attribuirsi all'eterogeneità del corpo di frana, gli elevati valori di angolo di attrito sono probabilmente riconducibili alla presenza di inclusioni litoidi che possono determinare resistenze elevate a livello puntuale.

Le medesime considerazioni sono state utilizzate per definire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni che contraddistinguono il sottosuolo di Neviano Capoluogo. All'interno dei sondaggi codificati come **P1SS1**, **P19SS19** e **P20SS20**, sono state effettuate n° 4 prove *SPT* che hanno fornito i risultati rappresentati nella figura seguente.

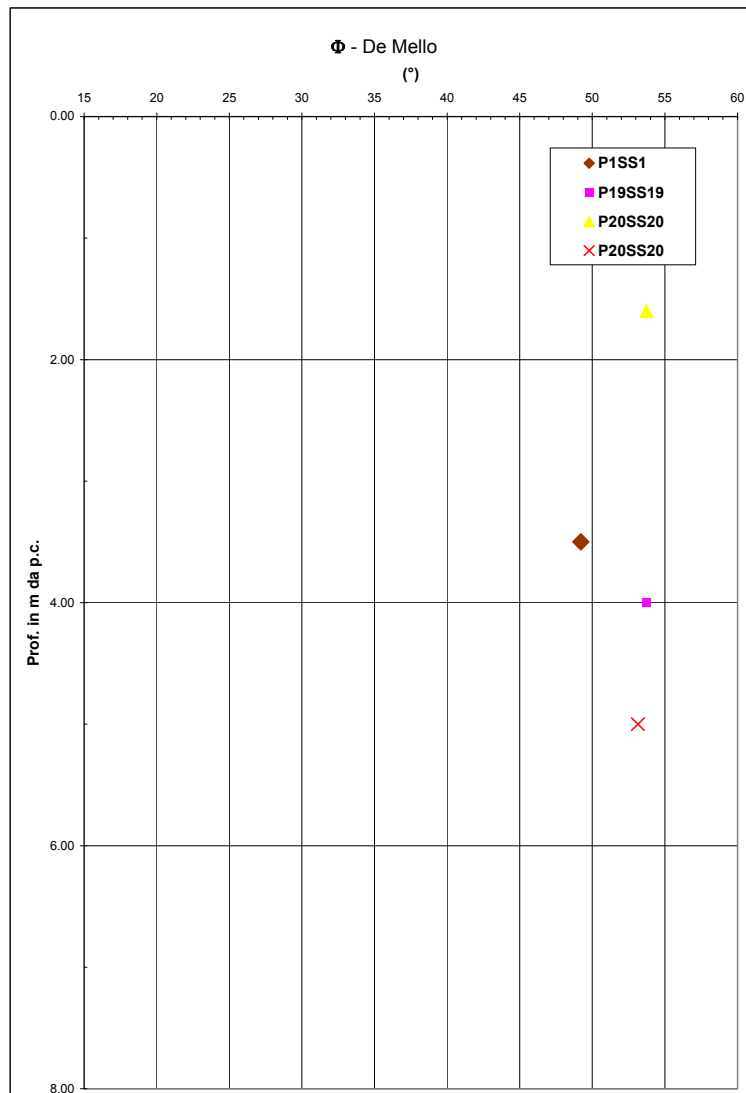


FIG. 17 – VALORI DELL'ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO DESUNTO DA PROVE SPT – NEVIANO CAPLUOGO (DE MELLO, 1971)

Dal grafico suddetto si evidenziano parametri di resistenza al taglio estremamente elevati, in virtù del raggiungimento delle condizioni di rifiuto in quasi tutte le prove *SPT* realizzate. L'entità dei valori dell'angolo d'attrito ottenuta con queste correlazioni non può essere presa a riferimento per caratterizzare questo tipo di terreni, perché assolutamente irrealistica, dato che per essi si può ipotizzare un *range* di  $\phi'$  variabile da 35° a

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

40°. Nonostante ciò, i risultati raggiunti sono sufficienti ad attribuire ai depositi in esame condizioni di elevata consistenza, in ragione della presenza di una componente litoide predominante.

Allo scopo di stimare la resistenza al taglio non drenata ( $c_u$ ) in campo statico, dei terreni coesivi di tipo **B** e **C**, si sono esaminati i risultati forniti dalle prove *SPT* in foro. Esistono diverse correlazioni che premettono di ricavare, seppur in condizioni di notevole incertezza, il valore della coesione non drenata; tra di esse si evidenzia la formula di *Stroud* (1974), utilizzabile per argille non sensitive:

$$c_u = f_1 * N_{SPT}$$

Dove:

$f_1$  = coefficiente funzione dell'indice di plasticità, variabile da 3,5 a 6,5 che, nel caso in esame, assumendo un *IP* medio di circa 25, risulta pari a circa 5.

Sostituendo i valori di  $N_{SPT}$  misurati, si è ottenuto il *range* di distribuzione della resistenza al taglio non drenata  $c_u$ , variabile tra 30 a 55 kPa, per i terreni di tipo **B** e tra 70 e 105 kPa per quelli di tipo **C**. Tali valori, occupano un intervallo di coesione abbastanza ampio a ulteriore conferma delle eterogenee caratteristiche geomeccaniche mostrate dall'ammasso detritico in oggetto.

### **5.1.3. Proprietà geomeccaniche dinamiche**

Con l'intento di ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico del sottosuolo e mettere in luce le proprietà geotecniche dei terreni in condizioni dinamiche, sono state realizzate delle prove in sito e laboratorio, ad integrazione di indagini già esistenti.

Tra queste ultime, si evidenziano n° 3 prove sismiche a rifrazione che hanno indagato i terreni a monte dell'abitato di Provazzano, mediante l'analisi delle variazioni delle velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione. Nel dettaglio, si è individuata una discontinuità sismostratigrafica, segnata dal passaggio da velocità delle onde P da 460÷630 m/s (che sembra corrispondere con la base dei terreni di tipo **B** e **C**, sino a valori di 1680÷1930 m/s (identificativi del substrato roccioso), a profondità di 6÷8 metri da piano campagna.

A sostegno delle prove a rifrazione, per consentire gli sviluppi degli studi di risposta sismica locale, si sono impiegati i profili di velocità delle onde di taglio estratti da n° 20 prove sismiche passive a stazione singola (*HVSR*), di cui n° 8 di nuova realizzazione.

Per la caratterizzazione delle proprietà geotecniche dinamiche dei depositi costituenti parte delle coperture detritiche dell'area, è stata svolta una prova di colonna risonante, su un campione rappresentativo dell'ammasso di frana (terreni di tipo **B**), con determinazione della variazione dei valori normalizzati del

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

modulo di taglio  $G/G_0$  e del rapporto di smorzamento  $D$ , al procedere della deformazione di taglio  $\gamma$ , come rappresentato nelle **Figg. 18 e 19**.

Non è stato possibile realizzare prove dinamiche su provini dei terreni di tipo **A e C**, viste le difficoltà manifestatesi nel corso delle operazioni di campionamento, a causa dell'elevata consistenza del materiale.

Per tale motivo, la ricostruzione dell'andamento della deformazione del materiale sottoposto a carico ciclico, per questi depositi, è stata effettuata attraverso l'impiego di curve di degrado provenienti da fonti bibliografiche, relativamente a terreni detritici per la tipologia **A** e a curve di limi-sabbiosi per quelli di tipo **C** (Cfr. **Figg. 18 e 19**).

Limitatamente ai depositi terrazzati presenti all'estremità sud-orientale dell'ambito di Provazzano (terreni di tipo **D**), si è disposto l'impiego di curve di degrado caratteristiche della ghiaia.

Sempre nelle medesime figure è stato rappresentato l'andamento dei parametri dinamici, relativamente ai terreni di copertura presenti al di sopra del substrato roccioso in corrispondenza di Neviano Capoluogo. Le curve caratteristiche prese a riferimento sono riconducibili al comportamento in condizioni dinamiche di materiali ghiaiosi, per la porzione di sottosuolo più superficiale (tipo **E**) mentre, per l'orizzonte di substrato alterato e fratturato (tipo **F**) sono state adottate le curve di degrado dei depositi detritici, ritenute ambedue compatibili da un punto di vista geotecnico, con quello dei terreni rinvenuti su tali aree.

Osservando i grafici, si evidenzia che le curve di degrado dei terreni di tipo **A**, che contraddistinguono gran parte dei depositi superficiali di Provazzano, mostrano un più rapido decadimento delle proprietà geomeccaniche mentre, le equivalenti caratterizzanti i materiali limo-sabbiosi, ghiaiosi e detritici appaiono alquanto simili.

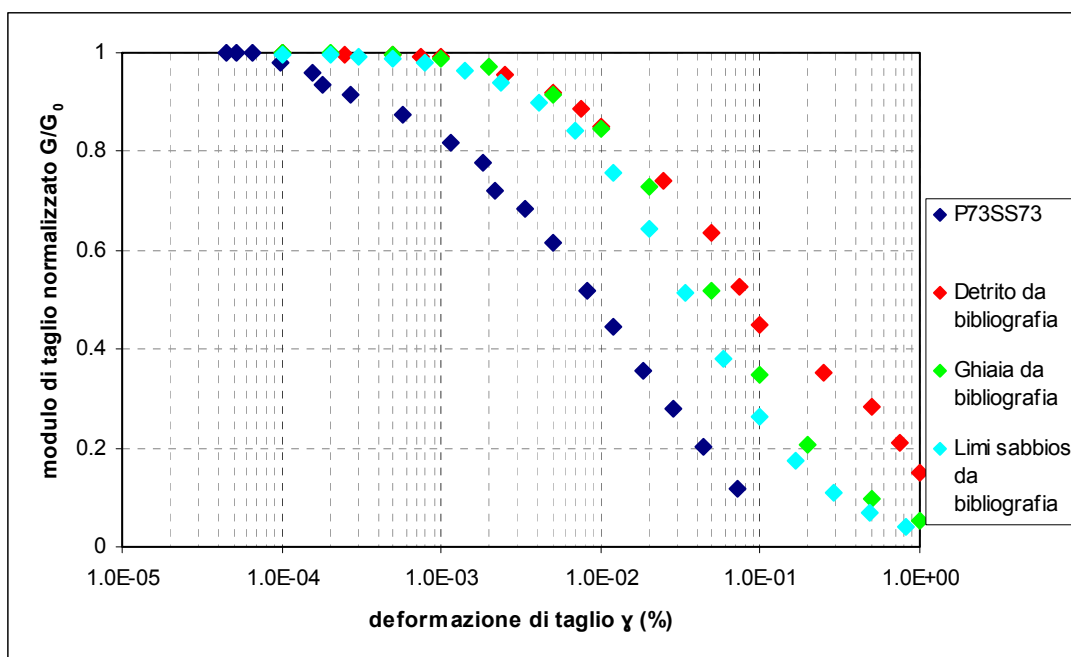


FIG. 18 – DECADIMENTO DEL MODULO DI TAGLIO AL PROCEDERE DELLA DEFORMAZIONE

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

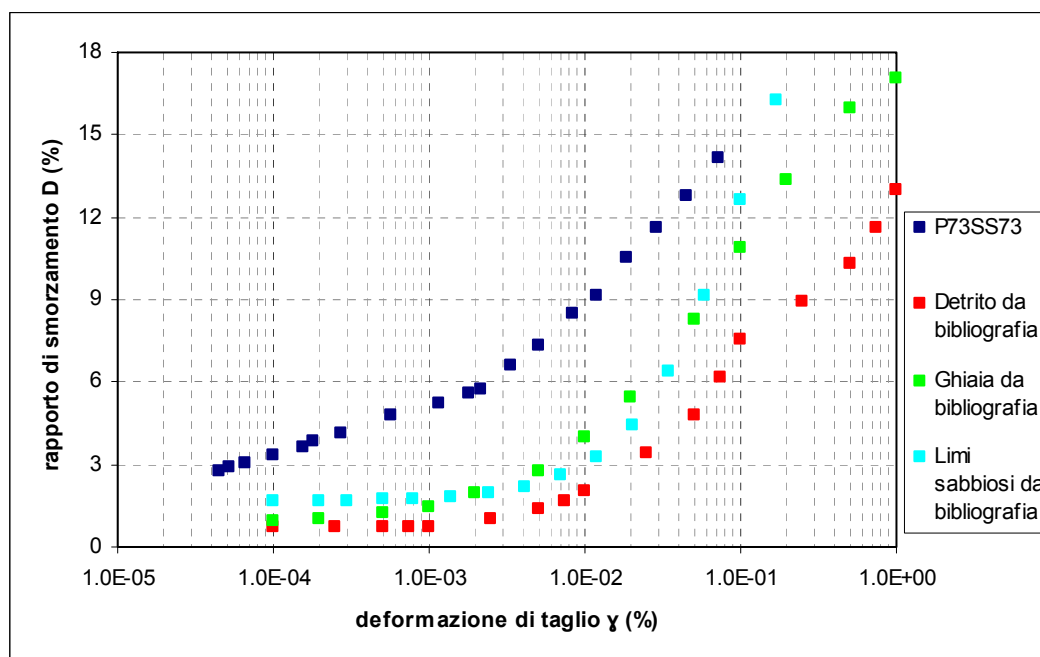


FIG. 19 – VARIAZIONE DEL RAPPORTO DI SMORZAMENTO D (%) AL PROCEDERE DELLA DEFORMAZIONE

Una volta ricostruito il modello geotecnico dell'area di studio, sono stati desunti dalle indagini i parametri geotecnici medi per ciascun orizzonte, in modo tale da rappresentare il più possibile il comportamento del terreno, avendo peraltro cura di assegnare un peso maggiore ai parametri forniti dalle prove di laboratorio.

Nella tabella riprodotta di seguito, sono contenute, per ogni strato di terreno a comportamento omogeneo, le principali caratteristiche geotecniche quali, il peso di volume ( $\gamma$ ), i parametri di resistenza al taglio ( $\phi'_P$ ,  $\phi'_R$ ,  $c'_p$  e  $c_u$ ) e le curve di degradazione associate. Si evidenzia come per determinati parametri, limitatamente ad alcuni terreni (vedi la coesione drenata di picco  $c'$ ), non sia stato possibile determinarne il valore, per tale motivo, a scopo cautelativo, sono stati considerati nulli.

TERRENI PARAMETRI	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	21,50	20,60	21,00	20,00	22,00	22,50
$\phi'_P$ (°)	32,00	20,00	24,50	33,00	35,00	38,00
$\phi'_R$ (°)	19,80	9,80	11,00	/	/	/
$c'_p$ (kPa)	4,00	31,41	20,00	/	/	/
$c_u$ (kPa)	/	42,00	85,00	/	/	/
Curve di degrado	Detrito	Prova P73SS73	Limo sabbioso	Ghiaia	Ghiaia	Detrito

FIG. 20 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI PER I DIFFERENTI TERRENI DELL'AREA

## **6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE**

---

Dall'analisi dei risultati fin qui raggiunti, sono emerse molteplici problematiche e incertezze, legate sia alla definizione del modello geologico del sottosuolo, sia alla lettura e successiva interpretazione dei dati forniti dalle indagini geognostiche, che in ogni modo risultano assolutamente in linea con il grado di approfondimento del presente studio.

Innanzitutto, la ricostruzione dei rapporti copertura-substrato, soprattutto per quel che concerne l'ambito di Provazzano, è stata improntata quasi unicamente attraverso l'analisi visiva, spesso riproposta da precedenti studi, dei campioni di terreno estratti durante l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo.

Tali interpretazioni, non sono state supportate dall'ausilio di strumenti specifici (sonde inclinometriche) che possano appurare l'esistenza e l'entità di eventuali spostamenti, anche perché non sono stati rilevati movimenti gravitativi in atto nel corso delle indagini di superficie.

La difficoltà nell'individuare un piano di rottura, sede di un'antica superficie di scorrimento del materiale in movimento è stata accentuata dalla presenza di un substrato argilloso scompaginato come quello delle *Argille della Val Samoggia*, che mal si distingue da quello della copertura detritica. A tutto ciò si sommano disomogeneità riscontrate nel corpo di frana, anche in ragione della probabile presenza di fenomeni gravitativi sovrapposti, spesso contraddistinti da una differente tipologia di movimento.

Ogni singolo sondaggio geognostico è stato comunque confrontato con almeno una prova sismica passiva *HVSR* e, dove presente, con stendimenti sismici a rifrazione, che hanno consentito una miglior lettura dei dati stratigrafici raccolti.

Si sottolinea infine che, a scopo semplificativo, tutte le indagini evidenziate in relazione non presentano il codice del Comune di Neviano degli Arduini (**034024**), quindi per risalire alle prove d'interesse contenute nel *data-base* occorrerà inserire in testa tale cifra numerica.

## **7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI**

---

### **7.1. Analisi della risposta sismica locale**

---

Un aspetto fondamentale da affrontare nell'ambito della Microzonazione Sismica di III° livello, è rappresentato dall'analisi di *Risposta Sismica Locale*, descrivibile come *“quell'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (coperture) fino alla superficie”*. Tali studi sono circoscritti alle sole aree urbanizzate e suscettibili di trasformazioni urbanistiche, in cui sono stati richiesti ulteriori approfondimenti nel corso della redazione dei livelli precedenti.



## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

Secondo tali indicazioni si sarebbero dovute limitare le analisi di RSL all'abitato di Provazzano; nonostante ciò, allo scopo di affiancare gli approfondimenti agli studi di CLE *Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)*, disposti dall'art. 7 comma 4 OPCM n° 4007 del 29 febbraio 2012, per far fronte alle emergenze generate dagli eventi sismici, sono stati estesi all'areale di Neviano Capoluogo.

Nel complesso, il percorso metodologico prevede la preventiva estrazione dei segnali sismici naturali compatibili con il sito d'interesse. Essi consistono in una serie di 3, 5, 7 accelerogrammi e spettri di risposta scalati all'accelerazione massima dell'area e ancorati al *bedrock*, selezionati da diverse banche dati, italiane ed europee.

Successivamente, sulla base della ricostruzione della sismo-stratigrafia caratteristica del sottosuolo per ciascuna microzona omogenea si ottengono, utilizzando *software* specifici, spettri e accelerogrammi "amplificati" in superficie, per effetto del passaggio delle onde sismiche attraverso terreni a più scadenti caratteristiche geomeccaniche rispetto al *bedrock*.

Quale codice per l'elaborazione dei dati di *input* e per l'ottenimento degli spettri in superficie, si è optato per l'utilizzo di un *software* di calcolo monodimensionale (1D), in ragione della regolarità dello spessore e della geometria della coltre detritica. Valutate inoltre le modeste accelerazioni massime mostrate dal suolo di tipo **A** (0,158 g), che evidenziano basse deformazioni di taglio, si è ritenuto di impiegare un modello lineare equivalente (**EERA**), che effettua analisi in termini di tensioni totali e, quindi non considera le sovrappressioni interstiziali originate dall'input sismico che possono influenzare le caratteristiche di rigidità dei terreni attraversati.

Si evidenzia infine che, sulla base delle condizioni topografiche all'interno e al contorno degli ambiti, contraddistinte da pendenze medie inferiori ai 21° e dislivelli minori di 30 m, limiti al di sotto dei quali non si avvertono significative amplificazioni, tant'è che il valore del coefficiente  $S_T$  (coefficiente di amplificazione topografica) si mantiene su valori prossimi all'unità, non è stato necessario effettuare il calcolo di tale fattore amplificativo, a cui è stato assegnato un valore pari a 1.

### **7.2. Selezione dei segnali sismici di riferimento**

---

Il primo passo per una corretta valutazione della *Risposta Sismica Locale*, consiste nella selezione dei segnali accelerometrici di *input* che meglio approssimano le condizioni di sismicità dell'area, peraltro già affrontate nei capitoli precedenti.

In relazione della funzione pianificatoria assunta dal presente studio e, in ragione delle raccomandazioni contenute all'interno dell'*Allegato 4 della DAL*, si è ritenuto sufficiente utilizzare, quali segnali di input, i 3 accelerogrammi ancorati al *bedrock* e opportunamente scalati all'accelerazione massima attesa ( $ag = 0,158$  g), forniti per ogni comune dalla Regione Emilia Romagna.

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

Essi sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ISESD.

Sono stati adottati gli accelerogrammi denominati **000046xa**, **000126xa** e **000354xa**, contraddistinti da una morfologia differente, in termini di tempo e di accelerazione, fermo restando l'accelerazione massima.

Nella **Fig. 21** sono riportati gli spettri di risposta elastici con periodo di ritorno 475 anni e smorzamento pari a 5%, relativamente ai 3 segnali di riferimento, raffrontati con quello desunto in base alle direttive regionali. I 4 spettri mostrano una buona sovrapposizione, a conferma di una corretta selezione della terna di segnali sismici.

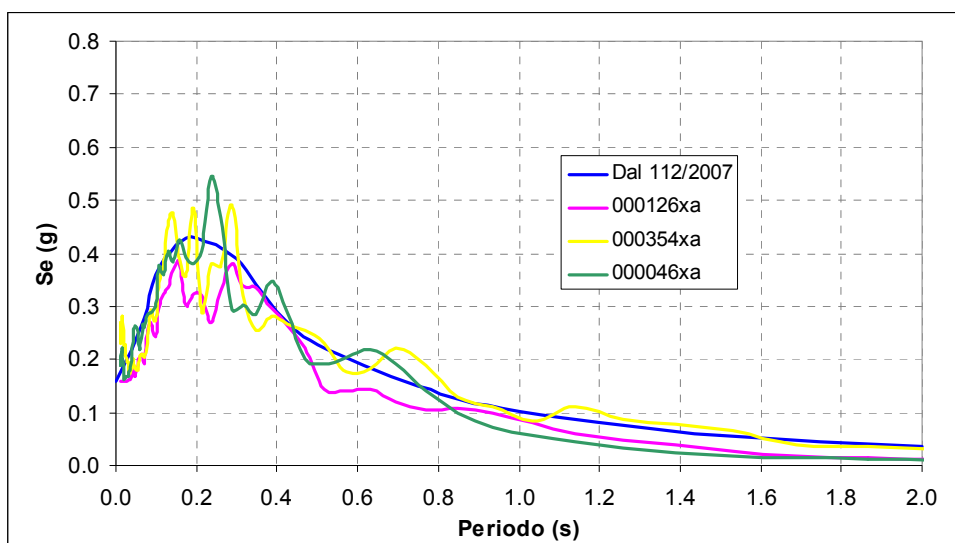


FIG. 21 – SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ( $T_R= 475$  ANNI, SMORZAMENTO= 5%) DA DAL 112/2007)

E SPETTRI DEI SEGNALI DI INPUT UTILIZZATI NELLE ANALISI DI RSL

### **7.3. Sismo-stratigrafia del sottosuolo**

---

Considerato che, sono stati svolti gli studi di *Risposta Sismica Locale*, sia per il centro abitato di Provazzano che per Neviano Capoluogo, per facilitarne la comprensione sono state descritte separatamente le modalità di lavoro e i risultati raggiunti per ciascuna località.

#### **7.3.1. Neviano Capoluogo**

In via preliminare, si è valutata la corretta perimetrazione delle aree contraddistinte da una medesima pericolosità sismica, definita nel corso degli studi di Microzonazione di I° II° livello, realizzati in precedenza.

Le nuove indagini, consistenti in soli due sondaggi a carotaggio continuo realizzati per l'adeguamento sismico di Scuola e Municipio, non hanno messo in luce aspetti litostratigrafici discordanti rispetto a quelli già evidenziati nelle precedenti campagne. Per tale motivo e in aggiunta alle condivisibili interpretazioni stratigrafiche effettuate, si è ritenuto di mantenere i perimetri proposti e, nel contempo, il medesimo assetto sismo-stratigrafico.

Lo spessore "*H*", la cui determinazione è assolutamente necessaria per effettuare studi di *RSL*, può essere definito come quella profondità da p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato dalle misure di microtremore ambientale *HVSR* e riconducibile all'interfaccia terreni di "*copertura*"-"*substrato alterato*"/"*substrato rigido*" ( $V_s \geq 800$  m/s) o "*non rigido*" ( $V_s < 800$  m/s) sottostante. Nel complesso, le prove hanno mostrato contrasti d'impedenza a profondità *H* variabili da 5,30 m a 39,30 m.

Nella **Tab. 2** vengono riportati per ciascuna delle 6 zone, rappresentate in **Fig. 22**, le prove *HVSR* impiegate per caratterizzare ciascun sismostrato, lo spessore *H* e le velocità  $V_{sH}$ .

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

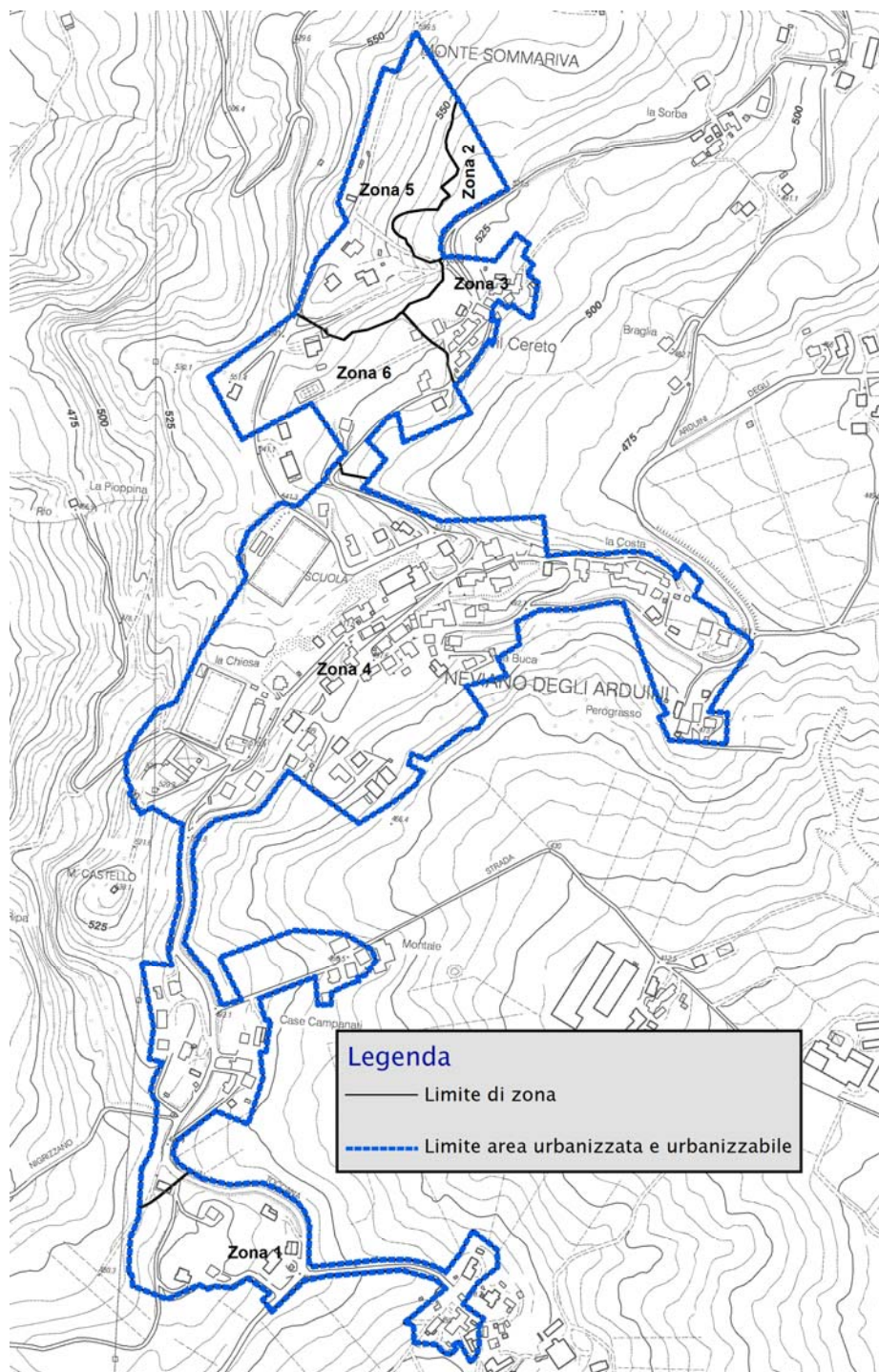


FIG. 22 – PLANIMETRIA CON ZONAZIONE SISMICA

Si evidenzia che per tutte le aree si sono utilizzate le curve di degrado precedentemente definite, relative ai materiali ghiaiosi per i terreni più superficiali (tipo E) e al detrito per quelli più profondi (tipo F) posti al di sopra del substrato.

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

	PROVA HVSR	CURVE DI DEGRADO CARATTERISTICA	SPESSORE H (m)	V <sub>SH</sub> (m/s)
<b>ZONA 1</b>	P52HVSR52	Ghiaia sino a -4,65 m da p.c.	7,45	245,00
		Detrito sino a -7,45 m da p.c.		
<b>ZONA 2</b>	P48HVSR48	Ghiaia sino a -6,90 m da p.c.	17,20	337,00
		Detrito sino a -17,20 m da p.c.		
<b>ZONA 3</b>	P47HVSR47	Ghiaia sino a -7,30 m da p.c.	39,30	381,00
		Detrito sino a -39,30 m da p.c.		
<b>ZONA 4</b>	P50HVSR50	Ghiaia sino a -1,10 m da p.c.	5,30	204,00
		Detrito sino a -5,30 m da p.c.		
<b>ZONA 5</b>	P49HVSR49	Ghiaia sino a -5,10 m da p.c.	9,60	227,00
		Detrito sino a -9,60 m da p.c.		
<b>ZONA 6</b>	P46HVSR46	Ghiaia sino a -2,40 m da p.c.	21,40	285,00
		Detrito sino a -21,40 m da p.c.		

**TAB. 2 – TABELLA RIASSUNTIVA CON CARATTERIZZAZIONE DEI SISMOSTRATI IMPIEGATI NELLE ELABORAZIONI CON CODICE DI CALCOLO *EERA* PER LE AREE DI STUDIO DI NEVIANO CAPOLUOGO**

Entrando nel dettaglio dei risultati ottenuti attraverso le elaborazioni con il codice di calcolo *EERA*, occorre precisare che, l'amplificazione sismica è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ) sia di rapporto di Intensità di *Housner* ( $SI/SI_0$ ) per prefissati intervalli di periodo ( $0,10 \div 0,50$  s e  $0,50 \div 1,00$  s), considerando tempi di ritorno di 475 anni e smorzamento del 5%. Dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di *Housner* al suolo di riferimento, e  $PGA$  e  $SI$  sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di *Housner* calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Nelle immagini dalla **Fig. 23** alla **Fig. 34** sono stati rappresentati: lo spettro di risposta al *bedrock* e in superficie, inserendo quest'ultimo per ciascun segnale sismico di partenza, nonché lo spettro ricavato dai valori medi. A scopo di confronto, per evidenziare eventuali differenze o similitudini sono stati raffigurati gli spettri elastici desunti da normativa per quella tipologia di terreno. Inoltre, sono stati inseriti gli spettri di risposta medi in pseudo-velocità, necessari per ottenere l'Intensità di *Housner*.

Per la determinazione del fattore di amplificazione occorre dividere l'ordinata dello spettro a periodo  $T=0$ , che rappresenta l'accelerazione orizzontale massima in superficie ( $PGA$ ), per il corrispondente valore dello spettro di *input* al *bedrock* ( $PGA_0$ ), che non è altro che l'accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, pari al valore massimo dell'accelerazione massima attesa per il Comune di Neviano degli Arduini ( $ag= 0,158$  g).

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

$$FA_{PGA} = PGA/PGA_0$$

Diversamente, la definizione dell'entità dell'accelerazione in termini di intensità di *Housner*, si ottiene dalla risoluzione dell'integrale:

$$SI = \int_{T1}^{T2} PSV dt$$

Dove *PSV* è lo spettro di risposta in pseudo-velocità determinato in superficie (*PSV*) o al suolo rigido (*PSV<sub>0</sub>*), *T1* e *T2* rappresentano i periodi presi a riferimento per il calcolo del rapporto di Intensità di *Housner*. Eseguito il calcolo in superficie e al *bedrock* si procede con il rapporto tra le due intensità riferite allo stesso intervallo di periodo.

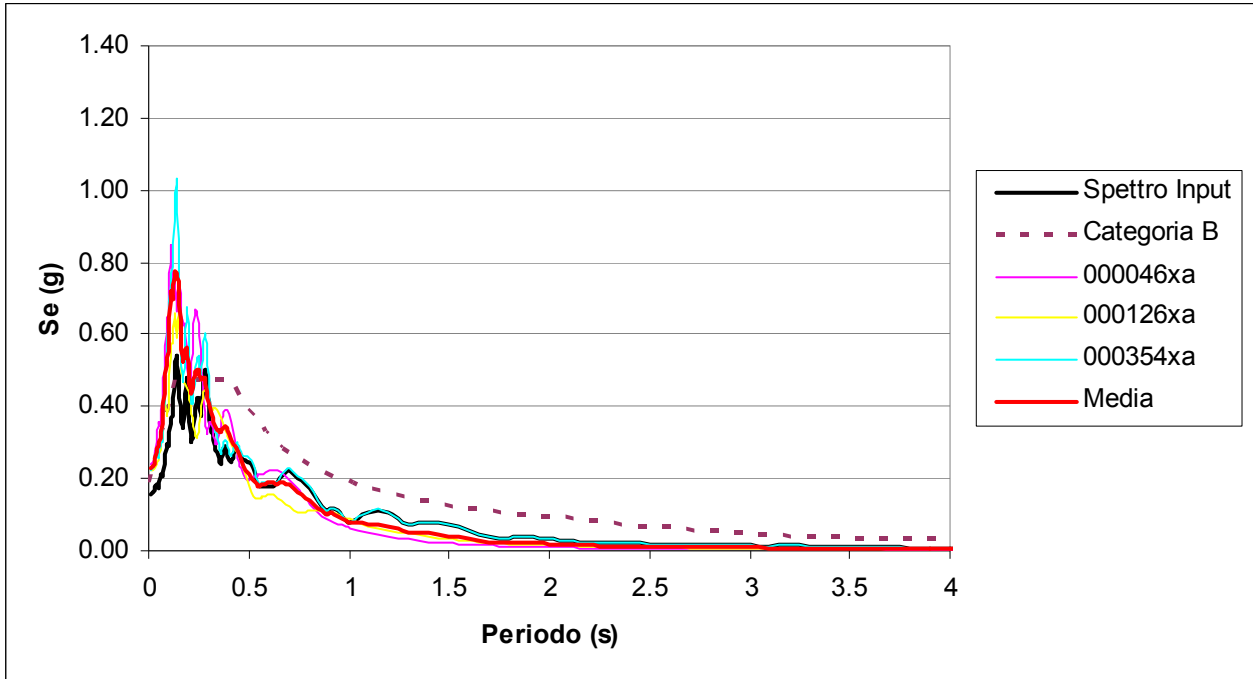
Dall'analisi degli spettri di risposta e dal confronto di essi con quelli estratti utilizzando la normativa, emergono alcune importanti differenze. Innanzitutto, i terreni dell'areale di Neviano capoluogo vengono ricondotti dalle *NTC 2008* alla Categoria sismica **B** corrispondente a "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di *V<sub>S30</sub>* compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica *NSPT<sub>,30</sub>* >50, o coesione non drenata *cu<sub>,30</sub>* >250 kPa)".

Gli spettri calcolati nel presente studio mostrano amplificazioni di gran lunga superiori a quello di categoria **B**, nei bassi periodi da 0 s a 0,2÷0,3 s, dopodiché diventano meno conservativi. Le amplificazioni massime raggiungono valori di 1,7÷2,8 volte maggiori di quello proposto dalla normativa.

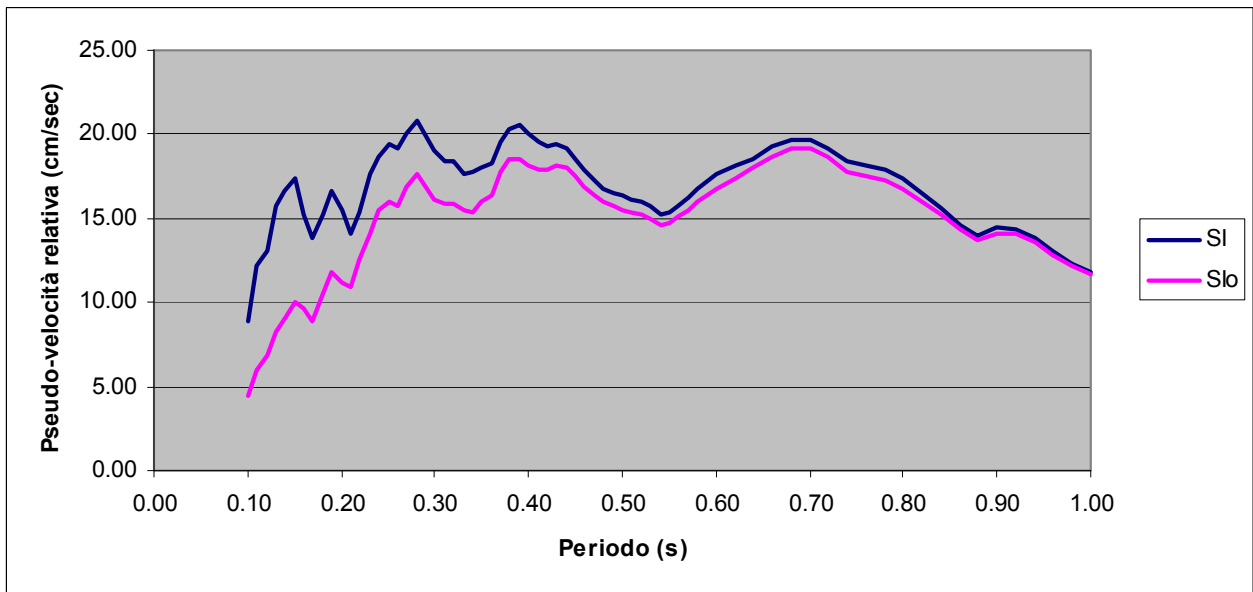
Per quanto riguarda gli spettri di pseudo-velocità, si denotano innanzitutto bassi valori di amplificazione, che si sviluppano soprattutto nei periodi inferiori agli 0,50 s, mentre al di sopra di tale soglia, le differenze tra gli spettri in superficie e quelli ancorati al *bedrock*, risultano decisamente contenute.

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 23 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 1 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

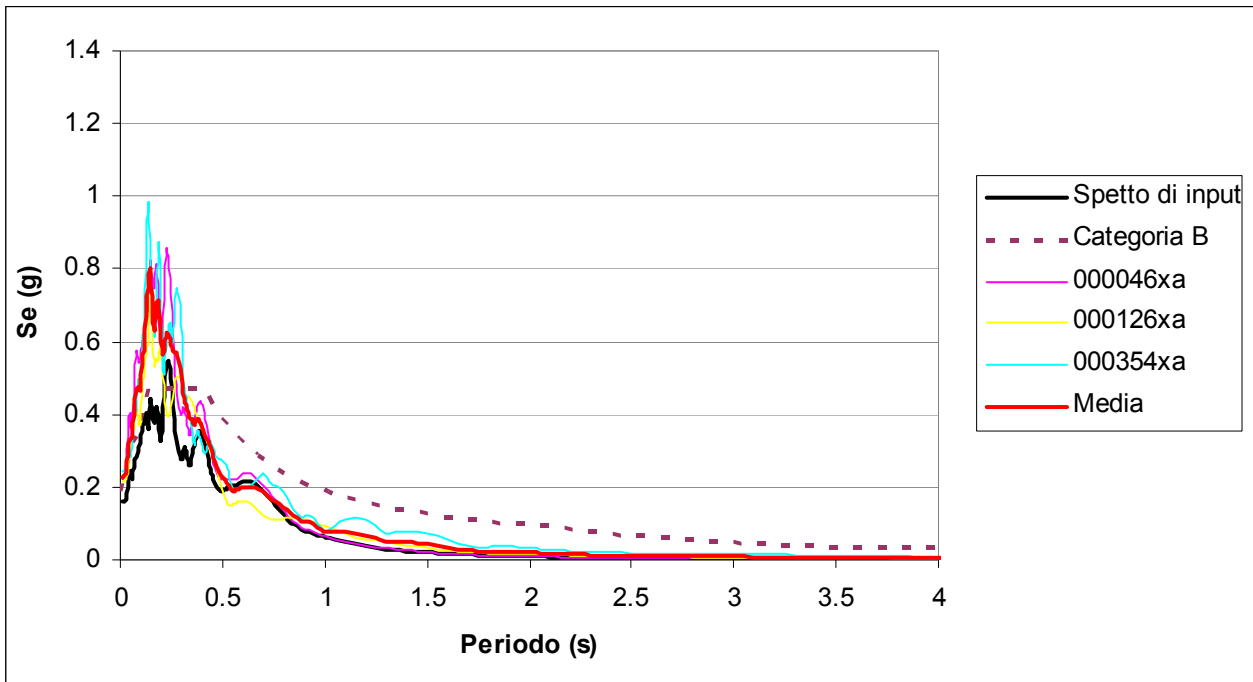


**FIG. 24 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 1 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

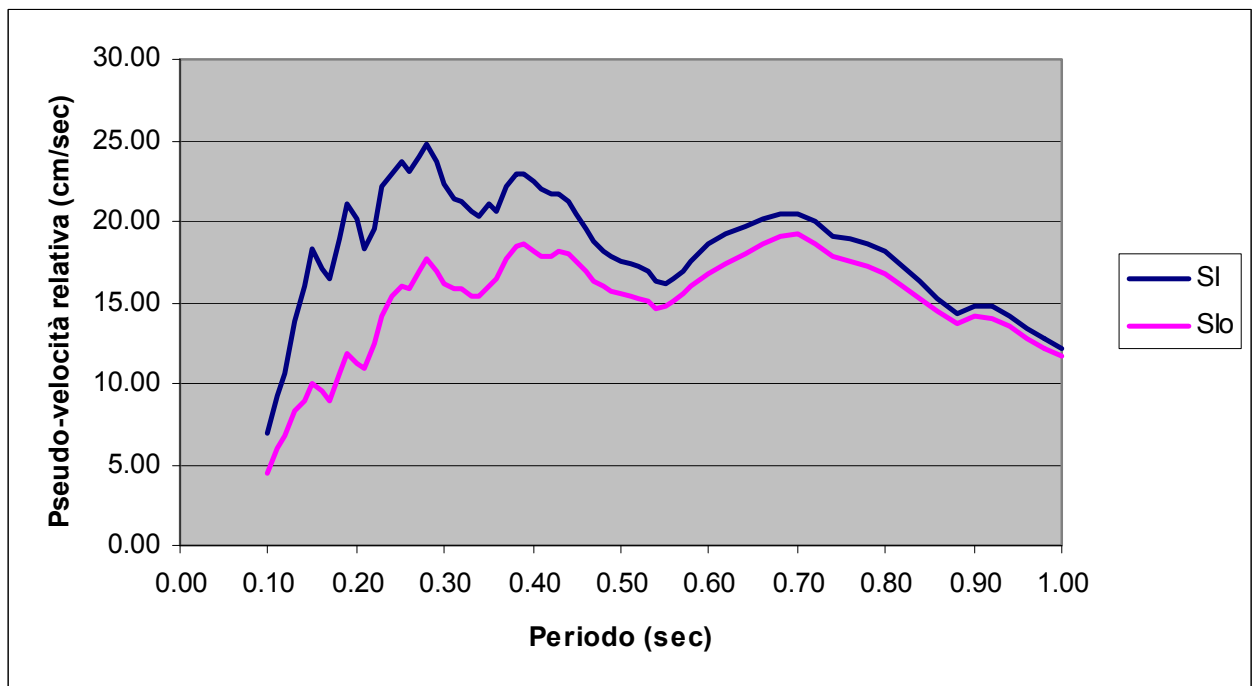
**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 25 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 2 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

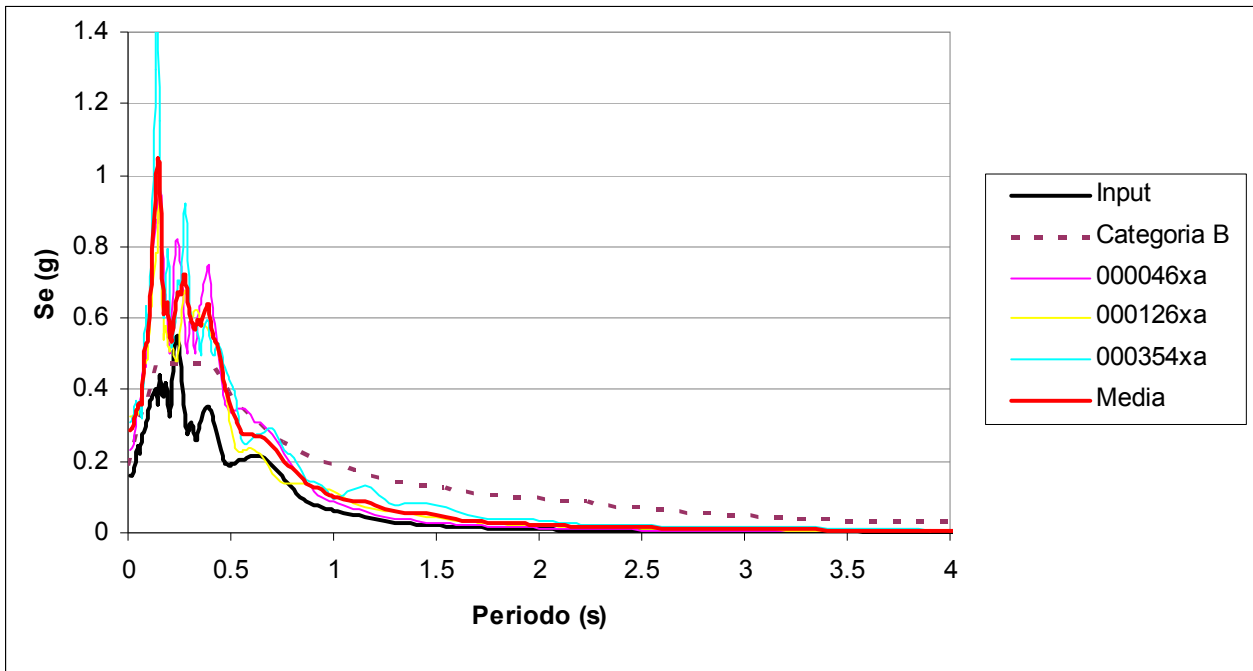


**FIG. 26 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 2 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

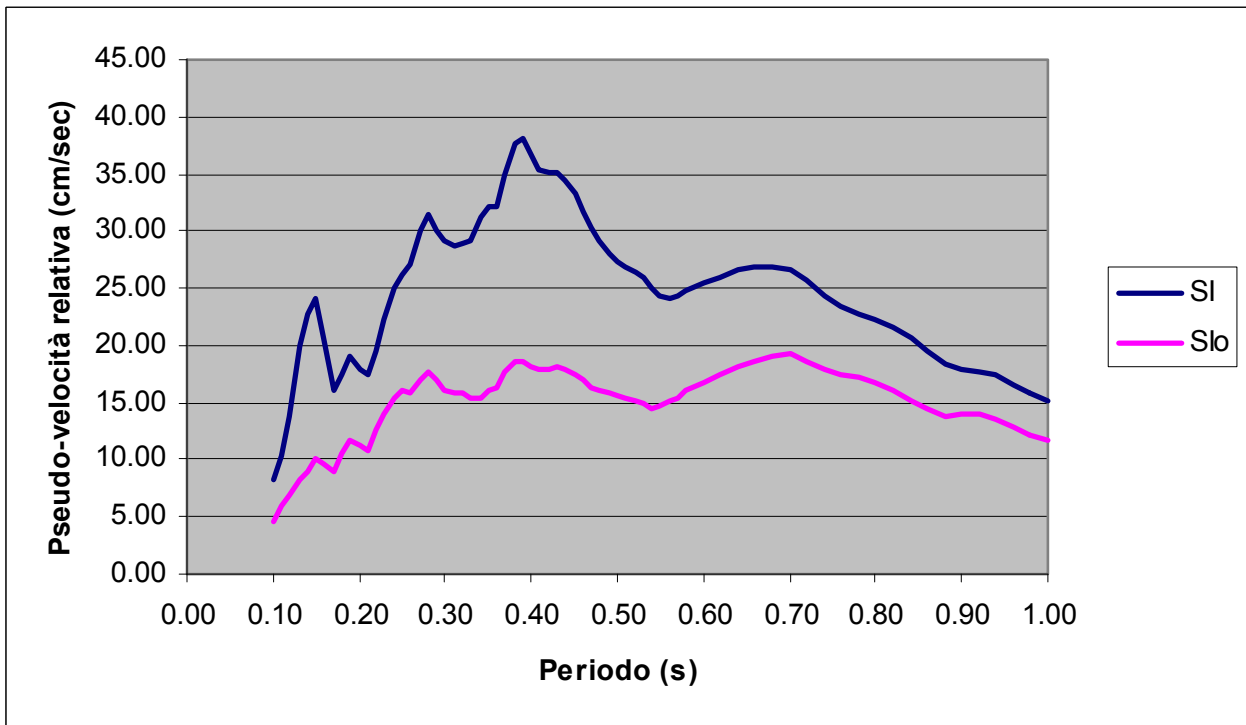


**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)



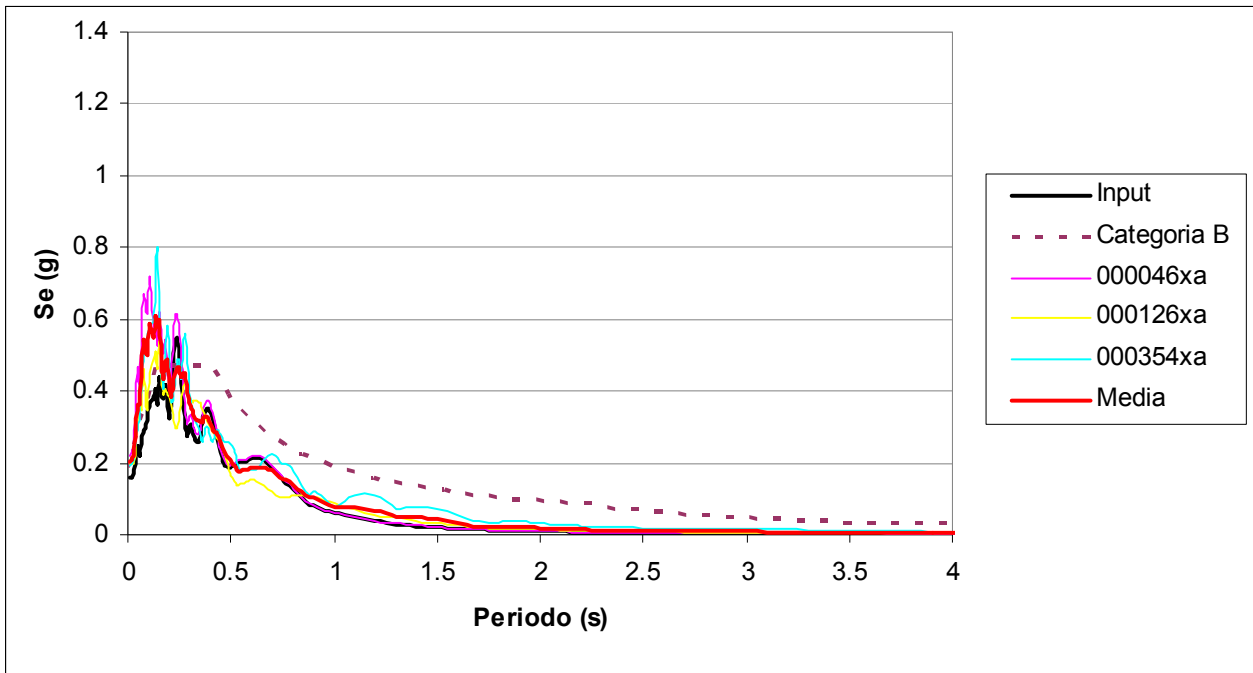
**FIG. 27 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 3 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%



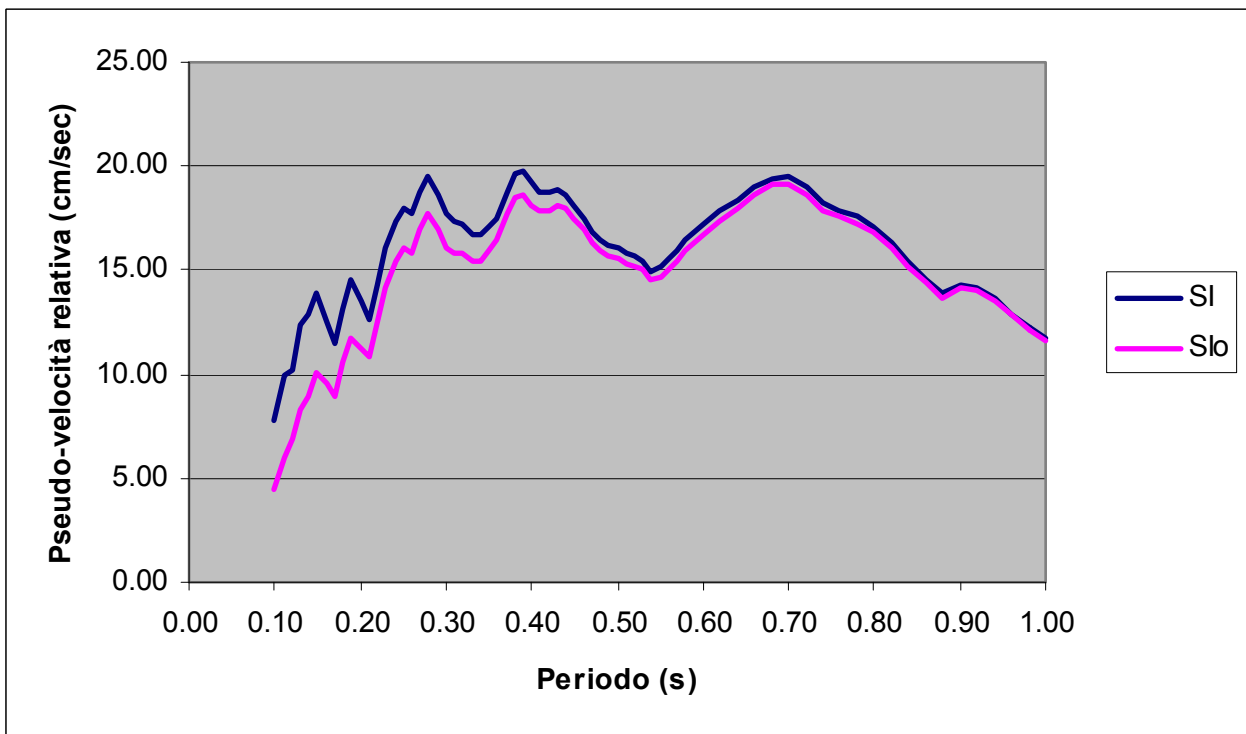
**FIG. 28 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 3 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 29 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 4 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

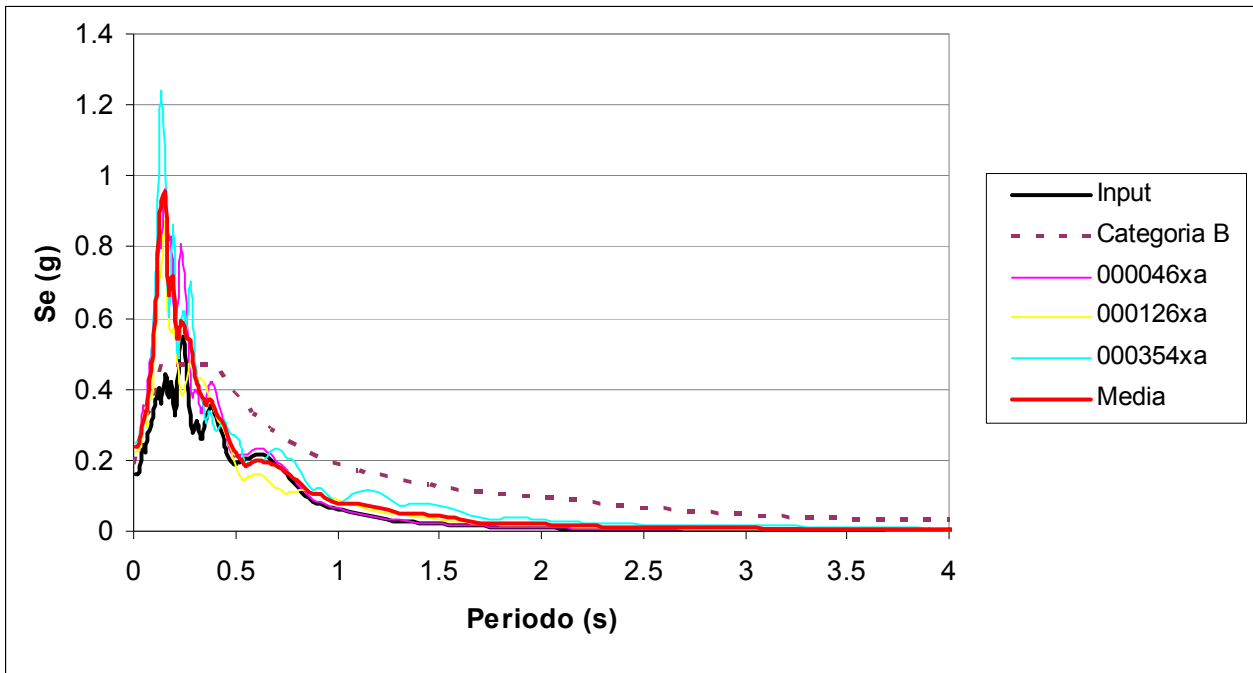


**FIG. 30 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 4 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

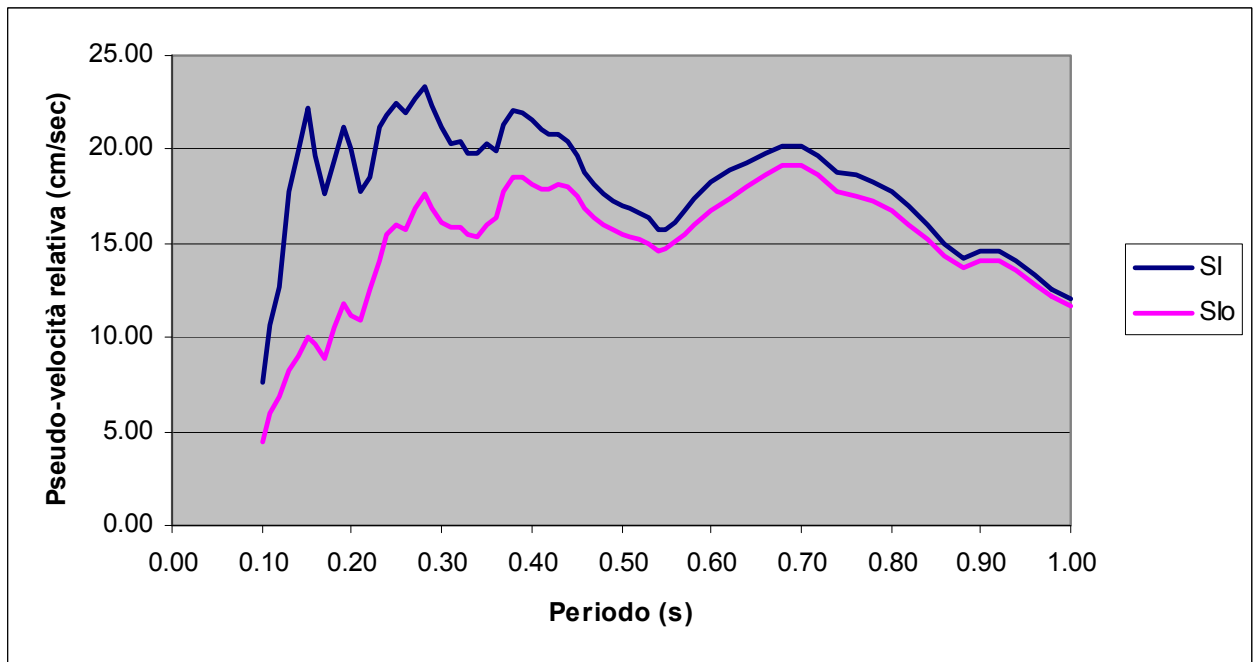
**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 31 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 5 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%



**FIG. 32 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 5 DI NEVIANO CAPOLUOGO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

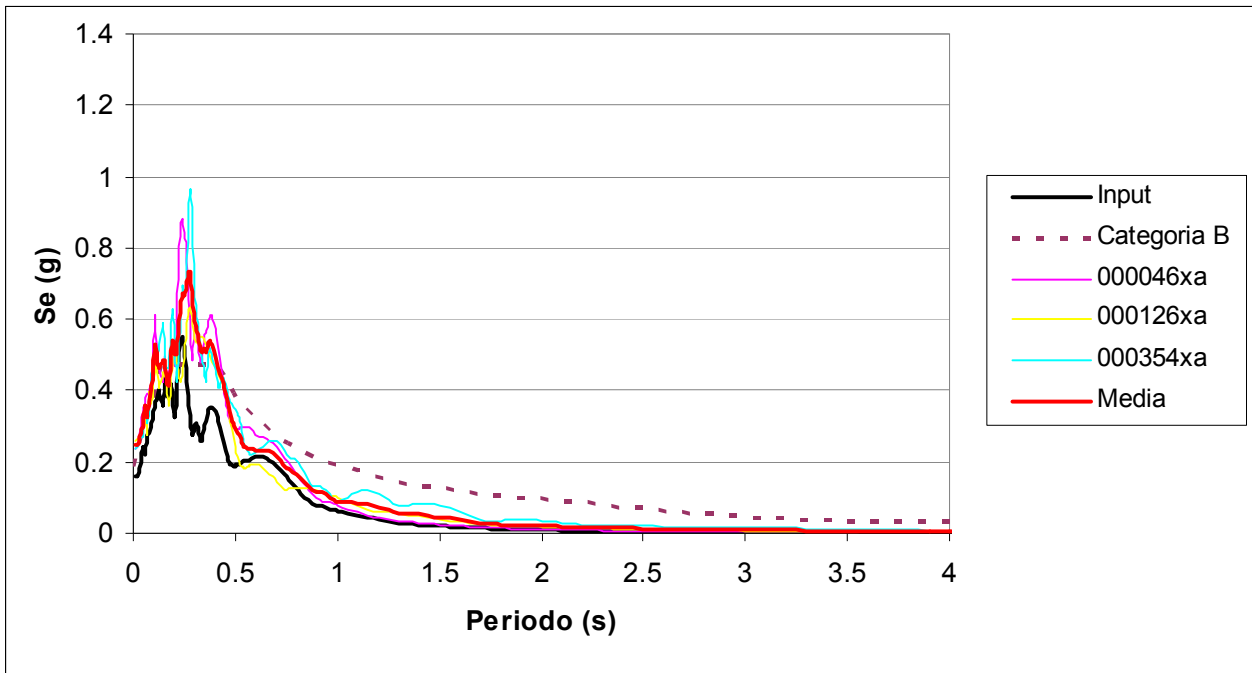


FIG. 33 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 6 DI NEVIANO CAPOLUOGO  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

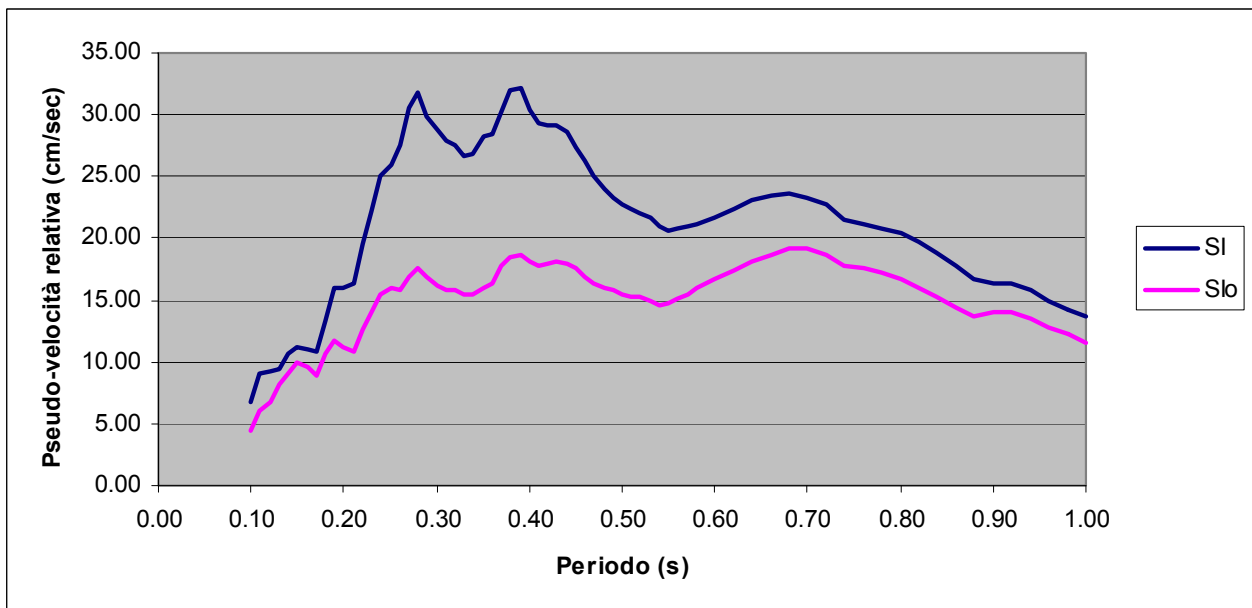


FIG. 34 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 6 DI NEVIANO CAPOLUOGO  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

I risultati delle modellazioni numeriche condotte con **EERA** hanno consentito di calcolare i fattori di amplificazione per ciascuna zona, valutando sia il rapporto delle *PGA*, che quello delle intensità di *Housner*, e di confrontare tali dati con i corrispondenti ottenuti nel corso degli studi di 2° livello mediante l'ausilio di abachi regionalizzati.

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

Com'era logico attendersi, i valori desunti tramite stima speditiva dalle tabelle dell'Allegato A2 degli indirizzi per la Microzonazione Sismica in Emilia Romagna, risultano quasi sempre maggiori, anche in maniera rilevante (vedi **zone 4, 5 e 6**) rispetto a quelli determinati attraverso modellazione numerica con il codice di calcolo **EERA** (Cfr. **Tab. 3**). Solamente in corrispondenza della **Zona 3** si sono riscontrati valori di  $FA_{PGA}$  leggermente superiori ai rispettivi estratti dagli abachi. In generale i valori variano da 1,29 a 1,83 per quanto concerne  $FA_{PGA}$ , mentre negli intervalli di periodo  $0,1-0,5$  s e  $0,5-1,0$  s si sono determinati *range* di valori di amplificazione in termini di rapporto di *SI*, rispettivamente pari a 1,12-1,87 e 1,02-1,42.

Un altro importante elemento che emerge dalla lettura della tabella, riguarda la convergenza a valori dello stesso ordine di grandezza delle medie dei Fattori di Amplificazione, fatto che consente di accorpare differenti zone, valutate separatamente nel corso dei precedenti studi.

	Modellazione numerica				2° Livello (DAL 112/2007)
	000046xa	000126xa	000354xa	Media	
<b>ZONA 1 Neviano capoluogo</b>					
$FA_{PGA}$	1,52	1,41	1,42	1,45	1,70
$FA_{SI}(0,1-0,5\text{ s})$	1,23	1,19	1,23	1,21	1,50
$FA_{SI}(0,5-1,0\text{ s})$	1,04	1,03	1,03	1,03	1,40
<b>ZONA 2 Neviano capoluogo</b>					
$FA_{PGA}$	1,42	1,37	1,53	1,45	1,80
$FA_{SI}(0,1-0,5\text{ s})$	1,43	1,33	1,40	1,39	1,70
$FA_{SI}(0,5-1,0\text{ s})$	1,11	1,06	1,07	1,08	1,40
<b>ZONA 3 Neviano capoluogo</b>					
$FA_{PGA}$	1,47	2,06	1,95	1,83	1,80
$FA_{SI}(0,1-0,5\text{ s})$	1,86	1,86	1,91	1,87	2,00
$FA_{SI}(0,5-1,0\text{ s})$	1,51	1,41	1,34	1,42	1,60
<b>ZONA 4 Neviano capoluogo</b>					
$FA_{PGA}$	1,39	1,23	1,23	1,29	1,90-2,00
$FA_{SI}(0,1-0,5\text{ s})$	1,13	1,10	1,13	1,12	1,70-1,90
$FA_{SI}(0,5-1,0\text{ s})$	1,02	1,02	1,02	1,02	1,40-1,50
<b>ZONA 5 Neviano capoluogo</b>					
$FA_{PGA}$	1,50	1,41	1,57	1,49	2,00
$FA_{SI}(0,1-0,5\text{ s})$	1,38	1,33	1,39	1,37	1,90
$FA_{SI}(0,5-1,0\text{ s})$	1,07	1,05	1,06	1,06	1,50
<b>ZONA 6 Neviano capoluogo</b>					
$FA_{PGA}$	1,51	1,65	1,51	1,56	2,10
$FA_{SI}(0,1-0,5\text{ s})$	1,63	1,56	1,61	1,60	2,20
$FA_{SI}(0,5-1,0\text{ s})$	1,32	1,22	1,21	1,25	1,70

TAB. 3 - TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE PER L'AREALE DI NEVIANO CAPOLUOGO

### 7.3.2. Provazzano

Per quanto concerne l'abitato di Provazzano, in virtù delle nuove indagini realizzate e delle considerazioni di carattere geomorfologico emerse nel corso del presente studio, si è ritenuto di rivisitare i risultati degli studi di I° e II° Livello, sia in termini di perimetrazione di zone sismiche che di assetto sismo-stratigrafico. Quest'ultimo è stato ricostruito in via preliminare attraverso le sezioni geologiche interpretative descritte in precedenza, associando in un secondo tempo a ciascun orizzonte omogeneo valori della velocità delle onde di taglio  $V_{sH}$  determinati dalle elaborazioni condotte sui dati desunti da prove sismiche passive tipo *HVSR*.

All'interno dell'ambito in oggetto sono state identificate pertanto varie zone contraddistinte da differenti modelli geologici. Nello specifico si è individuata una piccola area terrazzata posta in prossimità del T. Termina, dove affiorano depositi terrazzati, costituiti da terreni ghiaioso argillosi (terreni di tipo **D**) con spessore presunto pari a circa 16,80 metri, che ricoprono il substrato delle *Argille della Val Samoggia (Zona 7)*.

Gran parte dell'ambito mostra un sottosuolo costituito da depositi detritici a più scadenti proprietà geotecniche, dato che affiorano terreni di tipo **B**, che si sviluppano in profondità per circa 2,50+3,50 metri e risultano sovrapposti a terreni più consistenti di tipo **C**, che possono presentare spessori medi variabili da 8 a 16 metri e appoggiano sul substrato, sempre appartenente alla formazione delle *Argille della Val Samoggia*. Considerata la variabilità della profondità della superficie di separazione tra depositi detritici e substrato, si è optato di suddividere l'ambito in due porzioni. Nella prima, localizzata nei settori occidentale e sud-orientale dell'area di studio, si osservano depositi detritici sino a profondità di circa -10,80 m da p.c. (**Zona 9**), mentre nel settore centrale i terreni gravitativi si approfondiscono a -17,50 m da p.c. (**Zona 10**).

Infine si è ritenuto opportuno delimitare un piccolo areale posto in corrispondenza della chiesa di Provazzano, nel quale si riconosce un assetto stratigrafico costituito da terreni detritici di tipo **A**, descritti in precedenza, che ricoprono con uno spessore di circa 15,70 metri il substrato delle *Argille della Val Samoggia (Zona 8)*.

Come già effettuato per l'abitato di Neviano Capoluogo si riportano nella **Tab. 4**, per ciascuna delle 4 zone, rappresentate in **Fig. 35**, le prove *HVSR* impiegate per caratterizzare ciascun sismostrato, lo spessore  $H$  e le velocità  $V_{sH}$ . Si evidenzia che per tutte le aree si sono utilizzate le curve di degrado precedentemente definite per ogni tipologia di terreno individuata.

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
 Comune di Neviano degli Arduini (PR)

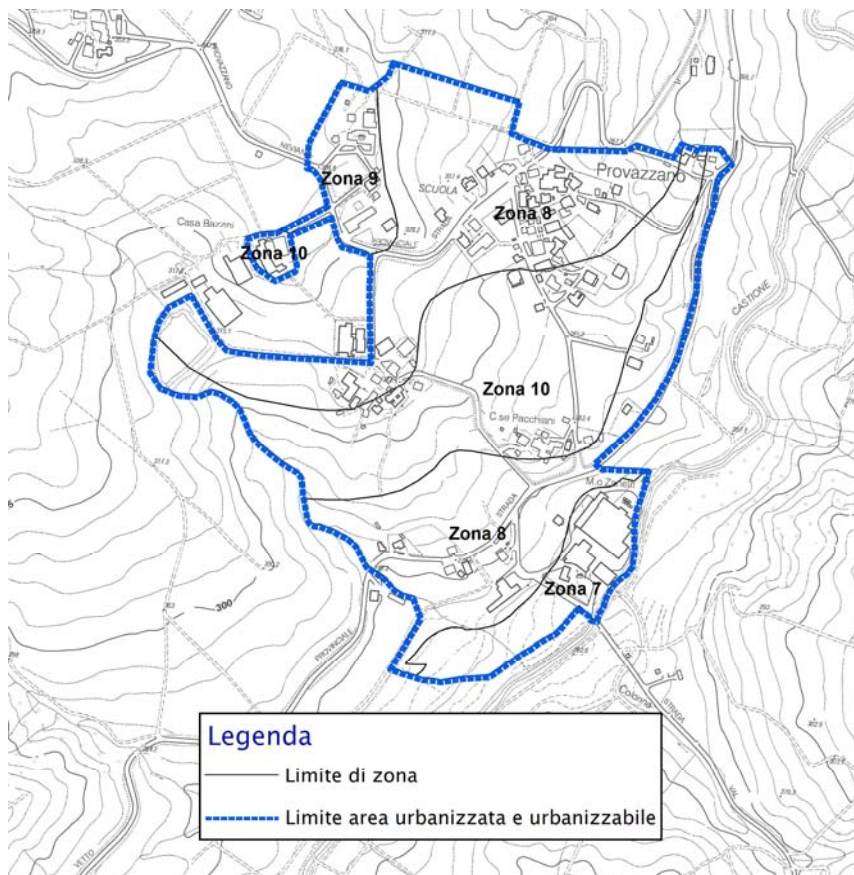


FIG. 35 – PLANIMETRIA CON ZONAZIONE SISMICA – PROVAZZANO

	PROVA HVSR	CURVE DI DEGRADO CARATTERISTICA	SPESSORE H (m)	V <sub>SH</sub> (m/s)
<b>ZONA 7</b>	P54HVS54	Limi sabbiosi sino a 2,80 m da p.c.	16,80	261,00
		Ghiaia sino a -16,80 m da p.c.		
<b>ZONA 8</b>	P65HVS65	Detrito sino a -15,70 m da p.c.	15,70	280,00
<b>ZONA 9</b>	P55HVS55	P73SS73 sino a -2,50 m da p.c.	10,80	237,00
		Limi sabbiosi sino a -10,80 m da p.c.		
<b>ZONA 10</b>	P68HVS68	P73SS73 sino a -3,50 m da p.c.	17,50	272,00
		Limi sabbiosi sino a -17,50 m da p.c.		

TAB. 4 – TABELLA RIASSUNTIVA CON CARATTERIZZAZIONE DEI SISMOSTRATI IMPIEGATI NELLE ELABORAZIONI CON CODICE DI CALCOLO EERA PER LE AREE DI STUDIO DI PROVAZZANO

Anche per l'areale di Provazzano sono state ottenute, tramite il codice di calcolo **EERA**, le rappresentazioni grafiche dell'amplificazione sismica, espressa sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA<sub>0</sub>) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI<sub>0</sub>) per prefissati intervalli di periodi (0,10÷0,50 s e 0,50÷1,00 s), considerando tempi di ritorno di 475 anni e smorzamento del 5%.

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*  
**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

Nelle immagini rappresentate da **Fig. 36** a **Fig. 43**, sono pertanto contenuti, per ciascun segnale sismico di partenza: lo spettro di risposta al *bedrock* e in superficie, nonché gli spettri ricavati dai valori medi e dalle *NTC 2008*. Sempre allo scopo di calcolare l'Intensità di *Housner* sono stati raffigurati gli spettri medi in pseudo-velocità.

Come già osservato per l'ambito di Neviano capoluogo, gli spettri estrapolati dal codice di calcolo mostrano amplificazioni di gran lunga superiori a quello di categoria **B**, nei bassi periodi da 0 s a 0,2÷0,3 s, dopodiché diventano meno conservativi. Le amplificazioni massime possono essere anche 3 volte maggiori di quelle proposte dalla normativa.

Per quanto riguarda gli spettri di pseudo-velocità, si denotano innanzitutto bassi valori di amplificazione, che si sviluppano soprattutto nei periodi inferiori agli 0,50 s, mentre al di sopra di tale soglia, le differenze tra gli spettri in superficie e quelli ancorati al *bedrock*, risultano decisamente contenute.



## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

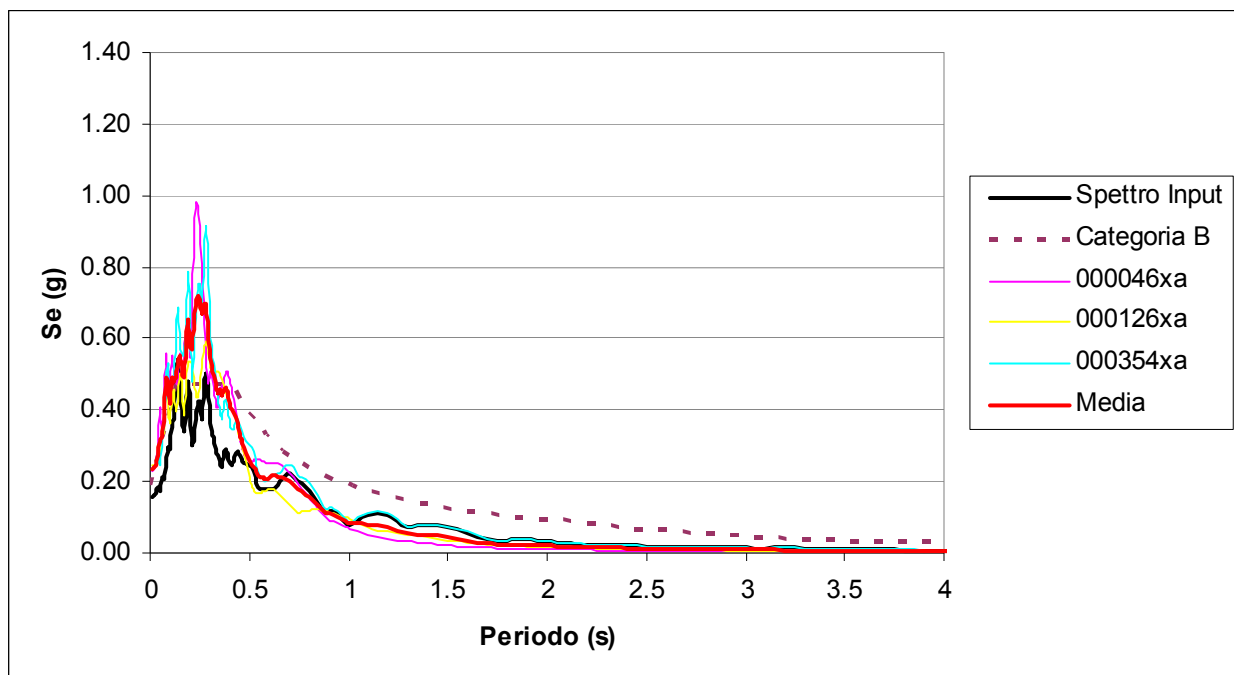


FIG. 36 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 7 DI PROVAZZANO  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

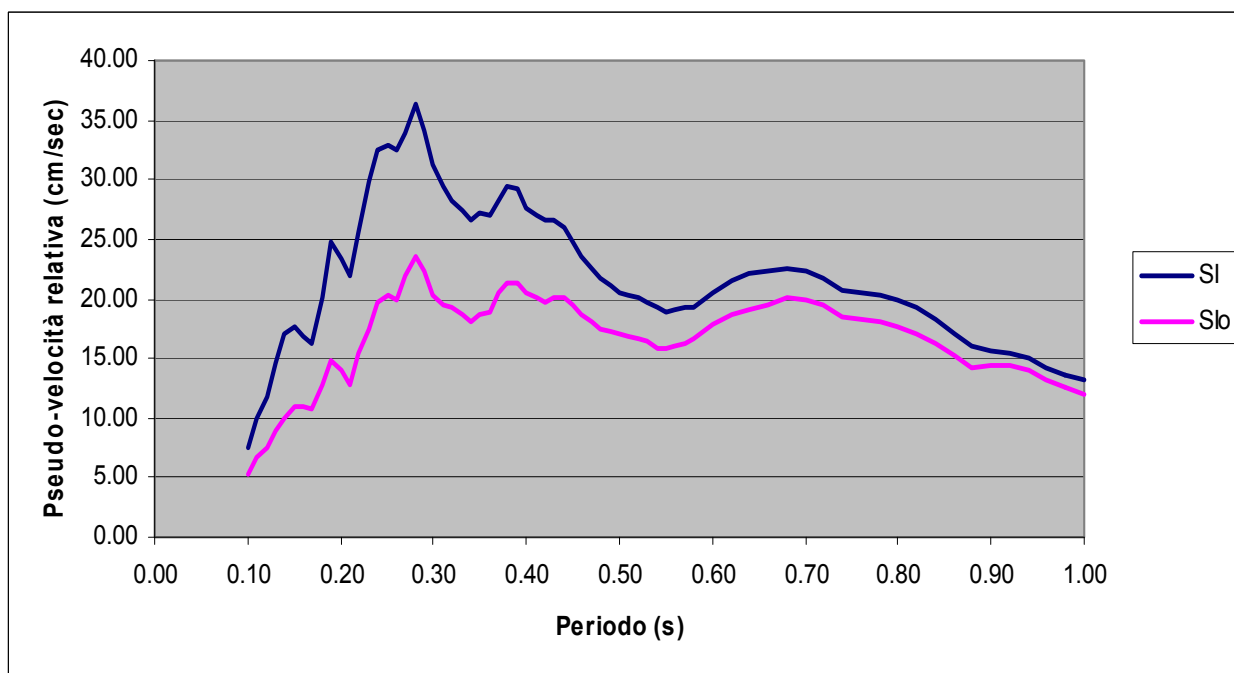
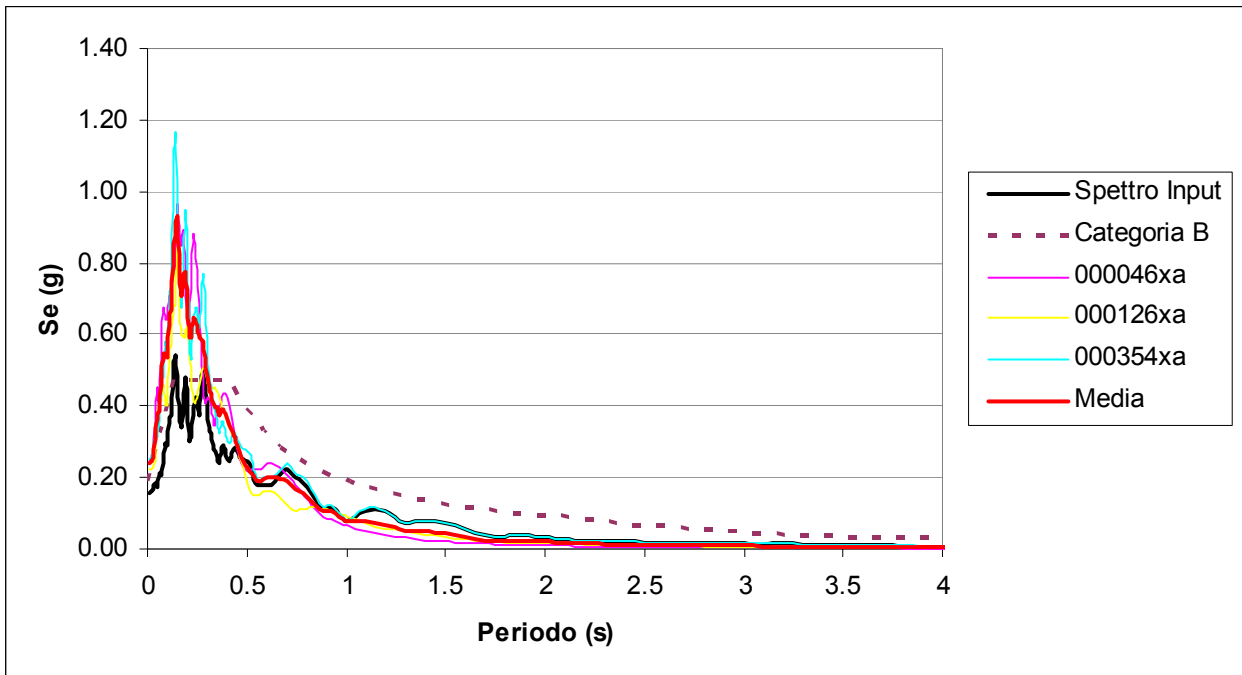


FIG. 37 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 7 DI PROVAZZANO  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

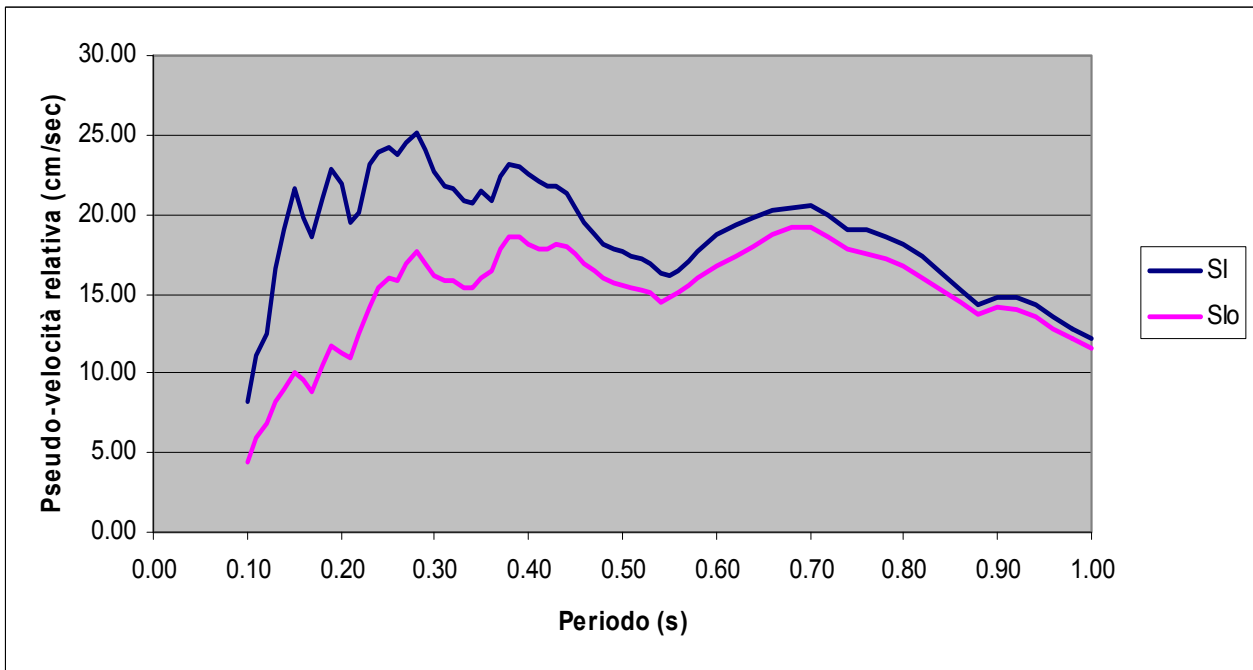
**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 38 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 8 DI PROVAZZANO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

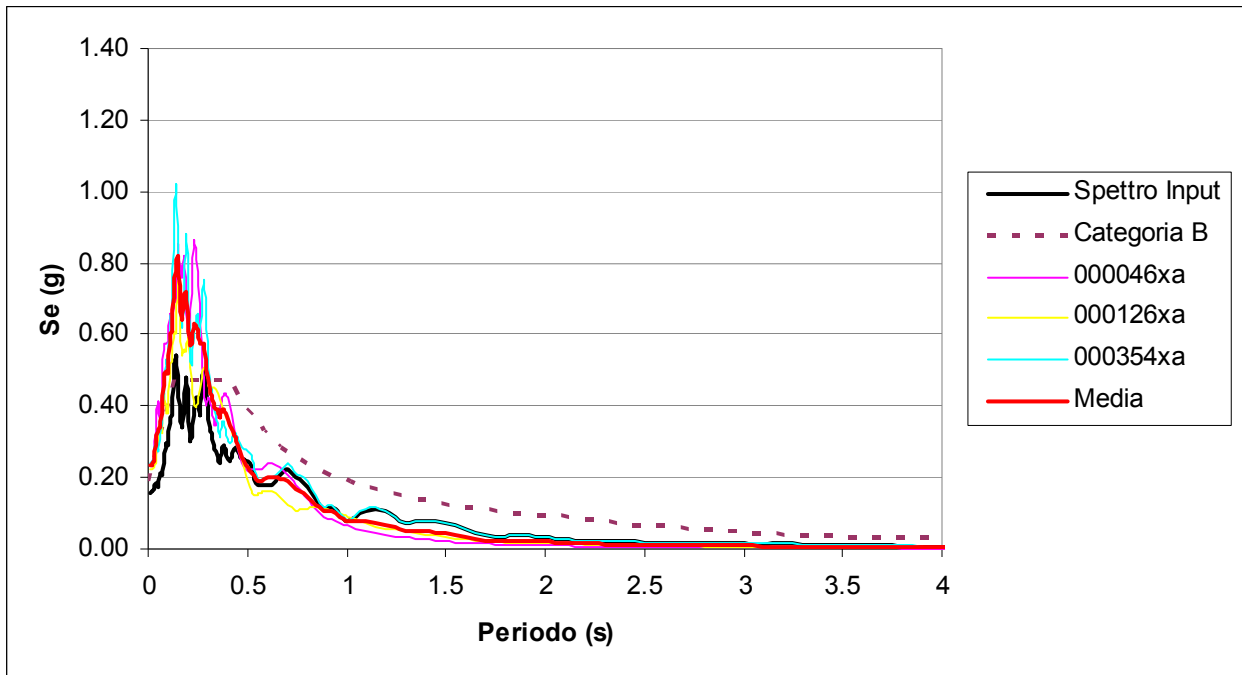


**FIG. 39 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 8 DI PROVAZZANO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

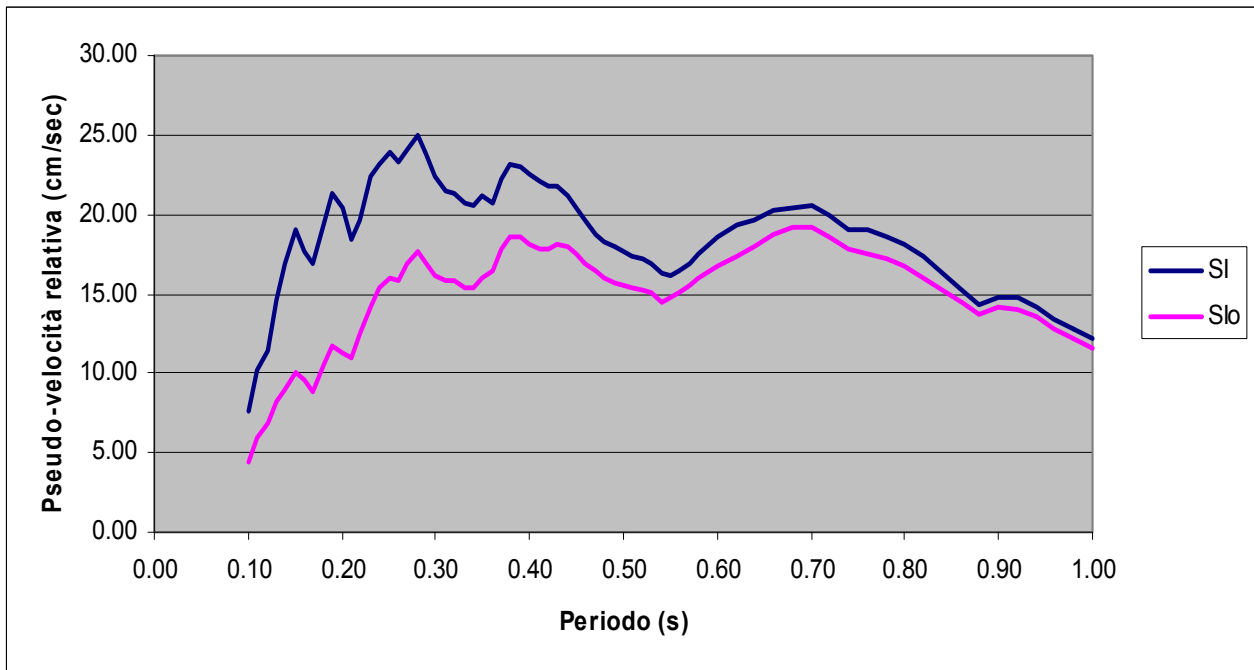
**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 40 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 9 DI PROVAZZANO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

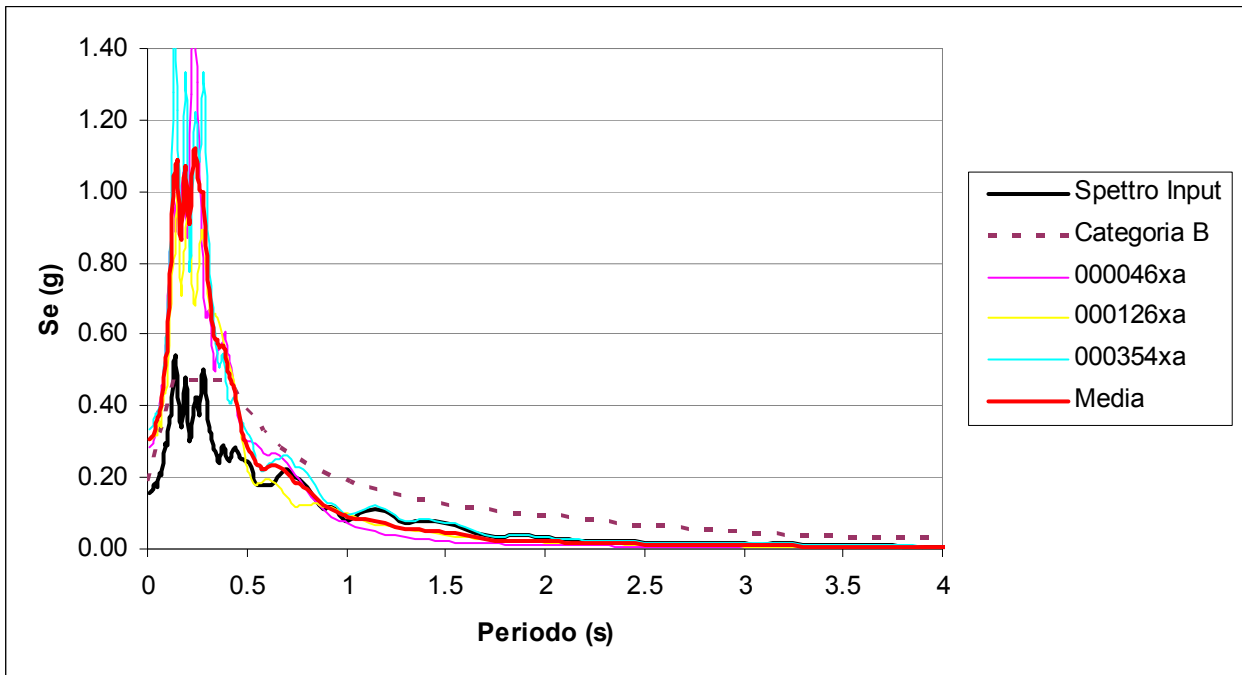


**FIG. 41 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 9 DI PROVAZZANO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

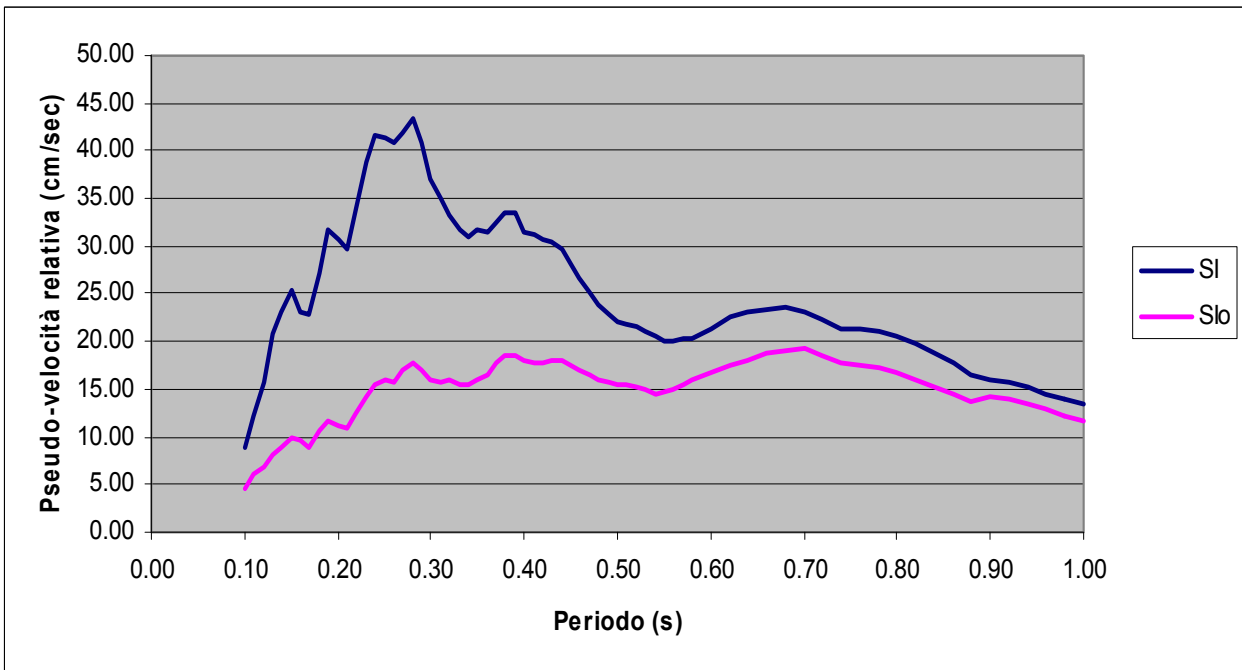
**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 42 – SPETTRI DI RISPOSTA RELATIVI ALLA ZONA 10 DI PROVAZZANO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%



**FIG. 43 – SPETTRI IN PSEUDO-VELOCITÀ RELATIVI ALLA ZONA 10 DI PROVAZZANO**  
TEMPO DI RITORNO 475 ANNI E SMORZAMENTO PARI AL 5%

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

Nella **Tab. 5** sono raccolti i risultati dei fattori di amplificazione provenienti dalle modellazioni numeriche condotte con *EERA* per ciascuna area, valutando sia il rapporto delle *PGA*, che quello delle intensità di *Housner*. Nel caso dell'abitato di Provazzano non sono stati inseriti i rispettivi valori ottenuti nel corso dei precedenti studi di 2° livello, ma quelli estratti *ex-novo* dagli abachi regionalizzati, con la nuova e differente perimetrazione delle zone sismiche.

In generale, i fattori di amplificazione si attestano su valori medi dell'ordine degli 1,50 (variabili da 1,47 a 1,52), se si esclude la **Zona 10**, contraddistinta da un aumento di *FA* sino a 1,95. Tale divario risulta ancora più evidente per i fattori di amplificazione determinati dal rapporto di Intensità di *Housner* nell'intervallo 0,1 s - 0,5 s, passando da 1,39-1,47 per le **zone 7, 8 e 9**, a 2,10 per la **Zona 10**.

Diversamente, nell'intervallo successivo (0,5 s - 1,0 s), le differenze appaiono decisamente più contenute; si passa infatti da fattori di amplificazione di 1,08-1,14 per le **zone 7, 8 e 9**, sino a 1,24 per la **Zona 10**.

	Modellazione numerica				2° Livello (DAL 112/2007)
	000046xa	000126xa	000354xa	Media	
<b>ZONA 7 Provazzano</b>					
<b>FA<sub>PGA</sub></b>	1,43	1,54	1,49	1,49	2,20
<b>FA<sub>SI</sub> (0,1-0,5 s)</b>	1,54	1,45	1,43	1,47	2,20
<b>FA<sub>SI</sub> (0,5-1,0 s)</b>	1,20	1,13	1,08	1,14	1,70
<b>ZONA 8 Provazzano</b>					
<b>FA<sub>PGA</sub></b>	1,48	1,40	1,52	1,47	1,90
<b>FA<sub>SI</sub> (0,1-0,5 s)</b>	1,42	1,35	1,41	1,39	1,90
<b>FA<sub>SI</sub> (0,5-1,0 s)</b>	1,10	1,06	1,07	1,08	1,50
<b>ZONA 9 Provazzano</b>					
<b>FA<sub>PGA</sub></b>	1,56	1,41	1,58	1,52	2,00
<b>FA<sub>SI</sub> (0,1-0,5 s)</b>	1,45	1,38	1,47	1,44	1,90
<b>FA<sub>SI</sub> (0,5-1,0 s)</b>	1,09	1,06	1,08	1,08	1,50
<b>ZONA 10 Provazzano</b>					
<b>FA<sub>PGA</sub></b>	1,80	1,94	2,11	1,95	2,20
<b>FA<sub>SI</sub> (0,1-0,5 s)</b>	2,08	2,04	2,17	2,10	2,50
<b>FA<sub>SI</sub> (0,5-1,0 s)</b>	1,29	1,20	1,22	1,24	1,90

TAB. 5 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE PER L'AREALE DI PROVAZZANO

#### 7.4. Verifiche di stabilità

---

La verifica di stabilità dei pendii accompagna le analisi sismiche di 3° livello, laddove siano stati rilevati elementi geologici e geomorfologici tali da conferire a determinate zone, condizioni d'instabilità o potenziale instabilità. In tali categorie vengono ricomprese sia le porzioni di versante interessate da movimenti in atto o quiescenti, sia quelle contraddistinte da evidenze morfologiche che potrebbero indicare una futura attivazione di fenomeni gravitativi.

Le analisi sono state concentrate lungo il versante che si sviluppa a partire dall'area crinalica su cui giace Neviano capoluogo, discende sino al Torrente Termina, passando per l'abitato di Provazzano e viene classificata, nelle cartografie regionale e provinciale, come frana quiescente.

Considerate, la geometria del pendio e le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, sono state eseguite verifiche all'equilibrio limite, mediante il metodo dei conci, per superfici di rottura imposte, in condizioni statiche, sismiche e post-sismiche, applicate seguendo l'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R2) come previsto dalle NTC 2008 e impiegando il software *Slope* della *Geostru*.

Tutti i calcoli sono stati svolti in termini di tensioni efficaci, per quanto concerne le condizioni statiche, visto che si può affermare che le variazioni di stato tensionale sono lente rispetto al tempo di dissipazione delle sovrapressioni dei pori, pertanto il problema si può considerare a lungo termine. Nelle condizioni sismiche, contraddistinte da un improvviso aumento della pressione dei pori, non bilanciata da una corrispondente rapida fuoriuscita di acqua, sono state affrontate le verifiche a breve termine.

Le verifiche di stabilità del versante sono state condotte in corrispondenza di n° 3 sezioni (**A**, **B** e **C**), già raffigurate nei capitoli precedenti, tracciate in modo tale da intercettare al meglio le prove esistenti e di reperire quindi la maggior quantità di informazioni stratigrafiche e sismiche, cercando di seguire le direzioni di massima pendenza.

Per quanto concerne la parametrizzazione geotecnica degli strati di terreno presenti nel volume significativo di sottosuolo, trattandosi di depositi detritici di frana quiescente, si sono assunti valori di resistenza al taglio intermedi tra quelli residui e di picco, come elencato di seguito:

- Terreni di tipo **A**: coesione drenata  $c'_A = 2$  kPa, angolo di resistenza al taglio  $\phi'^2 = 25,9^\circ$ , ( $\gamma_A = 21,50$  kN/m<sup>3</sup>);
- Terreni di tipo **B**: coesione drenata  $c'_A = 15$  kPa, angolo di resistenza al taglio  $\phi'^2 = 15^\circ$ , ( $\gamma_B = 20,60$  kN/m<sup>3</sup>);
- Terreni di tipo **C**: coesione drenata  $c'_A = 10$  kPa, angolo di resistenza al taglio  $\phi'^2 = 21^\circ$ , ( $\gamma_C = 21,00$  kN/m<sup>3</sup>).

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

---

Limitatamente ai depositi alluvionali terrazzati di fondovalle (terreni di tipo **D**), sono stati mantenuti i valori di resistenza al taglio di picco, pari a  $\phi' = 33^\circ$  ( $\gamma_A = 20,00 \text{ kN/m}^3$ ).

### 7.4.1. Verifica di stabilità in condizioni statiche (pre-sismiche)

Il metodo all'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Tra i molteplici sistemi di calcolo si è optato per quello di *Janbu*, che non rappresenta altro che un'estensione del metodo di *Bishop* a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \left\{ c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i) \times \tan \varphi_i \right\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i} / F}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

$F$  = fattore di sicurezza

$W_i$  = peso totale del concio

$\alpha_i$  = angolo tra la tangente al centro della base e l'orizzontale

$\varphi_i$  = angolo di resistenza al taglio

$c_i$  = coesione efficace

$b_i$  = ampiezza orizzontale del concio

$u_i$  = pressione neutra dell'acqua alla base del concio

Entrando nel dettaglio delle verifiche di stabilità, occorre evidenziare che, tutti i calcoli del fattore di sicurezza sono stati svolti sui tratti più critici delle sezioni **A**, **B** e **C**, come rappresentato nelle **Figg. 44, 45 e 46**, utilizzando sia le soggiacenze rilevate direttamente in campagna, sia condizioni più peggiorative indotte da un innalzamento del livello freatico di 2 m, in modo tale da poter riprodurre futuri eventi meteorologici eccezionali.

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

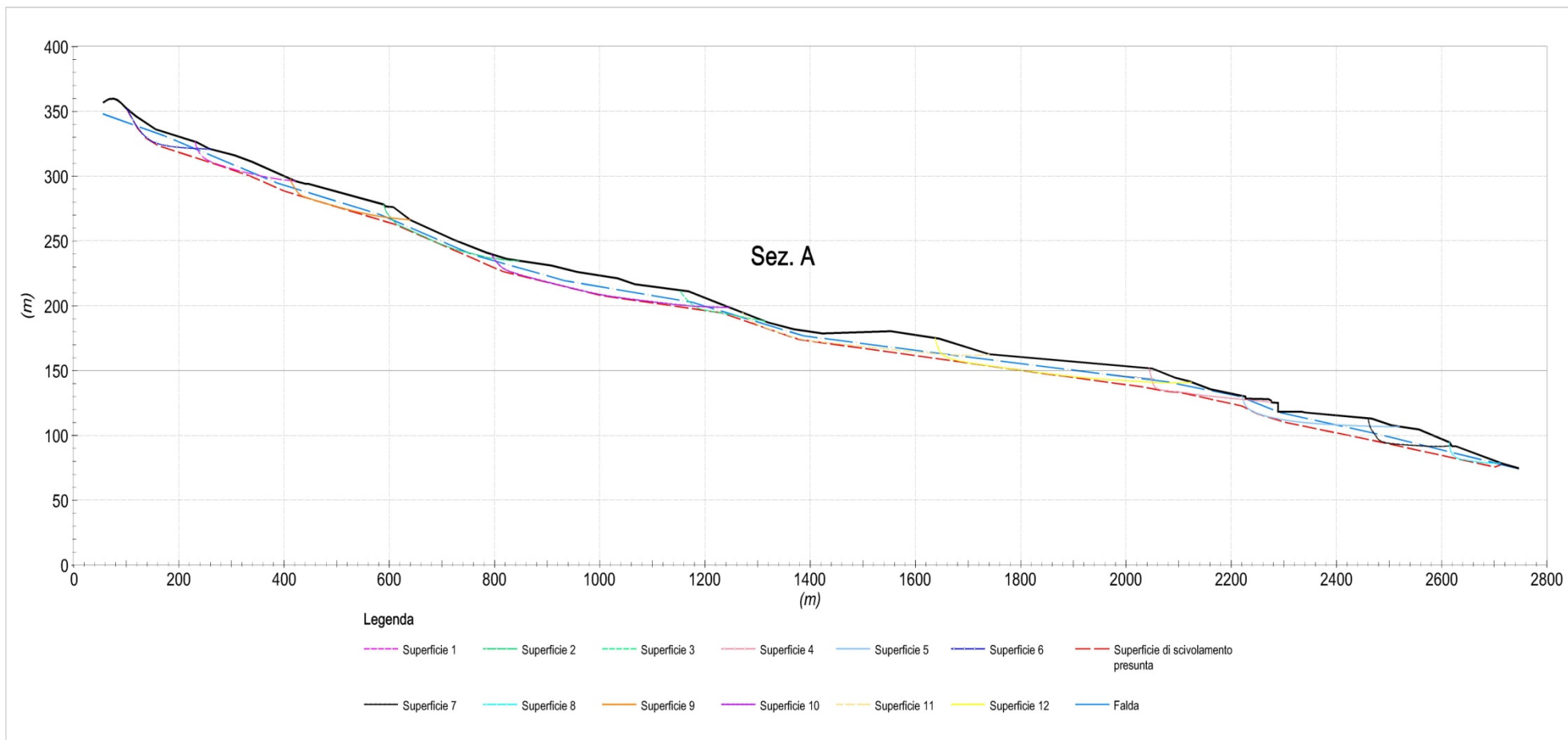


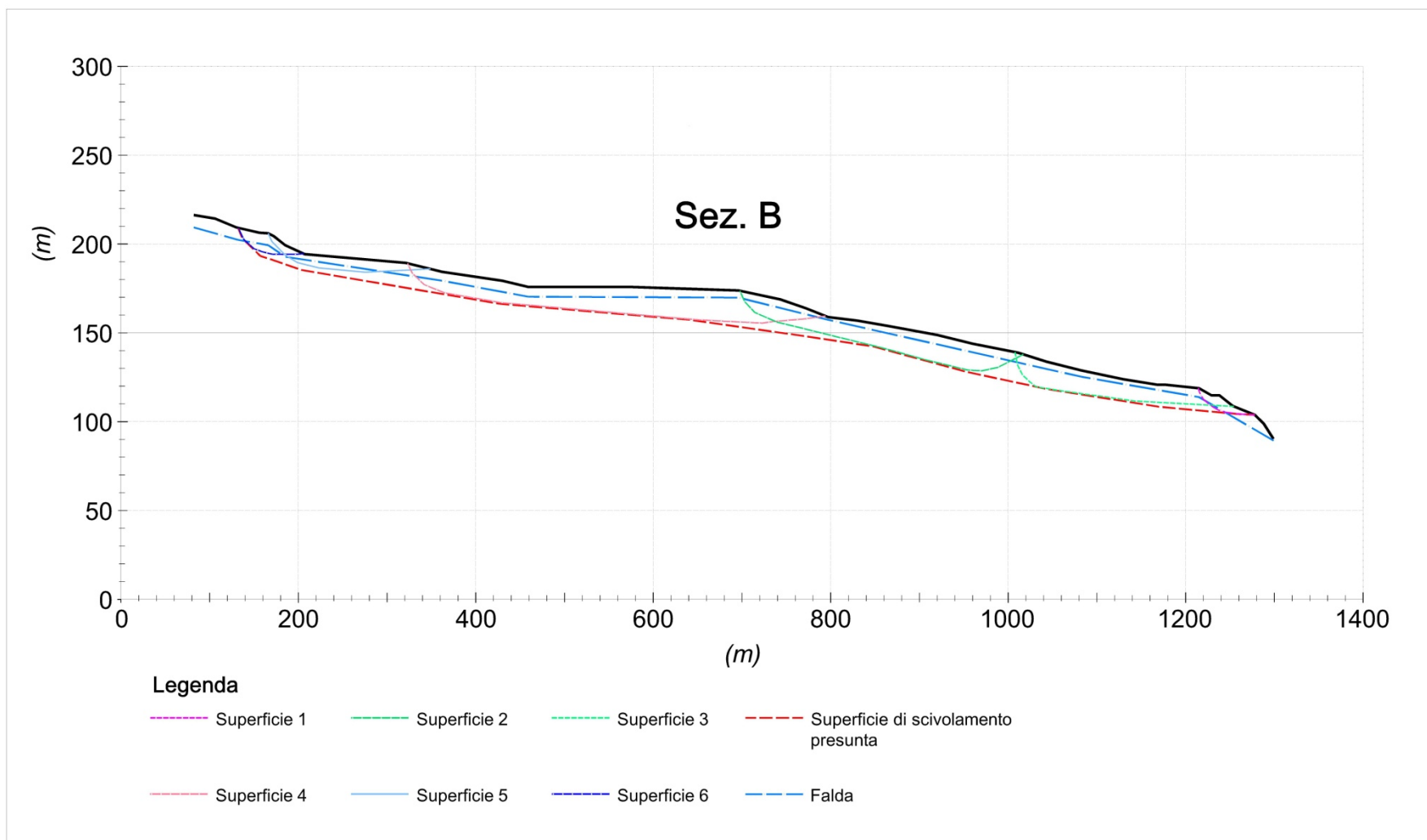
FIG. 44 – RAPPRESENTAZIONE DELLA SEZIONE A CON SCHEMATIZZAZIONE DELLE SUPERFICI DI CALCOLO



**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**FIG. 45 – RAPPRESENTAZIONE DELLA SEZIONE B CON SCHEMATIZZAZIONE DELLE SUPERFICIE DI CALCOLO**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

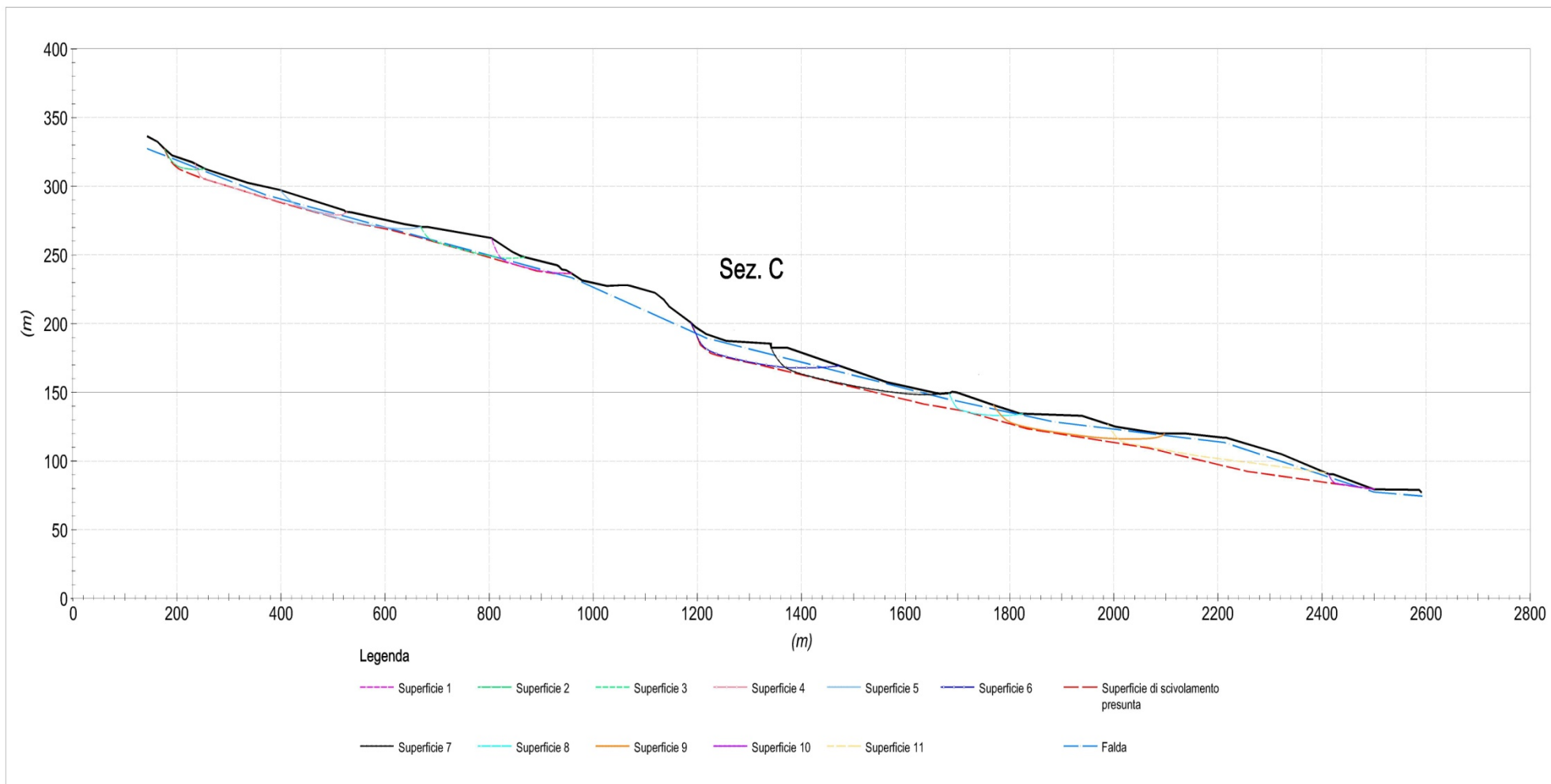


FIG. 46 – RAPPRESENTAZIONE DELLA SEZIONE C CON SCHEMATIZZAZIONE DELLE SUPERFICIE DI CALCOLO

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

Nelle **Tab. 6** e **7** sono invece indicati rispettivamente, i fattori di sicurezza determinati su ciascuna superficie di calcolo tracciata all'interno delle sezioni, quindi l'elenco delle classi di pericolosità di frana definite per differenti intervalli di *FS*.

Per consentire una miglior lettura dei risultati ottenuti, sono state tracciate le sezioni di calcolo suddivise in segmenti di diverso colore in funzione delle classi di pericolosità ottenute per ciascuna superficie critica (Cfr. **Fig. 47**).

Dall'analisi dei valori del fattore di sicurezza emerge che, nessuna traccia di sezione ha raggiunto condizioni critiche ( $FS < 1,3$ ), solamente nelle tracce 2 e 4 della sezione **A**, localizzate nella parte alta del versante ed esterne all'ambito di Provazzano, si sono ricavati valori inferiori a 2, mentre per il resto delle superfici, si evidenziano valori decisamente alti, anche maggiori di 5.

Si segnala inoltre che, l'innalzamento medio di 2 metri della falda non incide in maniera rilevante sull'incremento del fattore di sicurezza, al contrario dell'angolo del pendio, come dimostrato dalle superfici poste più a monte.

Sezione	Superficie											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>A</b>	2,08	1,84	2,73	1,50	4,89	3,18	3,20	3,08	4,25	3,83	6,53	5,69
<b>A</b> Con falda a +2	1,98	1,64	2,46	1,47	4,89	3,17	3,20	3,08	4,11	3,46	5,79	5,36
<b>B</b>	2,39	5,58	4,07	11,53	4,66	3,53						
<b>B</b> Con falda a +2	2,30	5,50	4,00	10,80	4,26	3,47						
<b>C</b>	3,03	3,35	4,26	4,73	5,06	5,02	4,28	4,26	7,45	4,92	6,34	
<b>C</b> Con falda a +2	2,98	3,27	4,18	4,65	5,00	4,95	4,03	3,94	7,01	4,89	6,20	

TAB. 6 – TABELLA DEI FS IN CONDIZIONI STATICHE

Fattore di sicurezza, FS	Rischio di frana
$FS \leq 1,05$	molto alto
$1,05 < FS \leq 1,25$	alto
$1,25 < FS \leq 1,45$	medio - alto
$1,45 < FS \leq 1,75$	medio - basso
$1,75 < FS \leq 2,05$	basso
$2,05 < FS \leq 3,00$	molto basso
$3,00 < FS$	praticamente nullo

TAB. 7 – CLASSI DI PERICOLOSITÀ DI FRANA IN CONDIZIONI STATICHE

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

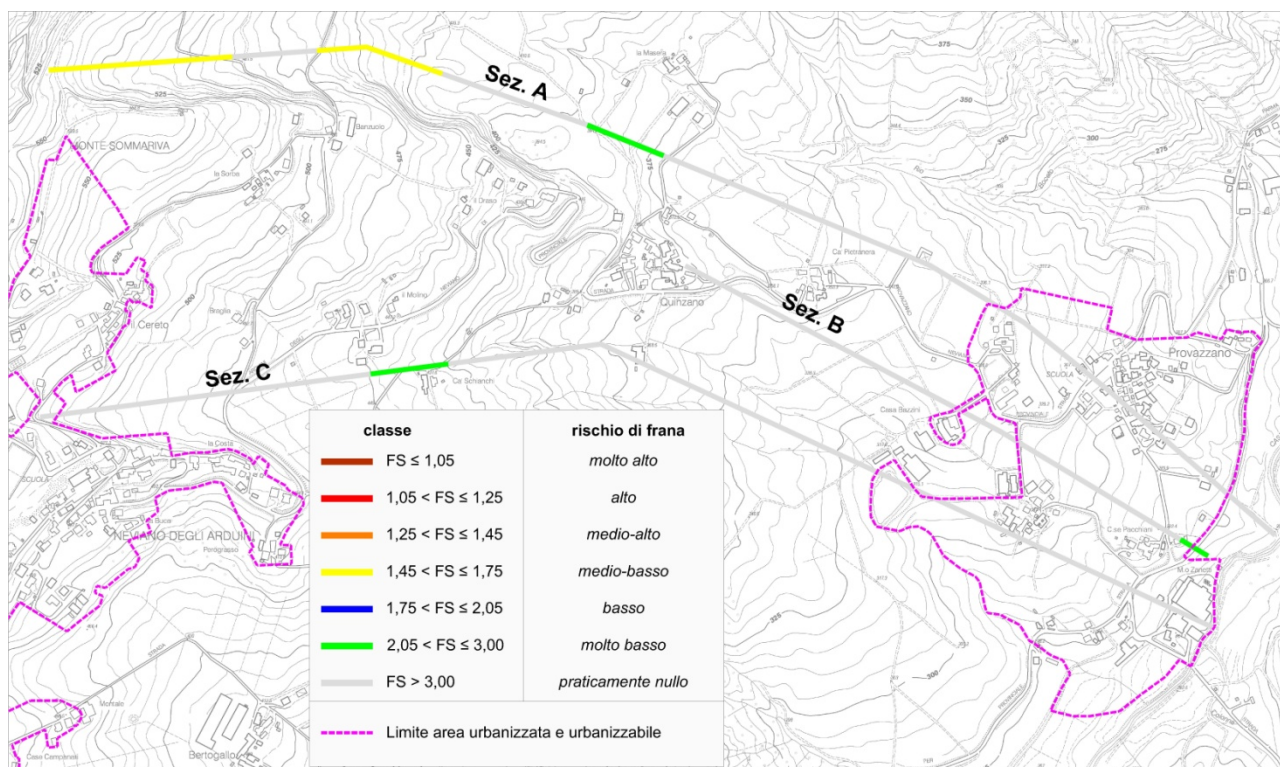


FIG. 47 – PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI FRANA IN CONDIZIONI STATICHE PER LE DIFFERENTI SEZIONI

### 7.4.2. Verifica di stabilità in condizioni sismiche e post-sismiche

Allo scopo di valutare il comportamento delle varie porzioni di versante, sottoposte ad azioni di tipo ciclico, indotte dal sisma, che determinano un generale aumento degli sforzi di taglio e delle pressioni neutre riducendo complessivamente le forze resistenti, sono state eseguite su tutte le superfici definite in precedenza, delle verifiche di tipo dinamico.

Le analisi hanno previsto nuovamente l'applicazione della formula di *Jambu* impiegando, in ragione del livello approfondimento da raggiungere e degli *standard* quali-quantitativi dei dati geotecnici in possesso, il metodo pseudo-statico agli *Stati Limite Ultimo*. Esso rappresenta un metodo approssimato, in quanto l'azione esercitata su di una massa che potenzialmente può scivolare verso il basso, viene espressa dalla somma tra il contributo statico e l'azione sismica determinata attraverso forze equivalenti come quota parte della massa del terreno in esame.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, si introducono i coefficienti sismici orizzontale  $K_h$  e verticale  $K_v$ , i quali vengono moltiplicati per la massa di ciascun concio, per determinare rispettivamente, la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio.

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

Secondo le indicazioni riportate dalle NTC 2008, il parametro  $K_h$  viene calcolato sulla base dell'accelerazione massima attesa al sito  $a_{max}$  (in g), desunta dalle analisi di risposta sismica locale e dal valore del fattore  $\beta_s$ , funzione della categoria di suolo e dell'accelerazione massima su terreno rigido di riferimento ( $ag= 0,158$ ):

$$K_h = \beta_s \times a_{max}/g$$

Il valore di  $a_{max}$  ( $ag \times S_S \times S_T$ , con  $S_T= 1$ ) varia da 0,308 nella porzione centrale dell'ambito di Provazzano, dove il fattore di amplificazione risulta pari a 1,95, passando a 0,237 nella restante parte di territorio, per effetto della diminuzione di  $S_S$  a 1,50.

Una volta determinati i valori di  $K_h$  si possono calcolare i corrispondenti coefficienti verticali, attraverso la relazione:

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Di seguito vengono elencati i parametri sismici relativi alle porzioni di versante in esame:

- Porzione centrale dell'ambito di Provazzano:  $K_h= 0,074$   $K_v= 0,037$
- Restante parte del territorio:  $K_h= 0,057$   $K_v= 0,029$

Come già rappresentato per le verifiche di stabilità in condizioni statiche, si ripropongono le tabelle riassuntive dei fattori di sicurezza emersi dagli approcci di tipo sismico con metodologia pseudo-statica, nonché la riclassificazione della pericolosità di frana in condizioni dinamiche (Cfr. **Tab. 8** e **Tab. 9**).

In questo caso si denotano consistenti abbattimenti dei valori dei fattori di amplificazione, anche più del doppio rispetto a quelli calcolati nelle condizioni statiche, soprattutto per quelli contraddistinti da valori di  $FS$  elevati.

Nuovamente in corrispondenza delle superfici 2 e 4 della sezione **A**, si rilevano i fattori di sicurezza minori, che risultano inferiori a 1,25 e talora a 1,15 (contrassegnati con il colore rosso), valori che attribuiscono alle aree un rischio di frana medio-alto e alto (Cfr. **Fig. 48**).

E' comunque necessario evidenziare che tali zone, caratterizzate da un aumento delle pendenze del pendio, si localizzano al di fuori degli ambiti trattati nel presente studio e non costituiscono pertanto un rischio nei confronti della salvaguardia delle opere esistenti e di nuova realizzazione.

Nelle sezioni **B** e **C** si sono calcolati fattori di sicurezza sempre maggiori di 1,70, limite che separa le aree a rischio di frana da quelle che mostrano pericolosità praticamente nulla. Sulla base dei risultati raggiunti tramite analisi di stabilità in condizioni dinamiche, che hanno messo in evidenza  $F_s$  sempre maggiori di 1, non si è ritenuto opportuno svolgere il calcolo degli spostamenti permanenti attesi.

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
 Comune di Neviano degli Arduini (PR)

Sezione	Superficie											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>A</b>	1,46	1,37	1,93	1,13	2,46	2,14	1,89	2,11	2,80	2,20	3,10	2,94
<b>A</b> Con falda a +2	1,39	1,22	1,73	1,10	2,44	2,10	1,87	2,09	2,71	1,99	2,75	2,76
<b>B</b>	1,83	2,83	2,37	5,23	3,08	2,50						
<b>B</b> Con falda a +2	1,80	2,71	2,18	5,12	2,88	2,28						
<b>C</b>	2,18	2,42	2,70	3,07	3,18	2,99	2,76	2,81	3,76	3,31	2,99	
<b>C</b> Con falda a +2	2,12	2,30	2,66	2,78	3,08	2,87	2,65	2,65	3,68	3,26	2,87	

TAB. 8 – TABELLA DEI FS IN CONDIZIONI DINAMICHE

Fattore di sicurezza, FS	Rischio di frana
FS ≤ 1,05	molto alto
1,05 < FS ≤ 1,15	alto
1,15 < FS ≤ 1,25	medio - alto
1,25 < FS ≤ 1,35	medio - basso
1,35 < FS ≤ 1,50	basso
1,50 < FS ≤ 1,70	molto basso
1,70 < FS	praticamente nullo

TAB. 9 – CLASSI DI PERICOLOSITÀ DI FRANA IN CONDIZIONI DINAMICHE

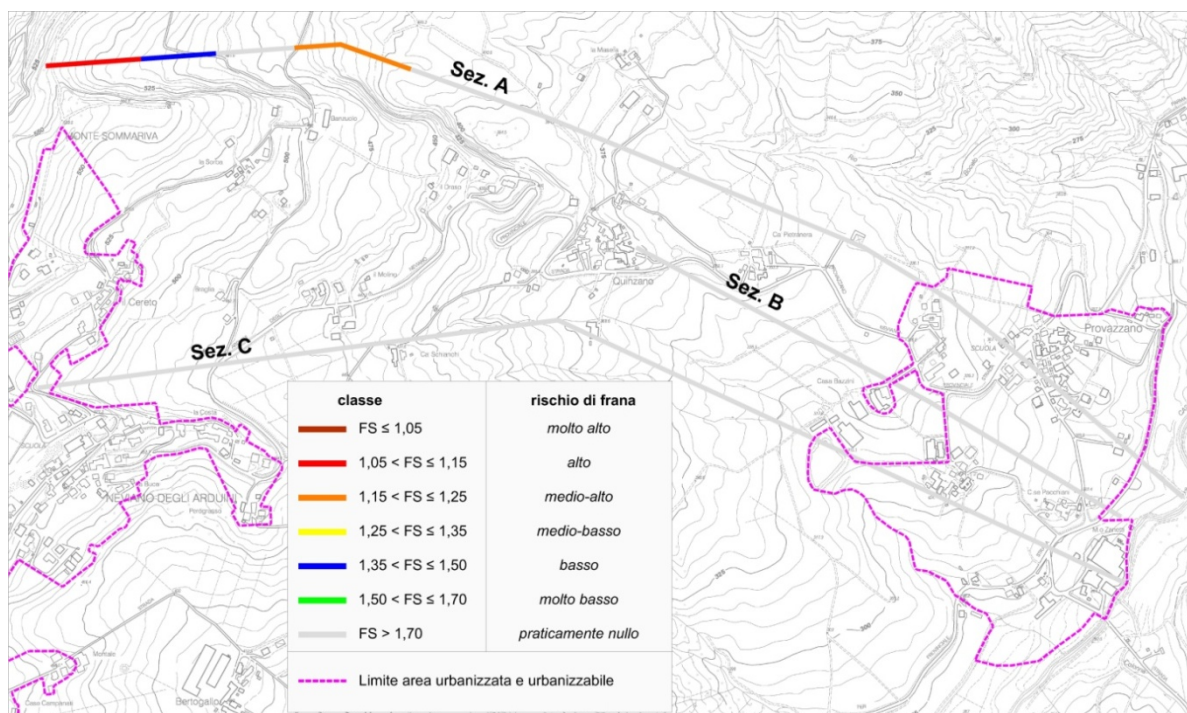


FIG. 48 – PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI FRANA IN CONDIZIONI DINAMICHE PER LE DIFFERENTI SEZIONI



## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

---

A conclusione delle analisi di stabilità di versante in condizioni sismiche sono stati svolti i calcoli degli spostamenti permanenti attesi in corrispondenza dei tratti di sezione ritenuti più significativi, adottando metodi dinamici semplificati.

Nello specifico, si è ritenuto opportuno focalizzare le valutazioni sulla **Sezione A** con *falda a +2* limitatamente alla *superficie 4*, che ha mostrato i valori minimi di  $F_s$ , pari a 1,10.

Dato che i fattori di sicurezza risultano tutti maggiori di 1, è stato adottato un coefficiente sismico critico orizzontale  $K_c$  (coefficiente sismico pseudostatico che corrisponde alla condizione  $F_s=1$ ), uguale al coefficiente sismico orizzontale calcolato in precedenza, pari a 0,057.

Sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, nonché in relazione alle condizioni geometriche del pendio, si è optato per la metodologia di calcolo proposta da *Newmark*, che considera lo spostamento cosismico del versante per la superficie d'analisi  $S_\alpha$ , approssimato ad un blocco rigido su piano inclinato vibrante di pendenza  $\alpha$  e angolo di attrito  $\phi$ .

Lo spostamento atteso viene pertanto espresso dalla seguente relazione:

$$S_\alpha = S_0 * A$$

Dove:

$$A = \cos(\phi - \alpha) / \cos \phi$$

$S_0$  = spostamento del blocco sul piano orizzontale determinato dalla formula:

$$S_0 = \frac{37v_{max}^2}{a_{max}} * e^{-9,4 \frac{a_c}{a_{max}}}$$

Dove:

$a_{max}$  = accelerazione massima del moto alla base del pendio ( $g$ )

$v_{max}$  = velocità massima del moto alla base ( $cm/s$ )

$a_c$  = accelerazione critica =  $K_c * g$

Dalla formule suddette risulta un valore  $S_0$  di 1,26 cm e un relativo valore di  $S_\alpha$  leggermente superiore, pari a 1,37 cm, a cui può essere associato un livello del danno atteso (Cfr. **Tab. 10**) da "irrilevante" (*Idriss*, 1985) a "modesto" (*Legg & Slosson*).

Si evidenzia che, all'interno dei *files* di archiviazione, il valore dello spostamento atteso  $S_\alpha$  è stato inserito nello *shape* "Instab" ricompreso nella cartella MS3, in corrispondenza del campo FRT. Allo scopo di consentire un corretto inserimento dei valori di  $S_\alpha$  nel file vettoriale, in accordo con il Dott. Martelli, del Servizio Geologico Regionale, si è disposto di adottare limitatamente allo *shape* "Instab" la vestizione

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

---

proposta negli standard "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 3.0", a sostituzione della precedente (2.0).

<b>Grado di danno</b>	<b>Legg &amp; Slosson (1984) <math>u</math> (cm)</b>	<b>Idriss (1985) <math>u</math> (cm)</b>
Irrilevante	< 0,5	<b>&lt; 3</b>
Modesto	<b>0,5 - 5</b>	15
Forte/Moderato	5 - 50	30
Severo/Elevato	50 - 500	90
Catastrofico	> 500	300

TAB. 10 – INDICAZIONI IN LETTERATURA DEI LIVELLI DI DANNO ATTESO PER LE STRUTTURE

Nella determinazione dello stato di stabilità nelle condizioni post-sismiche, risulta necessario valutare il fenomeno della degradazione dei parametri di resistenza al taglio dei terreni per effetto della ciclicità del carico. Questo aspetto assume un rilievo significativo quando il valore della deformazione di taglio ciclica indotta dal sisma ( $\gamma_c$ ) supera quello della deformazione di soglia volumetrica ( $\gamma_v$ ), che segna il passaggio dal campo delle deformazioni elastiche non lineari a quello delle deformazioni elasto-plastiche. Per il calcolo della deformazione ciclica, viene impiegata la seguente relazione:

$$\gamma_c = \tau_{eq}/G = 0,65 \times (a_{max}/g) \times \sigma_v \times r_d/G$$

Dove:

$a_{max}$  = accelerazione massima attesa al sito

$\sigma_v$  = tensione litostatica verticale

$r_d$  = fattore di riduzione di  $a_{max}$  con la profondità (a scopo cautelativo si è considerata la profondità massima del piano di scorrimento)

G: profondità del modulo di taglio alla profondità del piano di scorrimento

Per quanto concerne il calcolo della deformazione di soglia volumetrica ( $\gamma_v$ ), essendo tale parametro dipendente dalle variazioni del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento, si sono analizzate gli andamenti delle curve di degrado caratteristiche dei materiali attraversati dall'analisi.

Tutte le considerazioni sopraesposte sono state sviluppate per 2 verticali di calcolo. La prima, posizionata nella porzione medio-alta del versante, caratterizzata dalla prova P65HVSR65 e curva di degrado del detrito, mostra una copertura (terreni di tipo **A**) spessa circa 15,70 m da p.c. Nella seconda verticale, inserita all'interno dell'ambito di Provazzano e rappresentata dalla prova P68HVSR68, si evidenzia un assetto sismo-stratigrafico costituito da una copertura di spessore pari a circa 3,50 m (terreni di tipo **B**), che giace al di sopra di depositi detritici che si sviluppano su di un substrato geologico a profondità di circa -17,50 m da p.c. (terreni di tipo **C**). Considerato che, la porzione più importante di sottosuolo è costituita da terreni di tipo

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

**C**, si sono utilizzati i parametri relativi a tali depositi per rappresentare l'intera verticale (curva di degrado dei limi sabbiosi). I moduli di taglio ricavati dalle aree indagate e diminuiti di una quota pari al 20% ipotizzando l'instaurarsi di fenomeni di degradazione, risultano 165 MPa per i terreni di tipo **A** e 159 MPa per quelli di tipo **B**.

Determinando quindi i parametri  $\sigma_v$  (337 kPa e 367 kPa),  $r_d$  (0,76 e 0,74) e  $a_{max}$  (0,237g e 0,308g), si sono ottenuti dei valori di  $\gamma_c$  pari a 0,024% e 0,034%, tutti inferiori a quelli di soglia volumetrica (0,048% e 0,036%), desunti dalle curve di degrado dei materiali.

Sulla base dei risultati conseguiti, si può affermare che nei depositi presenti sul versante in esame, non sono da attendersi fenomeni di degradazione dei parametri di resistenza, al verificarsi di terremoti con tempo di ritorno di 475 anni. Pertanto, in seguito all'evento sismico si possono ritenere attendibili i parametri di resistenza al taglio caratteristici delle condizioni statiche pre-sismiche.

## **8. ELABORATI CARTOGRAFICI**

---

Nello svolgimento della microzonazione sismica di terzo livello, così come per gli studi di minor approfondimento, vengono realizzate delle cartografie allo scopo di ottenere una migliore e più chiara rappresentazione dei risultati ottenuti. Nel dettaglio, si riportano gli elaborati grafici presenti in allegato, comprensivi delle cartografie fondamentali dei livelli di approfondimento precedenti, ricostruite sulla base dei risultati emersi nel corso delle analisi di III° Livello, e per la cui descrizione si rimanda ai paragrafi seguenti.

- Carta delle indagini – *Ambito A1\_Neviano capoluogo* – **Elaborato 1.a** (Scala 1:5.000)
- Carta delle indagini – *Ambito A2\_Provazzano* – **Elaborato 1.b** (Scala 1:5.000)
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – *Ambito A1\_Neviano capoluogo* – **Elaborato 2.a** (Scala 1:5.000)
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – *Ambito A2\_Provazzano* – **Elaborato 2.b** (Scala 1:5.000)
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 – *Ambito A1\_Neviano capoluogo* – **Elaborato 3.a** (Scala 1:5.000)
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 – *Ambito A2\_Provazzano* – **Elaborato 3.b** (Scala 1:5.000)

## **8.1. Carta delle indagini**

---

La redazione delle tavole alla scala 1:5.000, ha previsto la preventiva raccolta di dati preesistenti, riguardanti indagini geognostiche realizzate in corrispondenza degli ambiti, o nelle immediate vicinanze, contenuti prevalentemente all'interno degli studi di pianificazione comunale, integrati da prove di nuova esecuzione.

Si ricorda che, gran parte delle informazioni è stata estratta dagli elaborati redatti a corredo degli studi di microzonazione sismica di I° e II° livello (*Geostudi*, 2012).

Tutte le prove, sono state opportunamente codificate, analizzate ed elaborate, per consentire una corretta ricostruzione del modello geologico e dei mutui rapporti tra il substrato e la copertura.

Le indagini in sito di nuova realizzazione con le relative rappresentazioni grafiche, suddivise per tipologia in sondaggi geognostici, prove di laboratorio e prove tomografiche, sono contenute rispettivamente all'interno degli **elaborati 4, 5 e 6**.

All'interno degli elaborati grafici, sono state distinte le prove in base alla tipologia, in:

- sondaggio a carotaggio continuo (distinguendo se intercetta o meno il substrato)
- prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- prova penetrometrica dinamica pesante
- trincea o pozzetto esplorativo
- stazione microtremore a stazione singola
- Prova sismica a rifrazione

come raffigurato nella legenda riportata in **Fig. 49**.

## Legenda

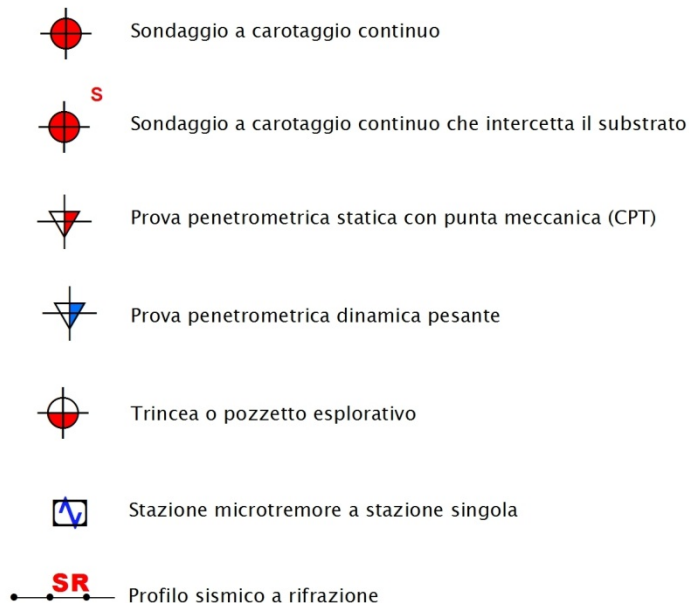


FIG. 49 – RAPPRESENTAZIONE DELLA LEGENDA DELLA CARTA DELLE INDAGINI

Nelle carte sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri del territorio urbanizzato e urbanizzabile, ove sono state concentrate le analisi, ma ugualmente utili a definirne le caratteristiche litostratigrafiche.

Nei successivi paragrafi vengono specificati numero e tipologia di indagini con riferimento ai due ambiti oggetto di studio.

### 8.1.1. Ambito A1 Neviano capoluogo

Complessivamente, la ricerca bibliografica ha consentito di raccogliere, per l'areale di Neviano capoluogo, le seguenti indagini (Cfr. **Elaborato 1.a**):

- N° 3 sondaggi a carotaggio continuo
- N° 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT), entrambe esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 9 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- N° 9 trincee o pozzetti esplorativi

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)*

---

- N° 7 stazioni microtremore a stazione singola

Ad integrazione dei dati reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale, è stata realizzata n° 1 prova sismica HVSR, all'esterno del perimetro dell'urbanizzato e urbanizzabile.

### **8.1.2. Ambito A2 Provazzano**

Analogamente a quanto già espresso per il capoluogo, si elencano le prove esistenti e di nuova realizzazione all'interno e in prossimità dell'areale di Provazzano (Cfr. **Elaborato 1.b**):

- N° 8 sondaggi a carotaggio continuo, di cui 5 esterni al perimetro dell'urbanizzato e dell'urbanizzabile
- N° 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 12 trincee o pozzetti esplorativi, di cui 6 esterni al perimetro dell'urbanizzato e dell'urbanizzabile
- N° 19 stazioni microtremore a stazione singola, di cui 7 esterne al perimetro dell'urbanizzato e dell'urbanizzabile
- N° 3 stendimenti di sismica a rifrazione

Per consentire l'elaborazione degli approfondimenti di 3° Livello, tra le prove sopraelencate ve ne sono contenute alcune realizzate a corredo del presente studio. Tra di esse, si evidenziano n° 2 sondaggi a carotaggio continuo, con raccolta di campioni ed esecuzione di prove in foro e n° 8 stazioni microtremore a stazione singola.

## **8.2. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica**

---

Rappresenta il documento fondamentale del I° livello di approfondimento in quanto, si ottiene mediante elaborazione dei tematismi geologico-morfologici e dei dati litostratigrafici forniti dalle indagini geognostiche e geofisiche.

L'obiettivo principale di detto elaborato, riguarda la suddivisione del territorio in aree omogenee caratterizzate da una diversa suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma.

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03*

**Comune di Neviano degli Arduini (PR)**

---

Viene predisposta con l'intento di definire, per ciascuna area, gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare.

In particolare, nella **MOPS** (Cfr. **Elaborati 2.a e 2.b**), il territorio può essere suddiviso nelle seguenti tre classi:

- **Zone stabili:** riguardano quelle zone che, ad esclusione dello scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento, non presentano effetti di alcuna natura. Trattasi di aree in cui il substrato roccioso, caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s > 800$  m/s, risulta affiorante o sub-affiorante (con spessori delle coperture minori di 3 m), con morfologia pianeggiante o poco inclinata (versanti con inclinazione inferiore a circa  $15^\circ$ ). All'interno di queste aree non sono richiesti approfondimenti supplementari. Si evidenzia comunque che, in nessuna delle realtà studiate, si sono rilevate le condizioni suddette;
- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** all'interno di queste aree sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Raggruppano le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s < 800$  m/s. Gli spessori di questi terreni devono essere superiori ai 3 m. Per queste aree, si prevedono affetti attesi di amplificazione stratigrafica con la richiesta di approfondimenti del II° Livello;
- **Zone suscettibili d'instabilità:** rientrano in questa categoria le aree che, oltre ad essere soggette ad amplificazioni del moto sismico, possono dar luogo a instabilità (aree di frana attiva, aree di frana quiescente, aree soggette a cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia, ecc.). Per tali aree sono previsti approfondimenti di III° Livello.

Ad ogni microzona, è stata associata una successione stratigrafica rappresentativa, ricostruita attraverso l'analisi dei dati forniti sia dalle indagini geognostiche preesistenti, che da quelle realizzate ex-novo.

### **8.2.1. Ambito A1 Neviano capoluogo**

Nel complesso, come già espresso in precedenza, nei territori urbanizzati e urbanizzabili dell'areale di Neviano capoluogo sono state mantenute le 6 microzone omogenee individuate negli studi di I° e II° livello progressi, ciascuna rappresentata da una successione stratigrafica univoca:



## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

- **Zona 1:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore variabile da 5 metri a 10 metri (Cfr. **Fig. 50**). Si individua all'estremità meridionale del Capoluogo.

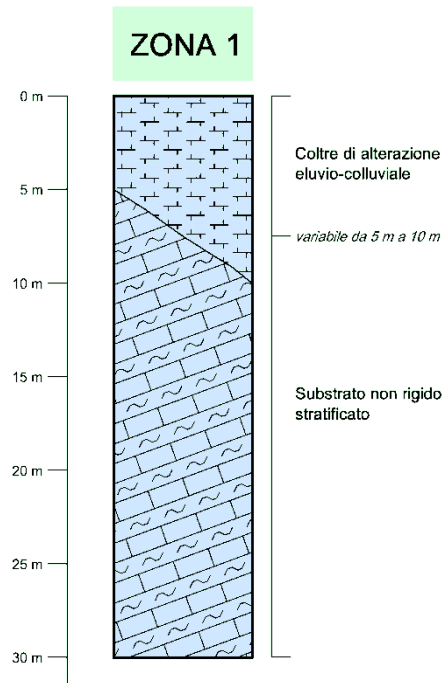


FIG. 50 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 1

- **Zona 2:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio pari a circa 15 metri (Cfr. **Fig. 51**). Si rileva in corrispondenza di un piccolo areale a nord dell'area oggetto di studio.

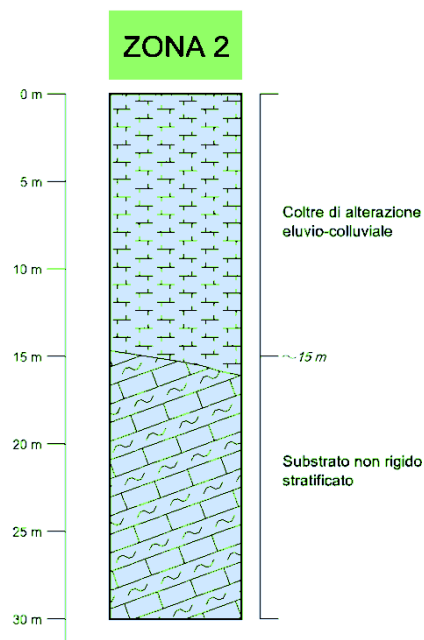


FIG. 51 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 2

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

- **Zona 3:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio pari a circa 30 metri, seguita da un orizzonte più superficiale di spessore variabile da 5 a 10 metri, di depositi eluvio-colluviali costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in matrice prevalentemente argillosa (Cfr. **Fig. 52**). Viene individuato nel settore nord-orientale del capoluogo.

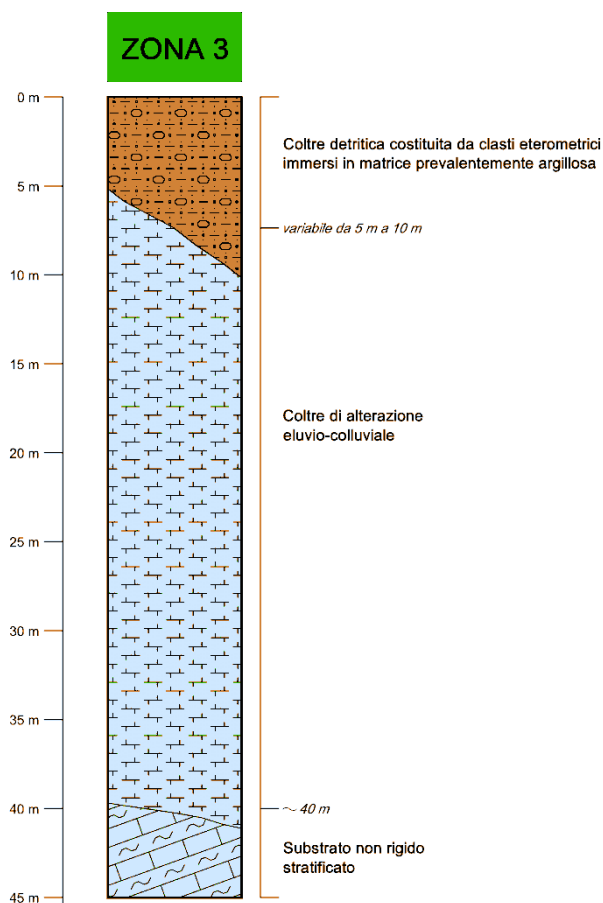


FIG. 52 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 3

- **Zona 4:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio pari a circa 5 m (Cfr. **Fig. 53**). Contraddistingue gran parte del capoluogo, in particolare la porzione centrale.

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

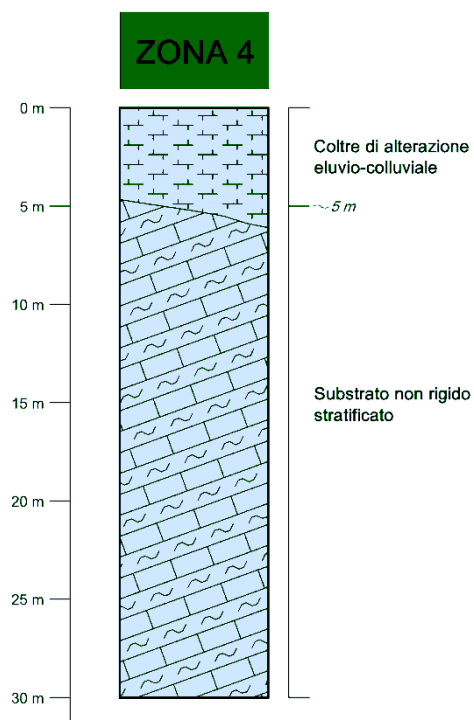


FIG. 53 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 4

- **Zona 5:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio pari a circa 10 metri (Cfr. **Fig. 54**). Caratterizza la porzione settentrionale del capoluogo.

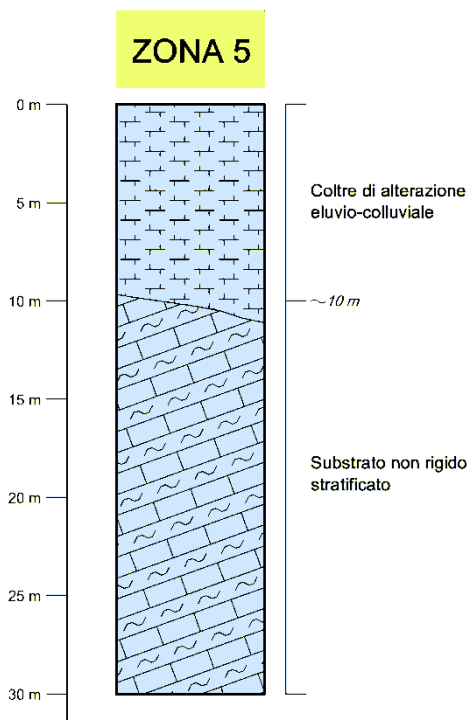


FIG. 54 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 5

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

- **Zona 6:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio pari a circa 15-20 metri, seguita da un orizzonte più superficiale di spessore medio pari a circa 3 metri, di eluvio-colluviali costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in matrice prevalentemente argillosa (Cfr. **Fig. 55**). Si trova nel settore centro settentrionale del capoluogo.

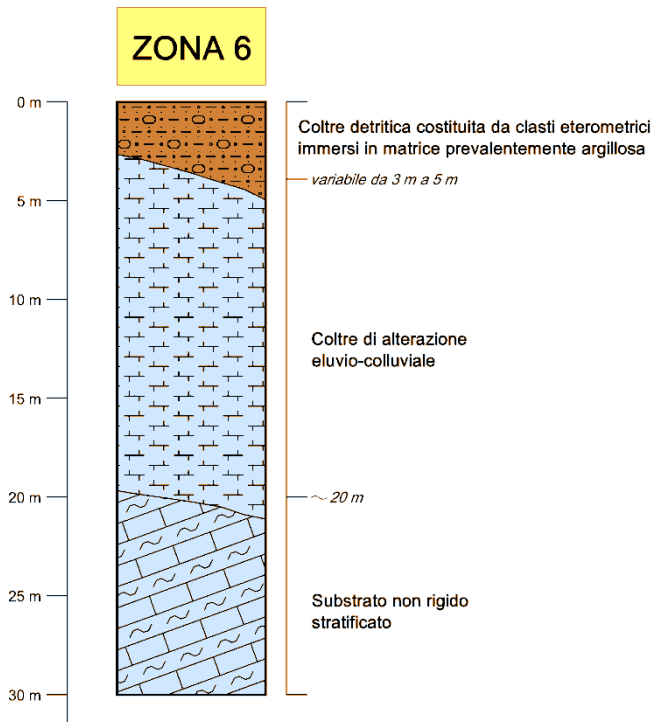


FIG. 55 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 6

In prossimità del confine nord-orientale dell'ambito si individua una piccola area ricadente sul coronamento di una frana di tipo quiescente, che viene classificata come "Zona di attenzione per instabilità di versante quiescente" (Cfr. **Fig. 56**).

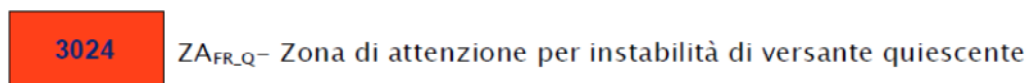


FIG. 56 – LEGENDA ADOTTATA PER LE "ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE QUIESCENTE"

### 8.2.2. Ambito A2 Provazzano

Quasi la totalità dell'ambito di Provazzano, ad esclusione dell'area terrazzata sul T. Termina di Castione, ricade al di sopra di corpi di origine detritica (ricompresi all'interno della "zona di attenzione per instabilità di versante quiescente", Cfr. **Fig. 56**), nella quale la definizione della pericolosità sismica verrà condotta

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

attraverso elaborazioni di III° Livello. Per tali motivi, si è ritenuto necessario ricostruire solamente la colonnina stratigrafica relativa alla zona terrazzata descritta di seguito:

- **Zona 7:** Successione stratigrafica costituita da un substrato non rigido non stratificato ricoperto da depositi alluvionali, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosa, di spessore medio pari a circa 15 metri (Cfr. **Fig. 57**). Contraddistingue il terrazzo fissato nella parte bassa del versante in prossimità del T. Termina di Castione.

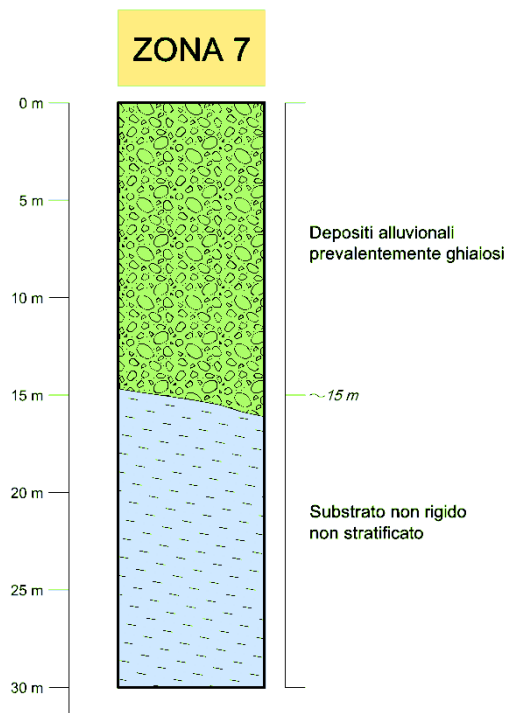


FIG. 57 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 7

### 8.3. Carta di microzonazione Livello 3

Questo elaborato rappresenta lo strumento fondamentale per valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica di un'area instabile, potenzialmente instabile o, come nel caso di Neviano capoluogo, di un centro abitato che contiene edifici strategici. Il risultato è stato conseguito attraverso l'analisi della risposta sismica locale, ottenuta secondo le procedure di calcolo descritte nei capitoli precedenti, tenendo conto inoltre, delle verifiche di stabilità del versante. Seguendo lo schema già utilizzato per la carta delle indagini, è stato redatto un elaborato per ciascun centro abitato d'interesse, in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate per i vari settori di territorio in esame, quantificate in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ).

### 8.3.1. Ambito A1 Neviano capoluogo

Come già affermato nei capitoli precedenti, la preliminare suddivisione dell'ambito di Neviano capoluogo in aree omogenee sulla base dei diversi fattori di amplificazione sismica, è stata impostata a partire dalla zonazione già manifestata negli studi di II° livello, che ha previsto l'individuazione di sei zone contraddistinte da un analogo assetto sismo-stratimetrico. Le successive analisi di carattere numerico, sviluppate nel presente studio hanno consentito di riassegnare i valori dei fattori di amplificazione per tutti gli areali, come riportato nella seguente tabella:

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	ZONE					
	1	2	3	4	5	6
F.A. P.G.A.	1,45	1,45	1,83	1,29	1,49	1,56
F.A. Is (0.1s<T <sub>0</sub> <0.5s)	1,21	1,39	1,87	1,12	1,37	1,60
F.A. Is (0.5s<T <sub>0</sub> <1.0s)	1,03	1,08	1,42	1,02	1,06	1,25

TAB. 11 - TABELLA RIASSUNTIVA DEI VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE – NEVIANO CAPOLUOGO

Conseguentemente agli accorpamenti effettuati, in accordo con le indicazioni riportate negli standard di rappresentazione, è stata adottata una riduzione delle zone da sei a tre, come raffigurato nell'elaborato *Carta di microzonazione Livello 3 – Neviano capoluogo (Elaborato 3a)* e sintetizzato nella relativa legenda esposta di seguito:

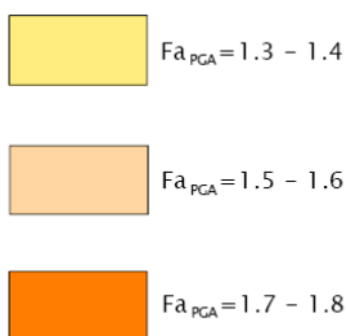


FIG. 58 - LEGENDA ADOTTATA PER L'ACCORPAMENTO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI – NEVIANO CAPOLUOGO

Nello stesso elaborato sono state cartografate le zone suscettibili di instabilità, seguendo lo schema proposto dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Versione 3.0" allo scopo di evidenziare sia i fattori di amplificazione  $Fa_{PGA}$ , sia il range di valori dello spostamento atteso (**FRT**), tramite la sovrapposizione di due tipologie di retino (Cfr. Fig. 59). Considerato che, le zone suscettibili d'instabilità sono limitate a piccoli areali ai margini settentrionali dell'ambito di Neviano Capoluogo, sono stati adottati i

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

fattori di amplificazione calcolati nelle adiacenti "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali", mentre per gli spostamenti attesi sono stati adottati cautelativamente, i valori massimi determinati nel paragrafo 7.4.2.

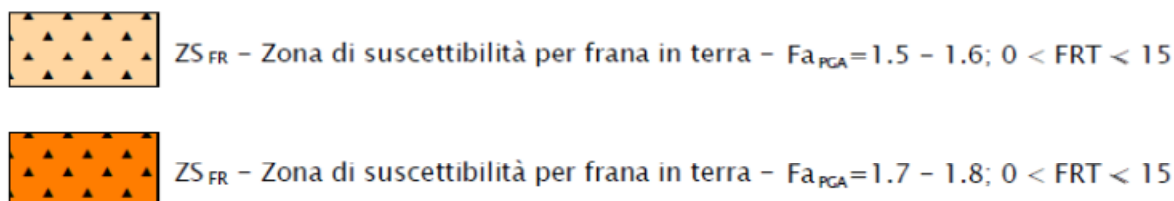


FIG. 59 - LEGENDA ADOTTATA PER L'ACCORPAMENTO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE E DEGLI SPOSTAMENTI ATTESI NELLE "ZONE SUSCETTIBILI D'INSTABILITÀ" – NEVIANO CAPOLUOGO

### 8.3.2. Ambito A2 Provazzano

Diversamente a quanto fatto per il capoluogo, in ragione della realizzazione di nuove indagini in sito e laboratorio che hanno migliorato le conoscenze del sottosuolo, nell'ambito di Provazzano è stata proposta una zonizzazione "ex novo" ottenuta attraverso l'analisi di risposta sismica locale e in seguito ai risultati delle verifiche di stabilità.

Come già espresso in precedenza è stata individuata una sola microzona omogenea, corrispondente all'area terrazzata posta a lato del T. Termina di Castione (Cfr. **Tab. 12**). Per le zone instabili sono comunque stati calcolati i fattori di amplificazione e il range dei valori di spostamento massimo atteso, raffigurati sempre attraverso la sovrapposizione di due retini.

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	ZONA
	7
F.A. P.G.A.	1,49
F.A. Is ( $0.1s < T_0 < 0.5s$ )	1,47
F.A. Is ( $0.5s < T_0 < 1.0s$ )	1,14

TAB. 12 - TABELLA RIASSUNTIVA DEI VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE – PROVAZZANO

Per le "zone suscettibili di amplificazioni locali", si riconosce solamente la classe rappresentata nella *Carta di Microzonazione sismica Livello 3* – Provazzano (**Elaborato 3.b**) e descritta in **Fig. 60**.

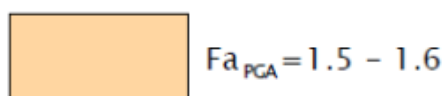


FIG. 60 - LEGENDA ADOTTATA PER L'ACCORPAMENTO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI – PROVAZZANO



## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

---

Sempre nell'**Elaborato 3.b**, relativamente alle "Zone suscettibili d'instabilità" si sono invece identificate due classi, contraddistinte cautelativamente dal medesimo e limitato valore di spostamento atteso (pari a 1,37 cm, calcolato nel paragrafo **7.4.2.**- classe di *FRT* compresa tra 0 e 15 cm), ma da valori di  $Fa_{PGA}$  differenti (Cfr. **Fig. 61**).



$ZS_{FR}$  - Zona di suscettibilità per frana in terra -  $Fa_{PGA}=1.5 - 1.6$ ;  $0 < FRT \leq 15$



$ZS_{FR}$  - Zona di suscettibilità per frana in terra -  $Fa_{PGA}=1.9 - 2.0$ ;  $0 < FRT \leq 15$

**FIG. 61 - LEGENDA ADOTTATA PER L'ACCORPAMENTO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE E DEGLI SPOSTAMENTI ATTESI NELLE "ZONE SUSCETTIBILI D'INSTABILITÀ"- PROVAZZANO**

Per consentire una corretta archiviazione dei fattori di amplificazione all'interno dello *shape "Stab"*, si è provveduto alla compilazione dei seguenti campi:

- Campo *Fx*: **F.A.** in funzione di *PGA*;
- Campo *Fy*: **F.A.**  $Is$  ( $0,1s < T_0 < 0,5s$ );
- Campo *Fy*: **F.A.**  $Is$  ( $0,5s < T_0 < 1,0s$ ).

L'impiego dello *shape "Instab"* contenuto negli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - versione 3.0", più recenti della versione 2.0, utilizzata per tutti gli altri documenti, si è reso necessario per permettere l'inserimento dei valori del fattore di amplificazione e degli spostamenti attesi per tutte quelle aree ricadenti nelle "Zone suscettibili d'instabilità". Nel dettaglio è stata effettuata la compilazione dei campi elencati di seguito:

- Campo *FRT*: max spostamento frana in terra (cm)
- Campo *Valore\_f*: valore del fattore di amplificazione
- Campo *Tipo\_f*: tipo del fattore di amplificazione impiegato (nel caso in esame **FPGA**)

## **9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI E DEGLI EVENTI ATTESI**

---

In Comune di Neviano degli Arduini, non è stato possibile effettuare un'analisi della distribuzione dei danni degli eventi sismici avvenuti in passato, in quanto, relativamente a tale tematica, non sono stati trovati documenti specifici.

I recenti eventi sismici del gennaio e maggio 2012 non hanno provocato danni significativi a fabbricati pubblici e/o privati.

## 10. BIBLIOGRAFIA

---

- *PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) DELLA PROVINCIA DI PARMA - VARIANTE DI ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA REGIONALE (L.R. n.19/2008 "Norme per la Riduzione dei Rischio Sismico"). Variante approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n.23 del 17.04.2013.*
- *MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) – Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*
- *STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA (I° E II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO) DEI SEGUENTI AMBITI DEL TERRITORIO COMUNALE: NEVIANO CAPOLUOGO, PROVAZZANO, ISOLANDA, BAZZANO (Geostudi, 2012).*
- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 "INDIRIZZI DI MICROZONAZIONE SISMICA"*
- *Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (2011) BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano,Bologna, <http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>*
- *Albarello D., Castellaro S. (2011) - TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 – 2011, Appendice I e II, pp 50-62*
- *STUDIO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO DEL VERSANTE SU CUI INSISTE L'ABITATO DI PROVAZZANO (Dott. Geol. Giovanni Carra, 2010)*
- *Marcellini A., Martelli L, Tento A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)*
- *Gruppo di lavoro MS, 2008. "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.*
- *Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004).Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004*
- *CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – PROGETTO CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)*

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello - Agg. 03  
Comune di Neviano degli Arduini (PR)

---

### **11. ALLEGATI**

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici:

Elaborato 1.a	Carta delle indagini – Ambito A1_Neviano capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 1.b	Carta delle indagini – Ambito A2_Provazzano	scala 1:5.000
Elaborato 2.a	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica Ambito A1_Neviano capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 2.b	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica Ambito A2_Provazzano	scala 1:5.000
Elaborato 3.a	Carta di microzonazione sismica Livello 3 – Ambito A1_Neviano capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 3.b	Carta di microzonazione sismica Livello 3 – Ambito A2_Provazzano	scala 1:5.000
Elaborato 4	Sondaggi geognostici	
Elaborato 5	Prove di laboratorio	
Elaborato 6	Prove tromografiche	

Medesano, 14/09/2015

Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi





PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Sondaggi geognostici

Elaborato 4

---

**Regione Emilia-Romagna**  
**Comune di Neviano degli Arduini**

---



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	Settembre 2014

Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi



Via Europa, 2  
43014 Medesano (PR)  
Tel: 0525/1930528  
Fax: 0525/1930529  
info@studionewgeo.it

Committente COMUNE DI NEVIANO DEGLI ARDUINI

Cantiere MICROZONAZIONE SISMICA III° LIVELLO

Località QUINZANO

Data Inizio 22/05/2013

Data Fine 22/05/2013

SONDAGGIO FOGLIO

S1

1

Il geologo  
Lodini A.

SCALA	Campioni	Profondità (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE	SPT (prof - N)					pocket kg/cm <sup>2</sup>				NOTE liv. falda
					20	40	60	80	100	1	2	3	4	
1		0,60		Ghiaia di riporto.										
2				Argilla debolmente limosa grigio verdastra e nocciola con venature rossastre centimetriche. Tra 2,3 e 4,1 m rari piccoli ciottoli spigolosi da 0,5 a 2 cm di diametro										
3														
4		4,10		Materiale etreogeneo, argilloso, marnoso, piccoli ciottoli calcarei, di colore da grigio a rossastro e bluastro.										
5														
6	C1 5.30 5.70													
7				Come sopra, però alternanze più regolari di livelli di diversi colori, grigi e rossastri, inclusi arenacei poco arrotondati < 3 cm. Struttura caotica.										
8		7,40												
9				Come sopra, maggiore abbondanza elementi lapidei, Struttura caotica.										
10		10,00												
11				Argilla varicolore, grigio scura, nocciola, rossastra, abbondanti elementi lapidei marnosi e arenacei diam < 4 cm.										
12		13,00												
13				Argilla varicolore come sopra, però più omogenea e meno caotica. Piccoli inclusi marnoso argillosi nerastri e rossastri										
14		14,00												
15		15,00												

Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi



Via Europa, 2  
43014 Medesano (PR)  
Tel: 0525/1930528  
Fax: 0525/1930529  
info@studionewgeo.it

Committente COMUNE DI NEVIANO DEGLI ARDUINI

Cantiere MICROZONAZIONE SISMICA III° LIVELLO

Località QUINZANO

Data Inizio 22/05/2013

Data Fine 22/05/2013

SONDAGGIO

FOGLIO

**S1**

**2**

**Il geologo  
Lodini A.**

SCALA	Campioni	Profondità (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE	SPT (prof - N)					pocket kg/cm <sup>2</sup>				NOTE liv. falda
					20	40	60	80	100	1	2	3	4	
16		16,20		Alternanza di livelli argillosi fogliettati e marnosi grigi. Roccia compatta. FINE SONDAGGIO										
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														



**Sondaggio a carotaggio continuo**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello – Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**Sondaggio S1 - Cassa 1 da 0,00 m a -5,00 m**



**Sondaggio S1 - Cassa 2 da -5,00 m a -10,00 m**



**Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi**

Via Europa, 2 – 43014 Medesano (PR); Tel: 0525/1930528 – Fax: 0525/1930529 – Cell.: 328/4270828  
info@studionewgeo.it – e-mail: massimiliano.trauzzi@libero.it



**Sondaggio a carotaggio continuo**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello – Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**Sondaggio S1 - Cassa 3 da -10,00 m a -15,00 m**



**Sondaggio S1 - Cassa 4 da -15,00 m a -16,20 m**



**Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi**

Via Europa, 2 – 43014 Medesano (PR); Tel: 0525/1930528 – Fax: 0525/1930529 – Cell.: 328/4270828  
info@studionewgeo.it – e-mail: massimiliano.trauzzi@libero.it

Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi



Via Europa, 2  
43014 Medesano (PR)  
Tel: 0525/1930528  
Fax: 0525/1930529  
info@studionewgeo.it

Committente COMUNE DI NEVIANO DEGLI ARDUINI

Cantiere MICROZONAZIONE SISMICA III° LIVELLO

Località CIMITERO DI PROVAZZANO

Data Inizio 22/05/2013

Data Fine 22/05/2013

SONDAGGIO FOGLIO

**S2**

**1**

**Il geologo  
Lodini A.**

SCALA	Campioni	Profondità (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE	SPT (prof - N)					pocket kg/cm <sup>2</sup>				NOTE liv. falda
					20	40	60	80	100	1	2	3	4	
		0,40		Terreno vegetale, argilloso marrone.										
1		1,25		Ghiaia con blocchi marnosi di diametro max pari a 10 cm, poco sabbiosa.										
2				Detrito marnoso alterato con abbondante matrice argillosa ocrea.										
3		3,10												
4		3,80		Argilla con striature grigie, marroni e giallastre.										
5		4,90		Sabbia fine poco limosa, grigia e giallastra, con laminazioni parallele, orizzontali, centimetriche.	4.25	87	142	50 per 14 cm	4.44					
6				Livelletti centimetrici argillosi e sabbiosi, laminazione orizzontale, colore da grigio a ocreo.										
7		6,90												
8				Detrito marnoso grigio giallastro, molto alterato in matrice argillosa. Rari livelletti di argilla nocciola, centimetrici.										
9		8,90												
10				Marna grigio giallastra, argilloso limosa, alterata in frammenti centimetrici.										
11														
12		12,20												
13				Marna giallo chiaro, alternanza in livelli consistenti, ma fratturati, in blocchi di 5 - 8 cm, e livelli più argillosi, con detrito marnoso minuto (<0,50 cm). Roccia marnosa tettonizzata.										
14														
15		15,00												



**Sondaggio a carotaggio continuo**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello – Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**Sondaggio S2 - Cassa 1 da -0,00 m a -5,00 m**



**Sondaggio S2 - Cassa 2 da -5,00 m a -10,00 m**



**Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi**

Via Europa, 2 – 43014 Medesano (PR); Tel: 0525/1930528 – Fax: 0525/1930529 – Cell.: 328/4270828  
info@studionewgeo.it – e-mail: massimiliano.trauzzi@libero.it

**Sondaggio a carotaggio continuo**

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello – Comune di Neviano degli Arduini (PR)



**Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi**

Via Europa, 2 – 43014 Medesano (PR); Tel: 0525/1930528 – Fax: 0525/1930529 – Cell.: 328/4270828  
info@studionewgeo.it – e-mail: massimiliano.trauzzi@libero.it



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Prove di laboratorio

Elaborato 5

---

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Neviano degli Arduini

---



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	Settembre 2014





CGG TESTING S.r.l.

Certificato 0938/13 pag. 1 di 1

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza  
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO)  
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

COMMITTENTE: DOTT. M. TRAUZZI  
LOCALITÀ: Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonazione  
Data ricevimento campione: 27/05/2013

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITÀ (m): 5.10/5.70  
Data apertura campione: 27/05/2013

## APERTURA CAMPIONE

FUSTELLA METALLICA TIPO SHELBY  X  
ALTRA FUSTELLA   
DIAMETRO (cm)  84  
LUNGHEZZA (cm)  70  
ALTRO CONTENITORE   
CAMPIONE RIMANEGGIATO   
CAMPIONE CUBICO   
SPEZZONE DI CAROTA

## PROVE ESEGUITE

CONTEN. NAT. D'ACQUA		TRIASSIALE U.U.		EDOMETRIA	
MASSA VOLUMICA		TRIASSIALE C.I.U.		COEFF. DI CONSOLIDAZ.	
MASSA VOLUM. GRANULI		TRIASSIALE C.D.		COLONNA RISONANTE	X
LIMITE DI ATTERBERG	X	COMPRESSIONE E.L.L.		CONTENUTO IN SOLFATI	
GRANULOMETRIA	X	TAGLIO DIRETTO	X	PROVA DI COSTIPAMEN.	
SEDIMENTAZIONE		TAGLIO RESIDUO		LIMITI DI RITIRO	
SOSTANZE ORGANICHE		TAGLIO ANULARE	X		

L cm	P.P. kPa	T.V. kPa	PRO VINI	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE:	Munsell Soil Color Chart:
- 5					GLEY1/5/10GY Greenish Gray
- 10					Dimen. campione (cm): 56
- 15					Classe del campione: Q5
- 20					Plasticità: media plasticità
- 25					Consistenza campione: Da consistente a molto consistente
- 30					Condizioni di Umidità: umido
- 35			CTG		<p>Note:</p>
- 40	100	35	RC		
- 45					
- 50	190	70	ATG		
- 55					
- 60					
- 65					
- 70					
- 75					
- 80					
- 85					
- 90					
- 95					
- 100					

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682-13

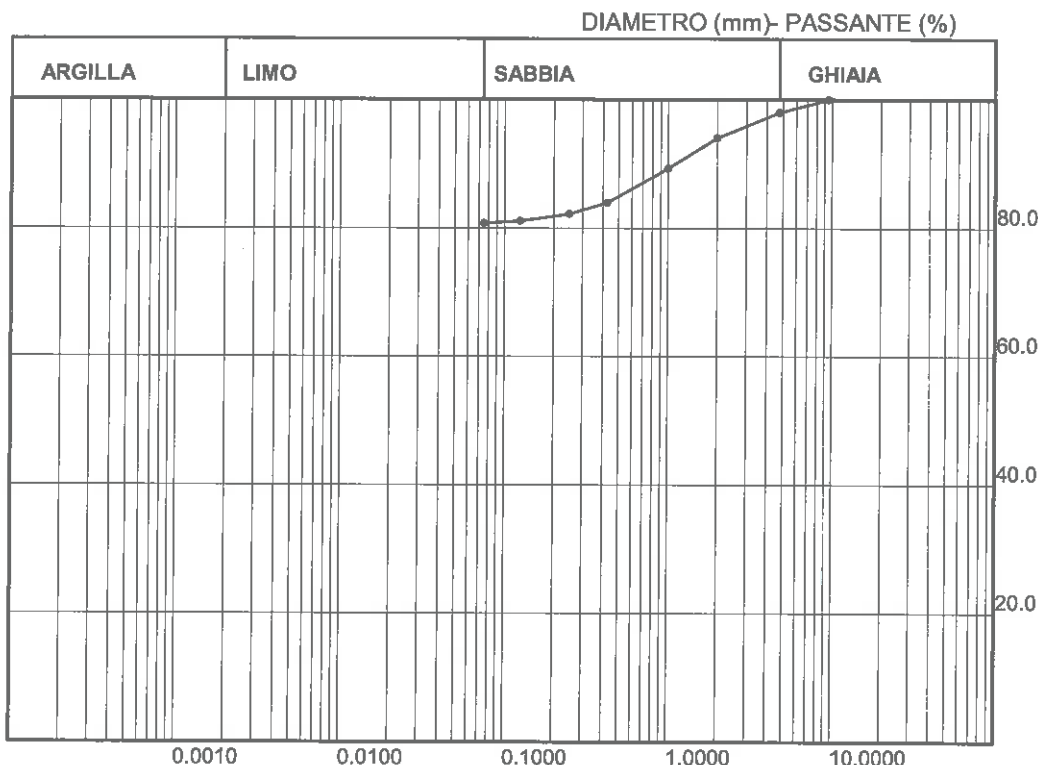
Lo Sperimentatore:  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del Laboratorio:  
Dott. B. TRANQUILLO

**COMMITTENTE:** Dott. M. Trauzzi  
**LOCALITA':** Provazzano (PR)  
**CANTIERE:** Microzonazione  
Data ricevimento campione: 27/05/2013

**SONDAGGIO:** S1  
**CAMPIONE:** C1  
**PROFONDITA', m:** 5.10/5.70  
Data esecuzione prove: 03-04/06/2013

### ANALISI GRANULOMETRICA [ASTM D 422-63(R02)]^



#### ANALISI PER SETACCI

Massa campione, g= 216.20

Aperture setaccio mm	Massa trattenuto g	Passante %
9.500	0.00	100.00
4.750	4.33	98.00
2.000	8.51	94.06
1.000	10.26	89.32
0.425	11.63	83.94
0.250	3.82	82.17
0.125	2.40	81.06
0.075	0.77	80.70



GHIAIA, %= 2.00  
SABBIA, %= 17.29  
LIMO + ARGILLA, %= 80.70

Tipo di campione: Indisturbato tipo Shelby  
^Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno

**NOTA:**

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682-13

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

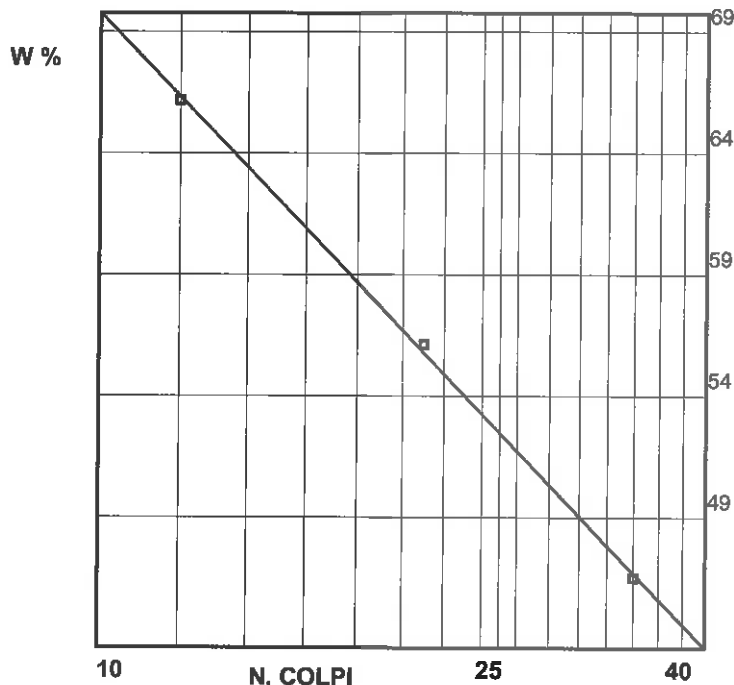


COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonazione  
Data ricevimento campione: 27/05/2013

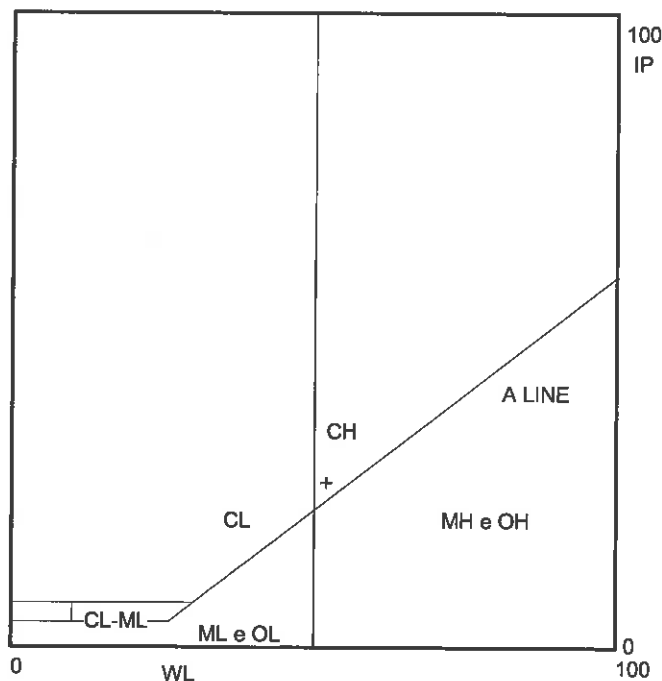
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prove: 03-05/06/2013

### LIMITI DI CONSISTENZA (ASTM D 4318 - 84)

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



LIMITE LIQUIDO

Massa tara	Massa umida + T	Massa secca + T	Colpi	W
g	g	g	n	%
43.68	79.24	65.08	12	66.17
45.09	70.77	61.54	21	56.11
33.24	68.18	57.09	34	46.50

LIMITE PLASTICO

Massa tara	Massa umida + T	Massa secca + T	W
g	g	g	%
37.33	41.51	40.67	25.15
29.63	34.38	33.40	25.99

LIMITE LIQUIDO %= 52  
LIMITE PLASTICO %= 26  
INDICE PLASTICO = 26

TIPO DI CAMPIONE: indisturbato tipo Shelby

NOTA:

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682-13

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO





C.G.G. Testing s.r.l.

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/756306

Rapp. prova 0555D/13 pag. 1 di 1

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

**COMMITTENTE:** Dott. M. Trauzzi

**LOCALITA':** Provazzano (PR)

**CANTIERE:** Microzonazione

Data ricevimento campione: 27/05/2013

**SONDAGGIO:** S1

**CAMPIONE:** C1

**PROFONDITA', m:** 5.10/5.70

Data esecuzione prove: 03-05/06/2013

## CLASSIFICAZIONE

Passante a 2 mm	94.06	%
Passante a 0.42 mm	83.94	%
Passante a 0.075 mm	80.70	%
Limite Liquido	52	%
Indice Plastico	26	

**CLASSIFICAZIONE UNI 10006:** A-7-6

**CLASSIFICAZIONE USCS:** CH

TIPO DI CAMPIONE: indisturbato tipo Shelby

**NOTA:**

**Commessa:**  
092-13

**Verbale di accettazione:**  
682-13

**Lo sperimentatore**  
Dott. D. DEL NEGRO

**Il Direttore del laboratorio**  
Dott. B. TRANQUILLO

**COMMITTENTE:** Dott. M. Trauzzi

**LOCALITA':** Provazzano (PR)

**CANTIERE:** Microzonazione

Data ricevimento campione: 27/05/2013

**SONDAGGIO:** S1

**CAMPIONE:** C1

**PROFONDITA', m:** 5.10/5.70

Data esecuzione prove: 28/05-03/06/2013

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)

Provino		1	2	3
Contenuto in acqua iniziale	%	22.94	22.40	22.06
Contenuto in acqua finale	%	23.20	21.74	21.49
Massa volumica iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	2.06	2.07	2.07
Massa volumica finale	Mg/m <sup>3</sup>	2.07	2.09	2.09
Massima volumica secca iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.68	1.69	1.70
Massa volumica secca finale	Mg/m <sup>3</sup>	1.68	1.72	1.72
Indice dei vuoti iniziale	-	0.64	0.62	0.62
Indice dei vuoti finale	-	0.64	0.60	0.60
Grado di saturazione iniziale,	%	98.55	98.70	98.14
Grado di saturazione finale	%	99.79	99.12	99.14
Massa volumica dei granuli	Mg/m <sup>3</sup>	2.75*	2.75*	2.75*

\* valore assegnato

lato	mm	60
altezza	mm	20

Condizioni del campione: Indisturbato  
Velocità di taglio= 0.0080 mm/minuto

### TENSIONI NORMALI APPLICATE, kPa

Provino	1	2	3
	100.00	200.00	300.00



**NOTA:**

**Commessa:**  
092-13

**Verbale di accettazione:**  
682-13

**Lo sperimentatore**  
Dott. D. DEL NEGRO

**Il Direttore del laboratorio**  
Dott. B. TRANQUILLO

**COMMITTENTE:** Dott. M. Trauzzi  
**LOCALITA':** Provazzano (PR)  
**CANTIERE:** Microzonazione  
Data ricevimento campione: 27/05/2013

**SONDAGGIO:** S1  
**CAMPIONE:** C1  
**PROFONDITA', m:** 5.10/5.70  
Data esecuzione prove: 28/05-03/06/2013

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)**

PROVINO N. 1			PROVINO N. 2			PROVINO N. 3		
def.h	def.v	$\tau$	def.h	def.v	$\tau$	def.h	def.v	$\tau$
mm	mm	kPa	mm	mm	kPa	mm	mm	kPa
0.16	0.033	17.78	0.03	0.060	11.39	0.13	0.020	35.14
0.34	0.071	26.94	0.18	0.070	31.94	0.34	0.040	53.78
0.53	0.111	33.06	0.37	0.090	46.94	0.55	0.060	66.61
0.72	0.136	38.61	0.58	0.110	56.39	0.76	0.090	71.81
0.91	0.152	43.89	0.79	0.130	62.78	0.97	0.110	82.50
1.11	0.175	47.78	1.00	0.150	68.89	1.18	0.140	88.61
1.30	0.205	50.83	1.21	0.160	73.33	1.38	0.170	93.81
1.50	0.227	53.06	1.42	0.180	76.11	1.57	0.190	100.22
1.70	0.238	55.56	1.62	0.200	80.28	1.77	0.220	105.72
1.90	0.248	57.50	1.82	0.230	83.61	1.96	0.240	110.31
2.10	0.250	59.17	2.03	0.250	86.67	2.16	0.260	115.50
2.30	0.252	60.28	2.23	0.260	89.72	2.36	0.280	119.17
2.51	0.261	61.67	2.43	0.280	92.78	2.56	0.300	122.22
2.71	0.263	61.94	2.63	0.300	95.28	2.76	0.320	126.50
2.92	0.265	62.22	2.83	0.310	96.94	2.96	0.330	128.03
3.12	0.267	62.22	3.04	0.330	98.61	3.16	0.340	129.56
3.32	0.268	63.06	3.24	0.340	100.00	3.36	0.360	130.17
3.52	0.268	63.06	3.44	0.360	101.11	3.56	0.370	131.08
3.72	0.268	62.50	3.64	0.370	101.67	3.76	0.380	130.17
3.93	0.268	62.22	3.84	0.380	101.94	3.96	0.390	130.78
4.13	0.267	61.94	4.04	0.400	102.78	4.16	0.400	129.86
4.34	0.272	61.67	4.23	0.410	103.33	4.35	0.410	128.94
4.55	0.273	61.94	4.43	0.420	103.61	4.55	0.420	128.64
4.75	0.273	61.94	4.63	0.430	103.89	4.75	0.430	128.03
4.96	0.273	61.67	4.83	0.440	104.17	4.95	0.430	126.19
5.16	0.273	61.94	5.03	0.440	103.89	5.15	0.440	125.89
5.36	0.272	61.39	5.23	0.450	103.61	5.35	0.440	125.28
5.56	0.272	61.39	5.43	0.450	103.33	5.55	0.450	124.06
5.76	0.271	61.39	5.63	0.460	102.50	5.74	0.450	122.53
5.96	0.273	61.11	5.83	0.460	102.22	5.94	0.460	121.31
6.17	0.273	60.56	6.03	0.470	101.94	6.14	0.460	120.08
6.37	0.273	60.00	6.23	0.470	100.83	6.34	0.470	119.47
6.57	0.272	59.72	6.44	0.480	100.28	6.55	0.480	118.25



NOTA:

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682-13

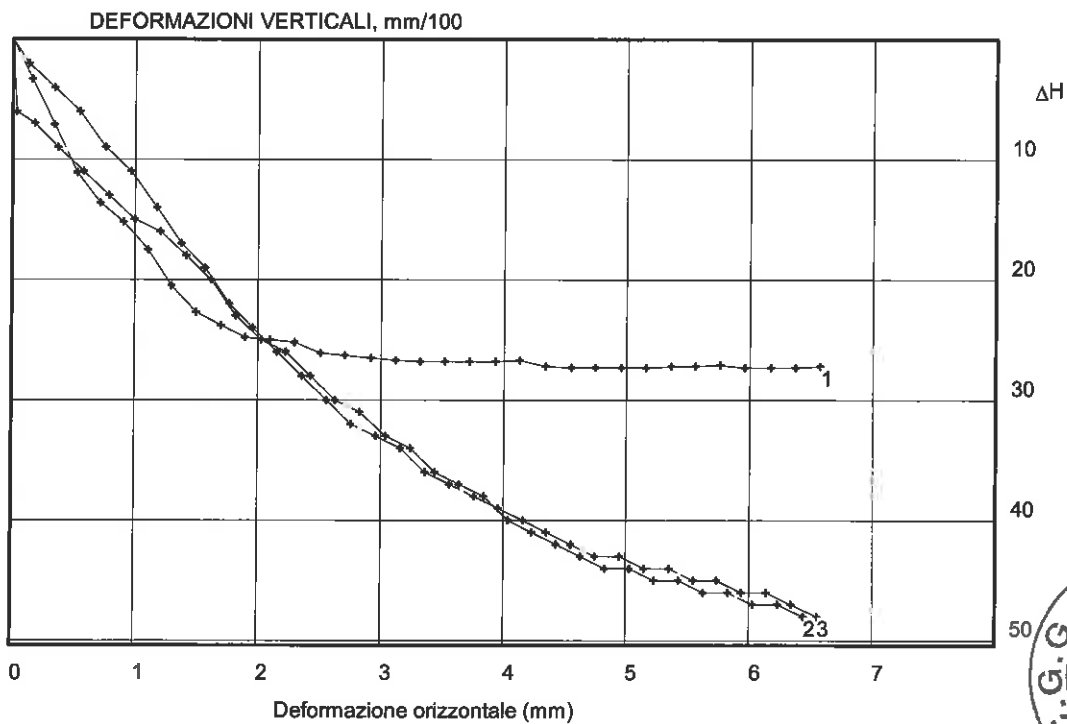
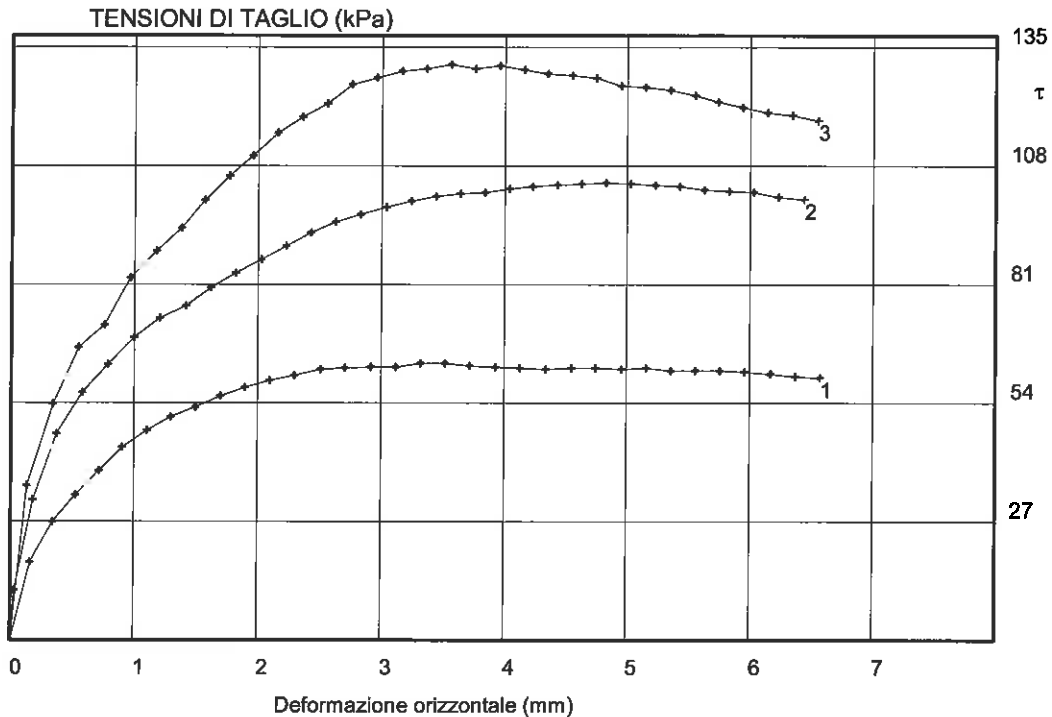
Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonazione  
 Data ricevimento campione: 27/05/2013

SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prove: 28/05-03/06/2013

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)



NOTA:

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682-13

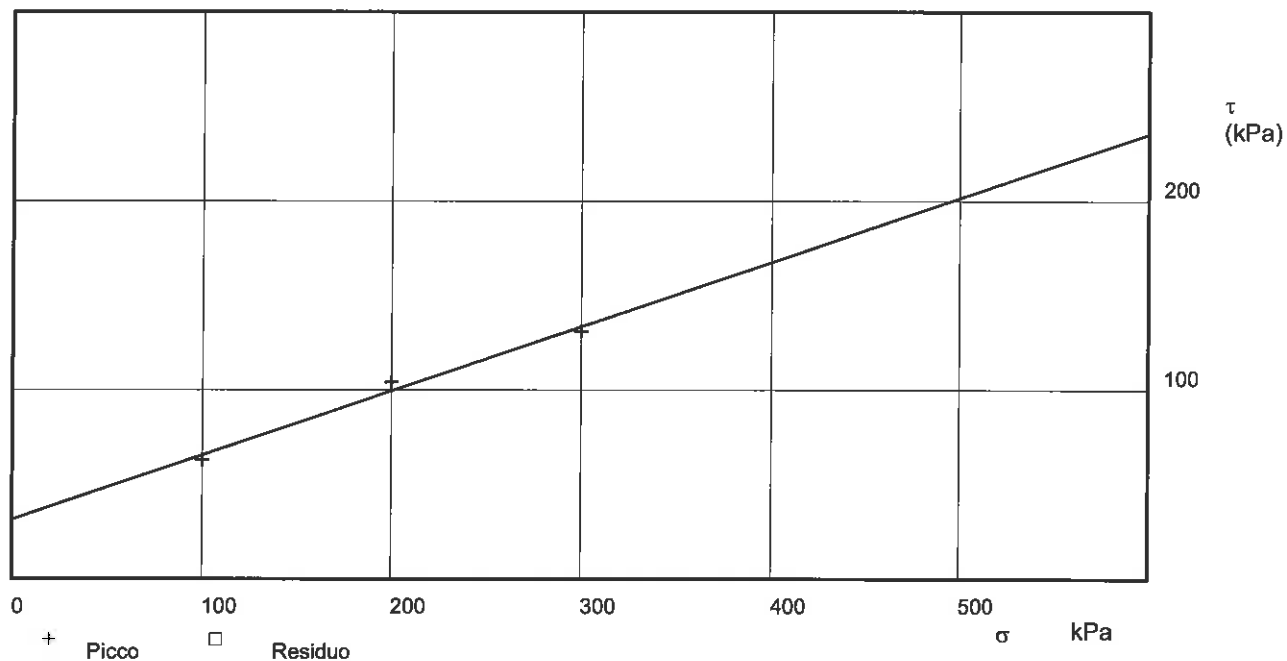
Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

**COMMITTENTE:** Dott. M. Trauzzi  
**LOCALITA':** Provazzano (PR)  
**CANTIERE:** Microzonazione  
 Data ricevimento campione: 27/05/2013

**SONDAGGIO:** S1  
**CAMPIONE:** C1  
**PROFONDITA', m:** 5.10/5.70  
 Data esecuzione prove: 28/05-03/06/2013

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)



#### PARAMETRI A ROTTURA

SFORZI NORMALI	TENSIONI DI TAGLIO	DEF. ORIZZONTALE	DEF. VERTICALE
kPa	kPa	mm	mm/100
100.00	63.06	3.32	26.80
200.00	104.17	4.83	44.00
300.00	131.08	3.56	37.00

C' = 31.41 kPa

$\phi' = 18.79^\circ$



C.G.G. Testing s.r.l.

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/756306

Rapp. prova 0556D/13 pag. 1 di 3

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonazione  
Data ricevimento campione: 27/05/2013

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prove: 28/05-04/06/2013

## PROVA DI TAGLIO ANULARE (BS 1377:part7: 1990)

Pressione verticale kPa	Sforzo torcente a rottura kPa	Avanzamento a rottura mm	Def. verticale a rottura mm	Sforzo torcente al residuo kPa	Avanzamento al residuo mm	Def. verticale al residuo mm/100
102.38	28.72	0.49	1.00	23.20	5.44	3.00
201.01	91.57	0.99	6.00	33.94	9.89	13.00
300.20	85.46	0.49	4.00	59.42	23.74	21.00

Velocità angolare gradi/minuto= 0.050000

Raggio interno mm= 35.00

Raggio esterno mm= 50.00

Altezza del provino mm= 20

Contenuto in acqua iniziale %= 43.00

Contenuto in acqua finale %= 27.59

Massa volumica iniziale  $Mg/m^3$ = 1.56

Tipo di campione: ricostruito in laboratorio

Limite liquido= 52

Indice plastico= 26

Angolo di attrito residuo, gradi= 10.38

### NOTA:

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682-13

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

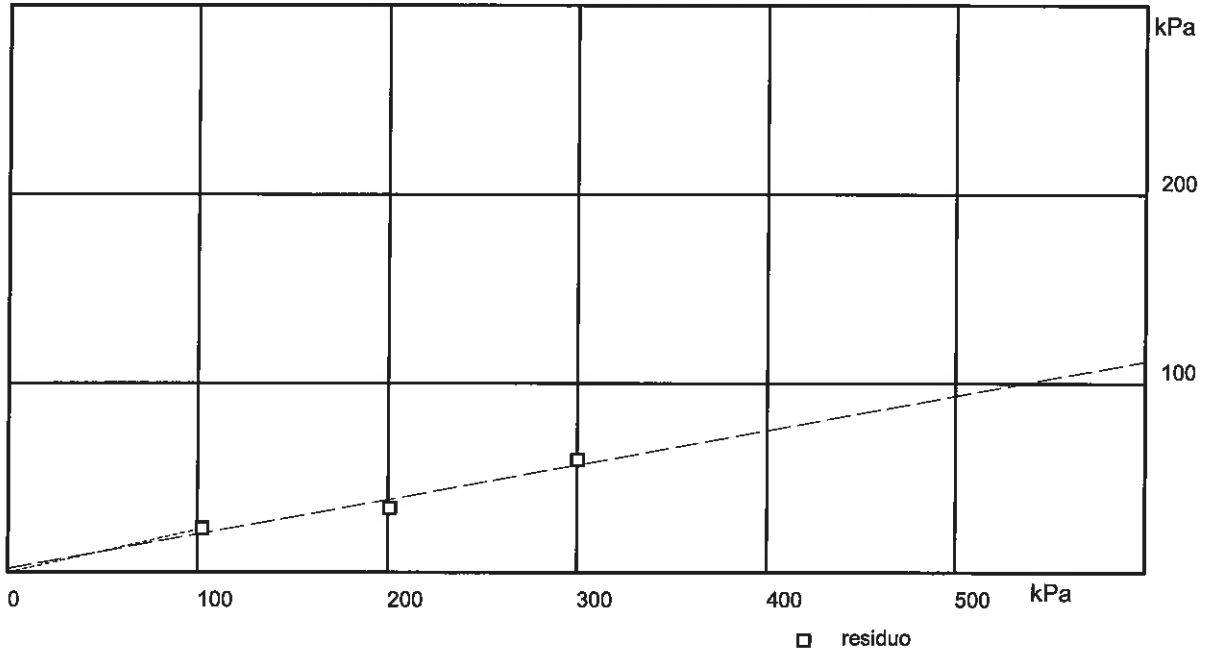
Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonazione  
Data ricevimento campione: 27/05/2013

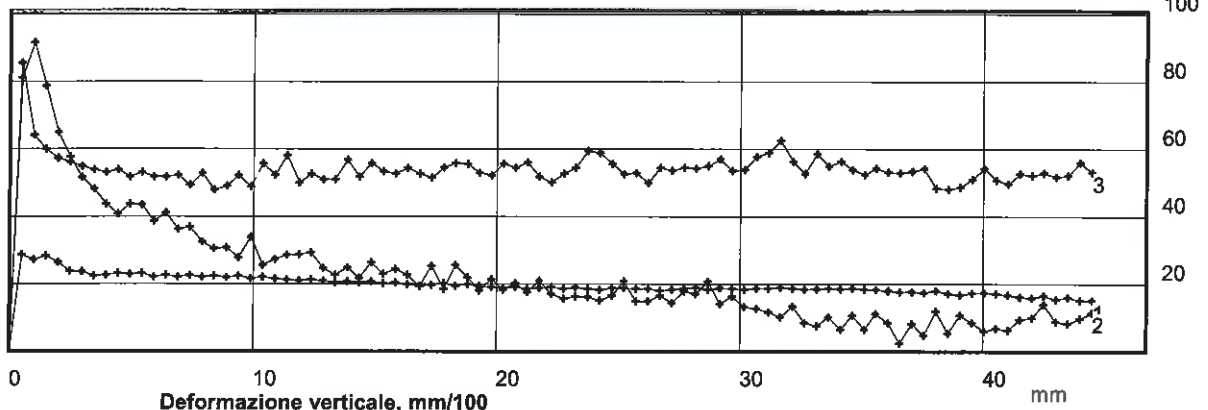
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prove: 28/05-04/06/2013

### PROVA DI TAGLIO ANULARE (BS 1377:part7: 1990)

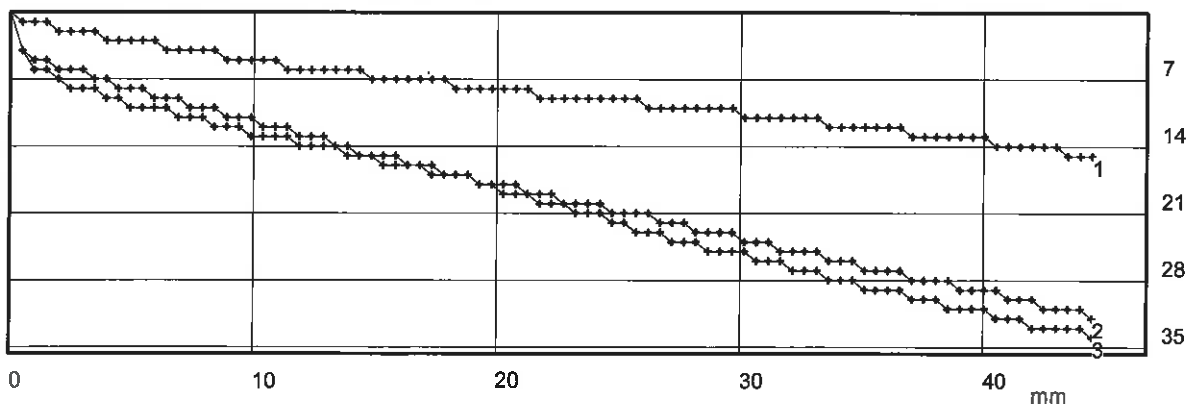
Pressione verticale, Sforzo di taglio



Sforzo di taglio, kPa



Deformazione verticale, mm/100



NOTA:

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682-13

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO



COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi

LOCALITA': Provazzano (PR)

CANTIERE: Microzonazione

Data ricevimento campione: 27/05/2013

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA', m: 5.10/5.70

Data esecuzione prove: 28/05-04/06/2013

**PROVA DI TAGLIO ANULARE (BS 1377:part7: 1990)**

PROVINO N. 1			PROVINO N. 2			PROVINO N. 3		
def.h mm	def.v mm	$\tau$ kPa	def.h mm	def.v mm	$\tau$ kPa	def.h mm	def.v mm	$\tau$ kPa
0.49	0.010	28.72	0.49	0.040	81.07	0.49	0.040	85.46
0.99	0.010	27.27	0.99	0.060	91.57	0.99	0.050	64.14
1.48	0.010	28.26	1.48	0.060	78.63	1.48	0.050	59.91
1.98	0.020	26.51	1.98	0.070	64.85	1.98	0.060	57.30
2.47	0.020	23.84	2.47	0.080	57.63	2.47	0.060	56.16
2.97	0.020	23.66	2.97	0.080	51.52	2.97	0.060	54.86
3.46	0.020	22.44	3.46	0.080	48.10	3.46	0.070	53.88
3.96	0.030	22.73	3.96	0.090	43.71	3.96	0.070	53.07
4.45	0.030	23.20	4.45	0.090	40.78	4.45	0.080	53.88
4.94	0.030	22.85	4.94	0.100	43.71	4.94	0.080	51.77
5.44	0.030	23.25	5.44	0.100	43.46	5.44	0.080	53.07
5.93	0.030	22.15	5.93	0.100	38.58	5.93	0.090	51.77
6.43	0.040	22.56	6.43	0.100	41.02	6.43	0.090	51.77
6.92	0.040	22.50	6.92	0.110	36.14	6.92	0.090	52.26
7.42	0.040	22.09	7.42	0.110	36.87	7.42	0.100	49.31
7.91	0.040	22.09	7.91	0.110	32.48	7.91	0.100	52.91
8.41	0.040	21.92	8.41	0.120	30.52	8.41	0.100	47.86
8.90	0.050	22.38	8.90	0.120	30.77	8.90	0.110	49.00
9.40	0.050	22.38	9.40	0.120	27.84	9.40	0.110	52.09
9.89	0.050	21.69	9.89	0.130	33.94	9.89	0.110	48.84
10.38	0.050	22.03	10.38	0.130	25.64	10.38	0.120	55.67
10.88	0.050	21.51	10.88	0.130	27.35	10.88	0.120	52.26
11.37	0.060	21.28	11.37	0.130	28.57	11.37	0.120	58.12
11.87	0.060	20.99	11.87	0.140	28.51	11.87	0.130	49.98
12.36	0.060	21.34	12.36	0.140	24.66	12.36	0.130	52.58
12.86	0.060	20.93	12.86	0.140	22.71	12.86	0.140	50.95
13.35	0.060	20.46	13.35	0.150	24.91	13.35	0.140	50.95
13.85	0.060	20.81	13.85	0.150	21.73	13.85	0.140	56.81
14.34	0.060	20.52	14.34	0.150	21.73	14.34	0.150	51.77
14.84	0.070	20.81	14.84	0.160	28.37	14.84	0.150	55.84
15.33	0.070	20.23	15.33	0.160	24.95	15.33	0.150	53.39
15.82	0.070	20.46	15.82	0.160	22.71	15.82	0.150	52.74
16.32	0.070	19.88	16.32	0.160	19.29	16.32	0.160	54.37
16.81	0.070	19.48	16.81	0.170	25.40	16.81	0.160	52.74
17.31	0.070	18.71	17.31	0.170	18.56	17.31	0.160	51.44
17.80	0.070	20.23	17.80	0.170	25.64	17.80	0.170	54.53
18.30	0.080	19.48	18.30	0.170	23.98	18.30	0.170	55.84
18.79	0.080	19.83	18.79	0.170	18.07	18.79	0.170	55.51
19.29	0.080	19.42	19.29	0.180	18.07	19.29	0.180	52.91
19.78	0.080	19.13	19.78	0.180	21.49	19.78	0.180	52.26
20.27	0.080	18.90	20.27	0.180	18.31	20.27	0.190	55.67
20.77	0.080	19.13	20.77	0.180	20.27	20.77	0.190	54.37
21.26	0.080	18.60	21.26	0.190	17.58	21.26	0.190	56.00
21.76	0.090	18.84	21.76	0.190	21.00	21.76	0.200	51.77
22.25	0.090	19.13	22.25	0.190	17.09	22.25	0.200	50.14
22.75	0.090	18.60	22.75	0.200	15.63	22.75	0.200	52.74
23.24	0.090	19.01	23.24	0.200	16.36	23.24	0.210	54.37
23.74	0.090	18.60	23.74	0.200	16.12	23.74	0.210	59.42
24.23	0.090	18.26	24.23	0.200	15.14	24.23	0.210	58.93
24.73	0.090	18.84	24.73	0.210	16.60	24.73	0.220	55.51
25.22	0.090	18.78	25.22	0.210	20.76	25.22	0.220	52.58
25.71	0.090	18.60	25.71	0.210	14.90	25.71	0.230	52.91
26.21	0.100	18.60	26.21	0.210	14.90	26.21	0.230	49.98
26.70	0.100	18.08	26.70	0.220	16.60	26.70	0.230	54.53
27.20	0.100	18.31	27.20	0.220	14.41	27.20	0.240	53.56
27.69	0.100	18.66	27.69	0.220	17.83	27.69	0.240	54.53
28.19	0.100	18.90	28.19	0.230	17.09	28.19	0.240	54.21
28.68	0.100	18.43	28.68	0.230	20.76	28.68	0.250	55.02
29.18	0.100	18.78	29.18	0.230	14.16	29.18	0.250	56.98
29.67	0.100	18.60	29.67	0.230	16.36	29.67	0.250	53.56
30.17	0.110	18.31	30.17	0.240	13.19	30.17	0.250	53.88
30.66	0.110	18.72	30.66	0.240	12.70	30.66	0.260	57.79
31.15	0.110	18.66	31.15	0.240	11.72	31.15	0.260	58.93
31.65	0.110	19.01	31.65	0.250	10.26	31.65	0.260	62.51
32.14	0.110	18.80	32.14	0.250	13.43	32.14	0.270	56.32
32.64	0.110	18.43	32.64	0.250	8.55	32.64	0.270	52.74
33.13	0.110	18.55	33.13	0.250	7.57	33.13	0.270	56.60
33.63	0.120	18.72	33.63	0.260	10.26	33.63	0.280	54.86
34.12	0.120	18.49	34.12	0.260	6.59	34.12	0.280	56.32
34.62	0.120	18.72	34.62	0.260	10.74	34.62	0.280	53.88
35.11	0.120	18.43	35.11	0.270	6.59	35.11	0.290	52.42
35.60	0.120	18.31	35.60	0.270	11.23	35.60	0.290	54.21
36.10	0.120	18.02	36.10	0.270	8.55	36.10	0.290	53.07
36.59	0.120	17.67	36.59	0.270	2.44	36.59	0.290	52.91
37.09	0.130	17.79	37.09	0.280	8.30	37.09	0.300	53.39
37.58	0.130	17.44	37.58	0.280	4.88	37.58	0.300	54.21
38.08	0.130	18.02	38.08	0.280	11.96	38.08	0.300	48.35
38.57	0.130	17.15	38.57	0.280	5.37	38.57	0.310	48.02
39.07	0.130	16.69	39.07	0.290	10.74	39.07	0.310	48.67
39.56	0.130	17.33	39.56	0.290	8.55	39.56	0.310	50.95
40.06	0.130	17.44	40.06	0.290	6.10	40.06	0.310	54.21
40.55	0.140	17.15	40.55	0.290	6.84	40.55	0.320	50.79
41.04	0.140	16.69	41.04	0.300	6.35	41.04	0.320	49.65
41.54	0.140	16.10	41.54	0.300	6.52	41.54	0.320	52.58
42.03	0.140	15.81	42.03	0.300	10.01	42.03	0.330	52.09
42.53	0.140	16.51	42.53	0.310	13.92	42.53	0.330	52.91
43.02	0.140	15.46	43.02	0.310	8.79	43.02	0.330	51.77
43.52	0.150	16.05	43.52	0.310	8.30	43.52	0.330	52.09
44.01	0.150	15.23	44.01	0.310	9.77	44.01	0.330	56.00
44.51	0.150	15.06	44.51	0.320	11.48	44.51	0.340	53.07

NOTA:

Commissa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682-13

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO



CGG TESTING S.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza - Tel 0523/497184 - Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) - Tel. 051/848406 - Fax 051/846029  
www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70

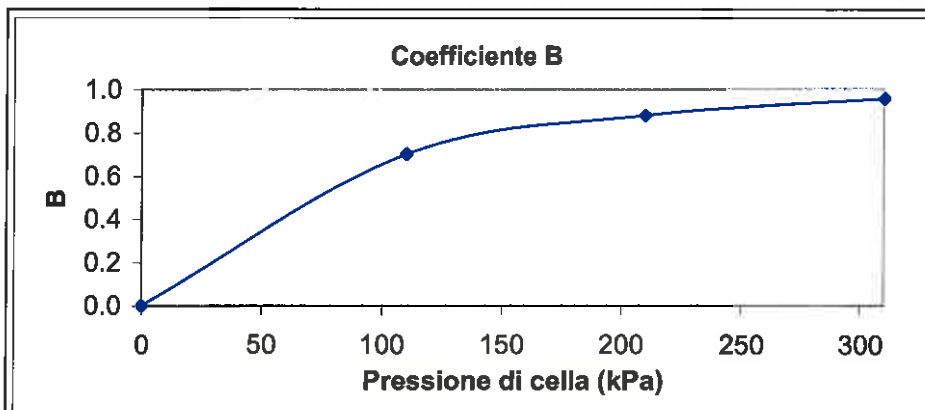
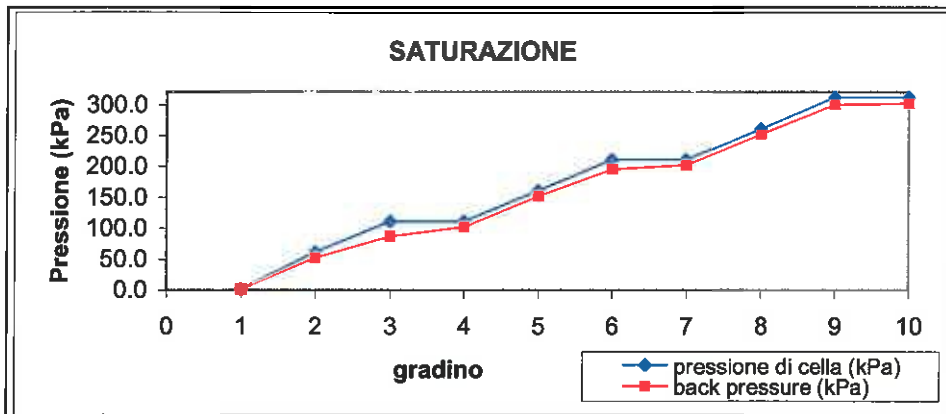
Data ricevimento campione: 30/05/2013

Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**

**FASE DI SATURAZIONE**

GRADINO	CP (kPa)	BP (kPa)	DCP (kPa)	DU (kPa)	B
1	0.0	0.0	0	0	0.00
2	60.0	50.1	---	---	
3	110.0	85.1	50.0	35.0	0.70
4	110.0	100.0	---	---	
5	160.0	149.8	---	---	
6	210.0	193.7	50.0	43.9	0.88
7	210.0	200.0	---	---	
8	260.0	249.8	---	---	
9	310.0	297.6	50.0	47.8	0.96
10	310.0	300.0	---	---	



NOTA:

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682/2013

Lo Sperimentatore:  
dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. B. TRANQUILLO



CGG TESTING S.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza - Tel 0523/497184 - Fax 0523/488338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) - Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
www.cgg.it - Info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70

Data ricevimento campione: 30/05/2013

Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

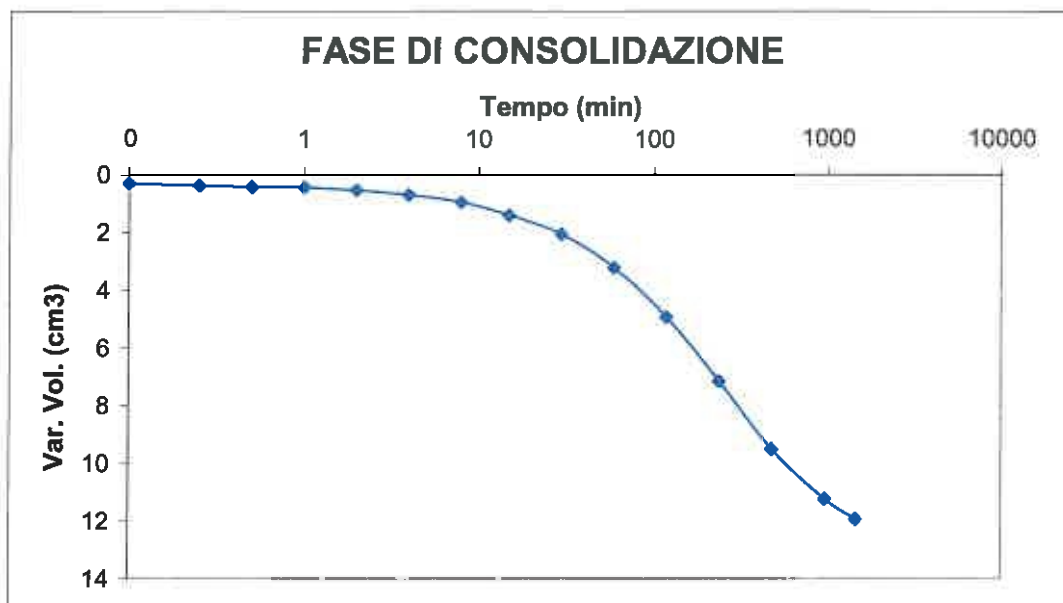
### PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)

### FASE DI CONSOLIDAZIONE

Pressione di cella = 400 kPa

Contropressione = 300 kPa

Tempo min	Var. Vol. cm3
0.1	0.30
0.25	0.38
0.5	0.42
1	0.45
2	0.55
4	0.70
8	0.96
15	1.42
30	2.07
60	3.23
120	4.94
240	7.16
480	9.52
960	11.22
1440	11.91



NOTA:

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682/2013

Lo Sperimentatore:  
dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. B. TRANQUILLO

CGG TESTING S.r.l.



Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
 Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/756306 - Fax 051/846029  
 www.cgg.it - info@cgg.it

Data emissione 05/06/2013  
 M 29 ISO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione

SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70

Data ricevimento campione: 30/05/2013

Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

### PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)

DATI INIZIALI	U.M.	
Altezza:	mm	145.00
Diametro:	mm	70.00
Fatt. Raggio Eq.:	-	0.707
Raggio Eq.:	mm	24.745
Massa:	gr	1150.52
W:	%	23.18
$\gamma$ :	Mg/m <sup>3</sup>	2.06
$\gamma_s$ :	-	2.75 *
e:	-	0.64
Grado di saturazione:	-	99.14

DATI FINALI:	U.M.	
Altezza:	mm	144.40
Diametro:	mm	69.50
Massa:	gr	1153.31
W:	%	21.16
$\gamma$ :	Mg/m <sup>3</sup>	2.11
e:	-	0.58
Coefficiente B:		0.96
Grado di saturazione:		99.88
Press. di cella (kPa):		400
Contropressione (kPa):		300

Tipo di campione: indisturbato tipo Shelby

	Frequen. risonan.:	Ampiezza Momento Torcente:	Max deform. di taglio:	Vel. onde Vs:	MOD. TAGLIO (G):	G/G <sub>0</sub>	SMORZAM. (D):		$\Delta U/\sigma^3$
							Oscill. Libere	H.P.B.	
	Hz	N/m	%	m/s	Mpa	-	%	%	
**Test 1	93.0	0.00059	0.000045	116.90	28.17	1.000	2.77	1.95	0.00201
Test 2	93.0	0.00078	0.000052	116.90	28.17	1.000	2.89	2.17	0.00201
Test 3	93.0	0.00117	0.000066	116.90	28.17	1.000	3.03	2.58	0.00301
Test 4	92.0	0.00156	0.000099	115.64	27.57	0.979	3.31	4.93	0.00201
Test 5	91.0	0.00234	0.000154	114.38	26.98	0.958	3.64	4.60	0.00201
Test 6	90.0	0.00390	0.000178	113.13	26.39	0.937	3.87	5.28	0.00301
Test 7	89.0	0.00585	0.000269	110.61	25.81	0.916	4.16	5.47	0.00301
Test 8	87.0	0.01560	0.000578	109.36	24.66	0.875	4.82	5.15	0.00401
Test 9	84.0	0.02340	0.001150	105.58	22.98	0.816	5.24	5.61	0.00401
Test 10	82.0	0.03120	0.001807	103.07	21.90	0.777	5.58	5.78	0.00502
Test 11	79.0	0.03900	0.002177	99.30	20.33	0.722	5.72	6.55	0.00401
Test 12	77.0	0.05460	0.003387	96.79	19.31	0.685	6.63	6.68	0.00602
Test 13	73.0	0.07800	0.005068	91.76	17.36	0.616	7.31	6.89	0.00703
Test 14	67.0	0.11700	0.008324	84.22	14.62	0.519	8.47	7.12	0.00804
Test 15	62.0	0.15600	0.012027	77.93	12.52	0.444	9.14	7.56	0.00804
Test 16	55.5	0.21450	0.018344	69.76	10.03	0.356	10.53	8.19	0.01002
Test 17	49.0	0.29250	0.028534	61.59	7.82	0.278	11.61	9.49	0.01406
Test 18	42.0	0.39000	0.044482	52.79	5.75	0.204	12.78	10.61	0.02008
Test 19	32.0	0.54600	0.072564	40.22	3.34	0.119	14.18	12.07	0.03213

\* Valore stimato

\*\* Test 1 corrisponde al valore G<sub>0</sub>

Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682/2013

Lo Sperimentatore:  
dott. D. Del Negro

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. B. Tranquillo

CGG TESTING S.r.l.

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

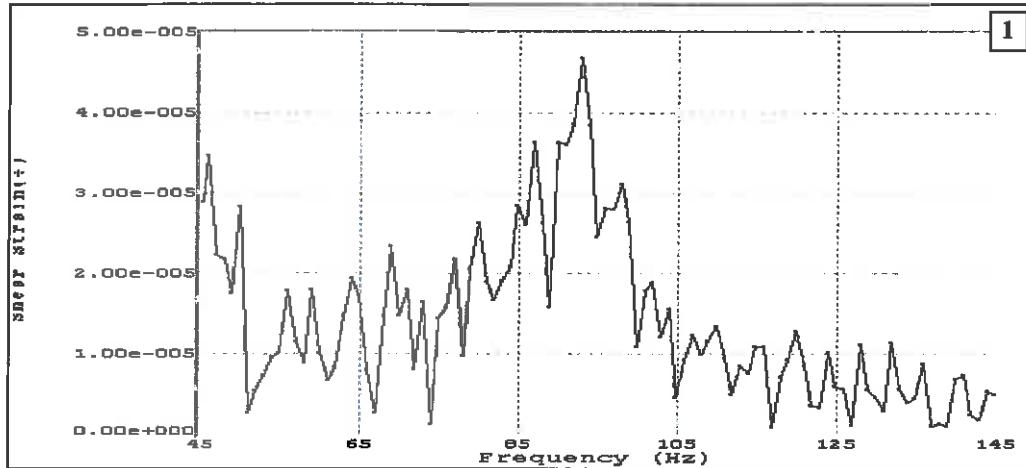


Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

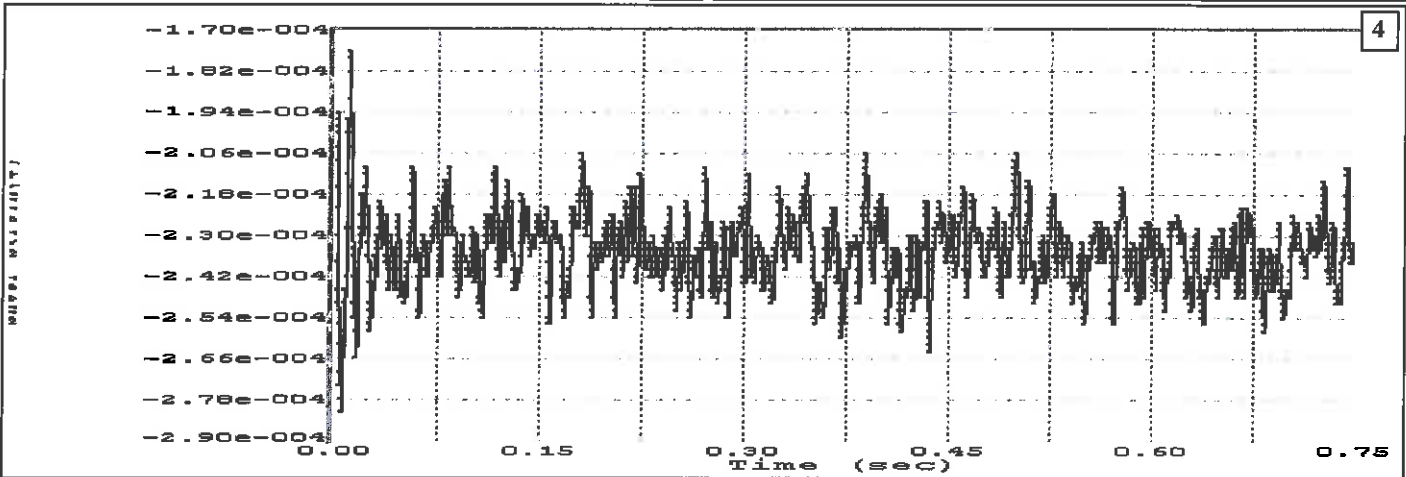
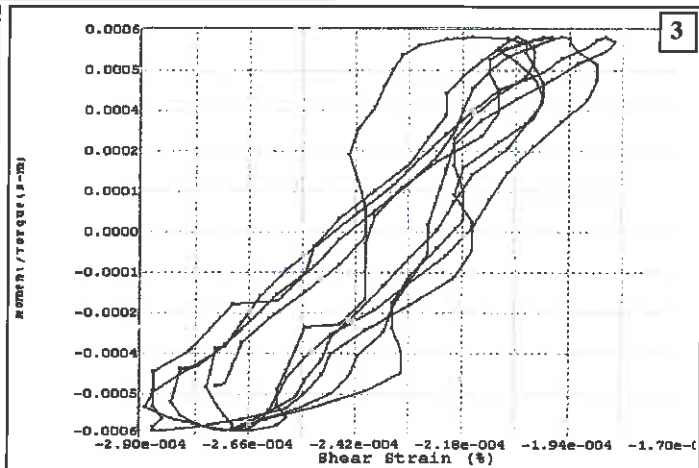
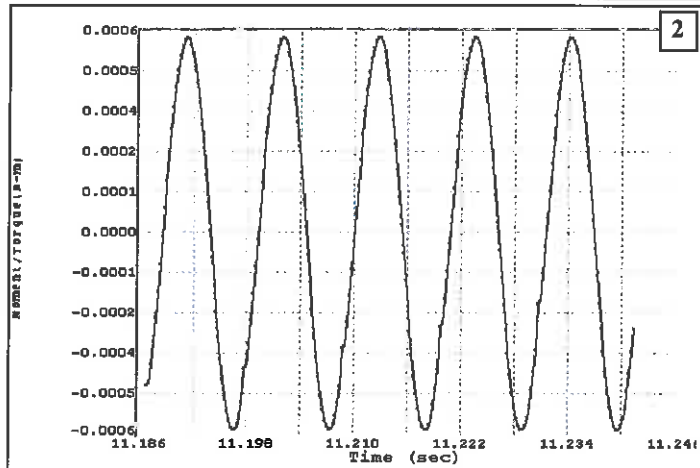
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**



**TEST N.: 1**

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

CGG TESTING S.r.l.

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

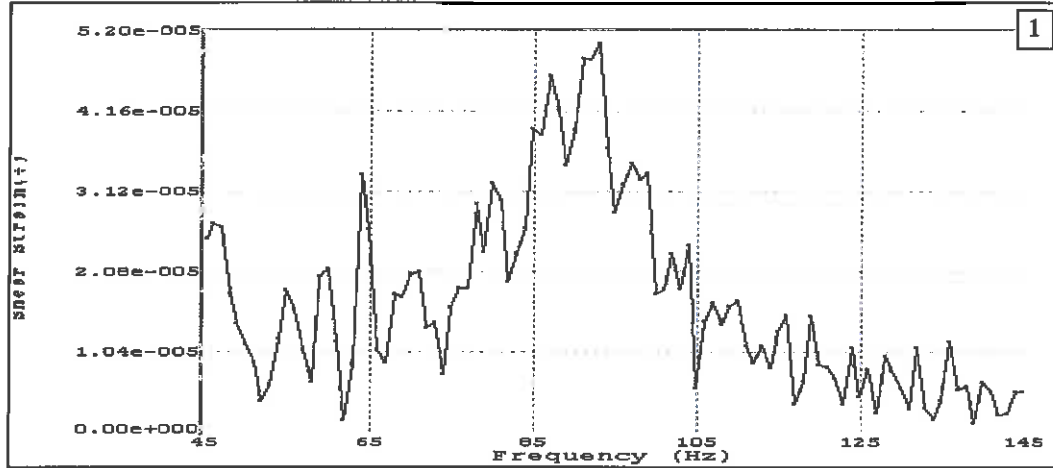


Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza - Tel 0523/497184 - Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) - Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

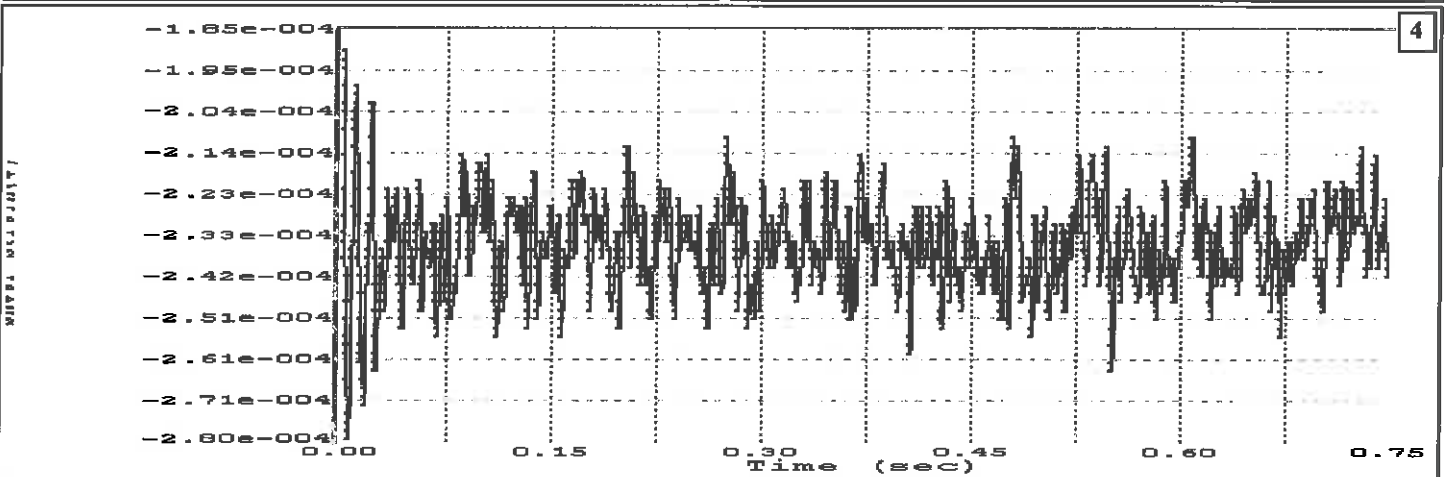
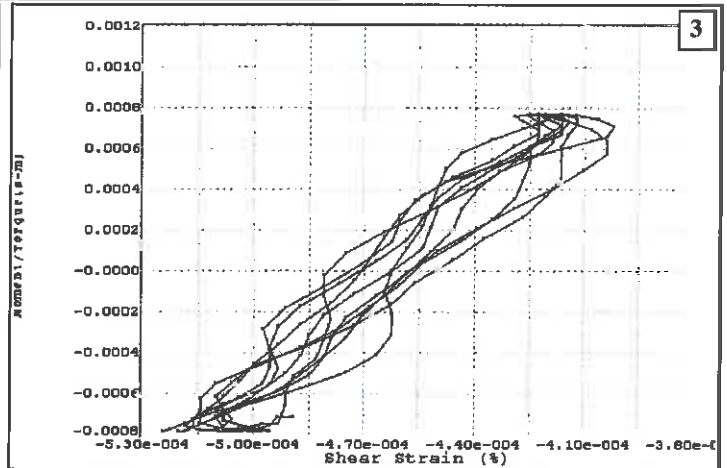
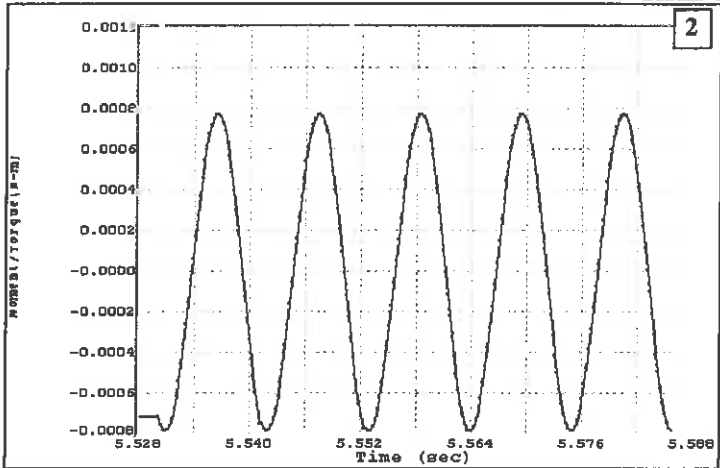
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 2

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo



CGG TESTING S.r.l.

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

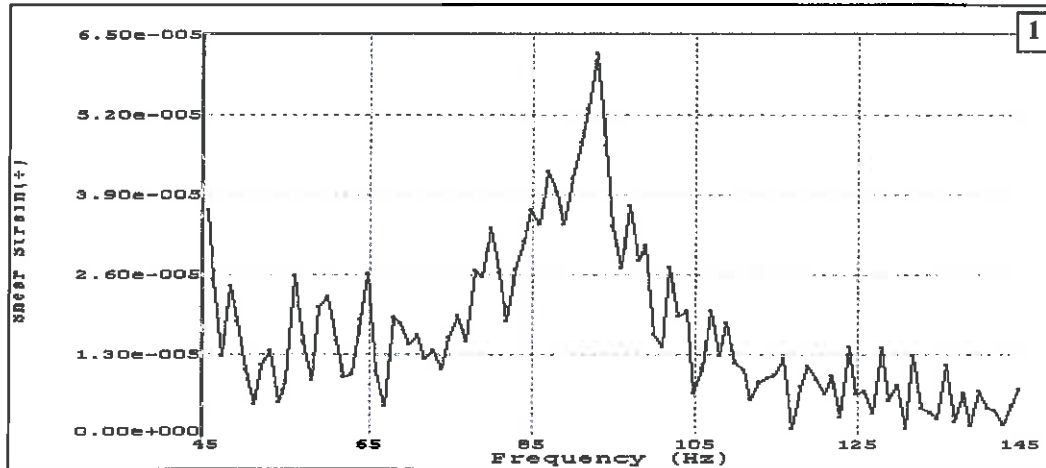


Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
- info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

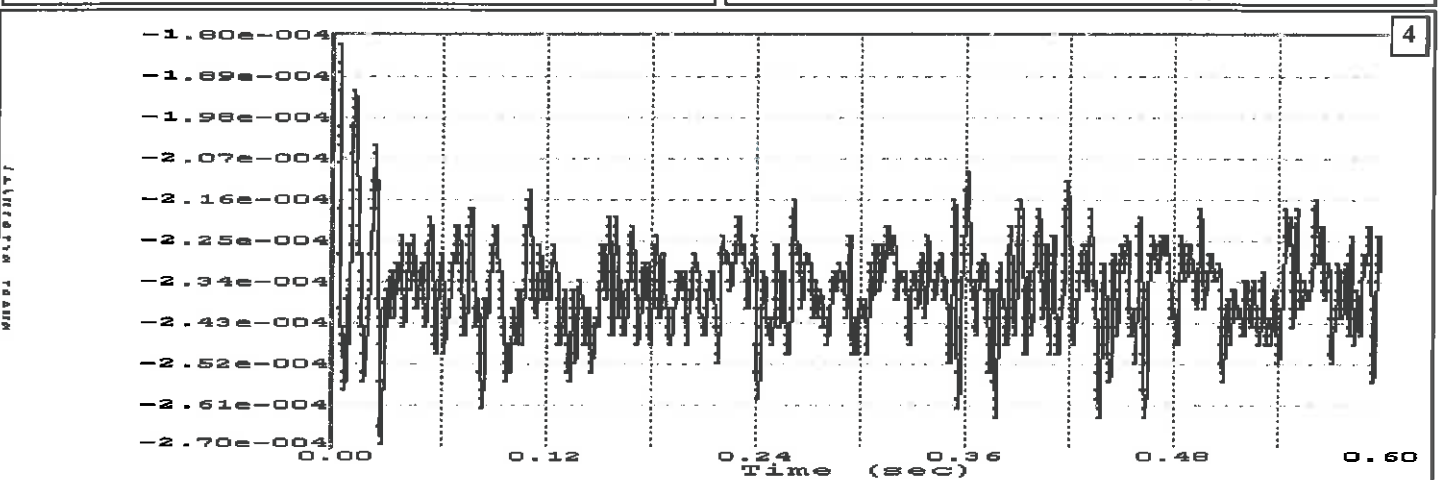
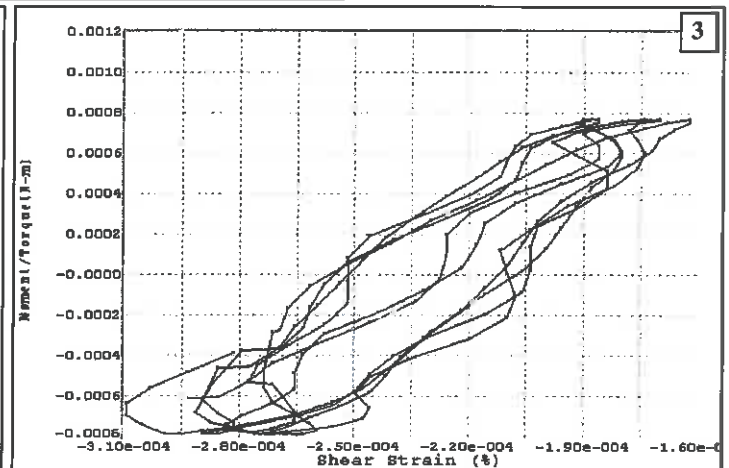
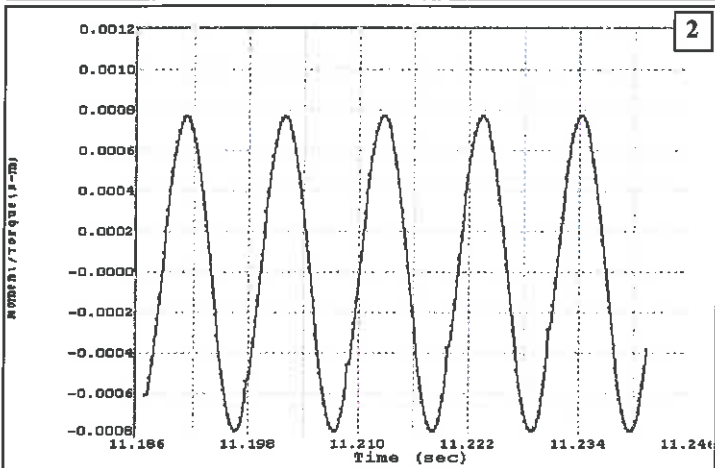
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 3

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi  $t/g$  alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

CGG TESTING S.r.l.



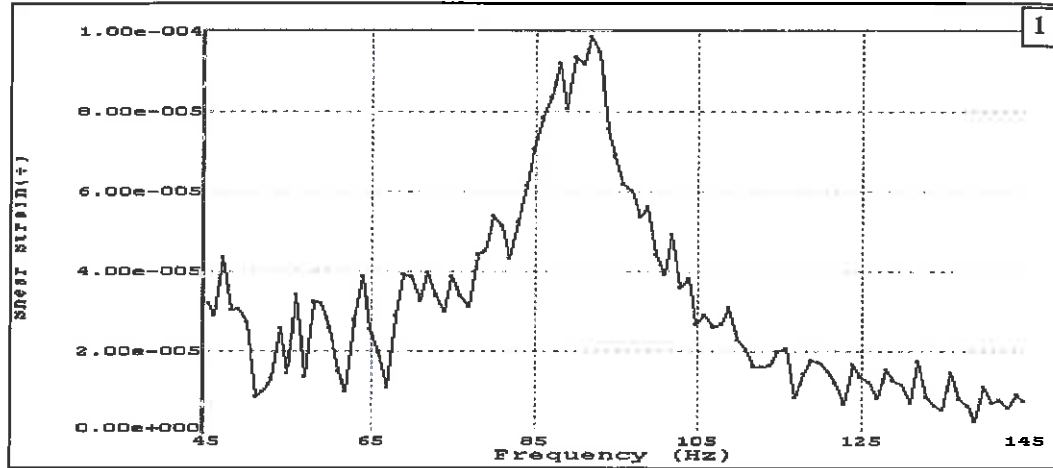
Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
 Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
 www.cgg.it - Info@cgg.it

Data emissione 05/06/2013  
 M 29 ISO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione  
 Data ricevimento campione: 30/05/2013

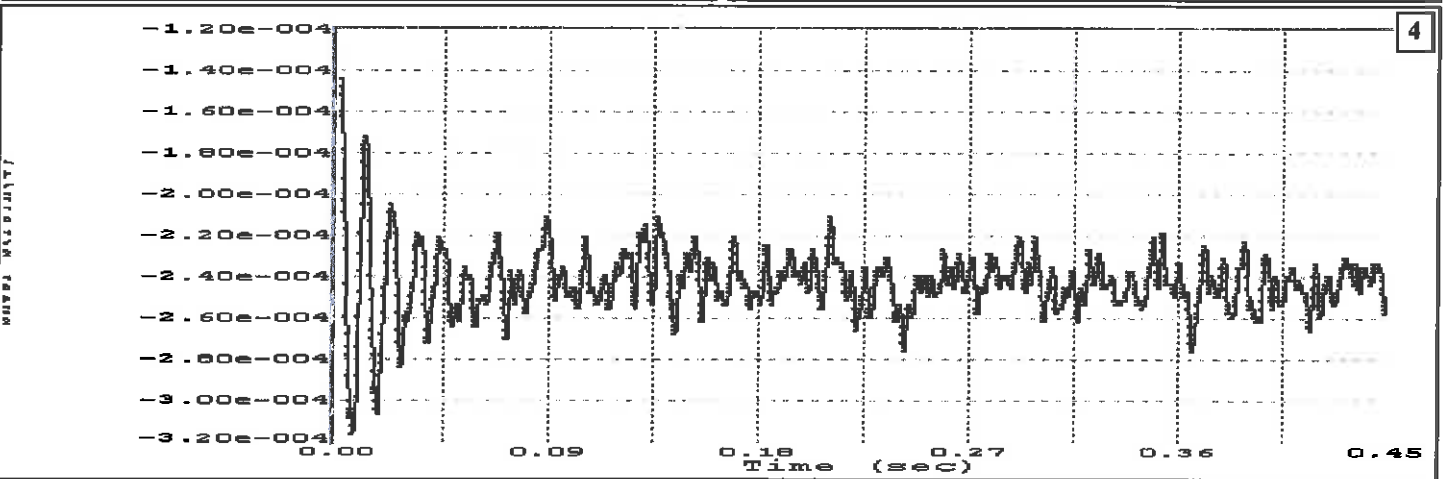
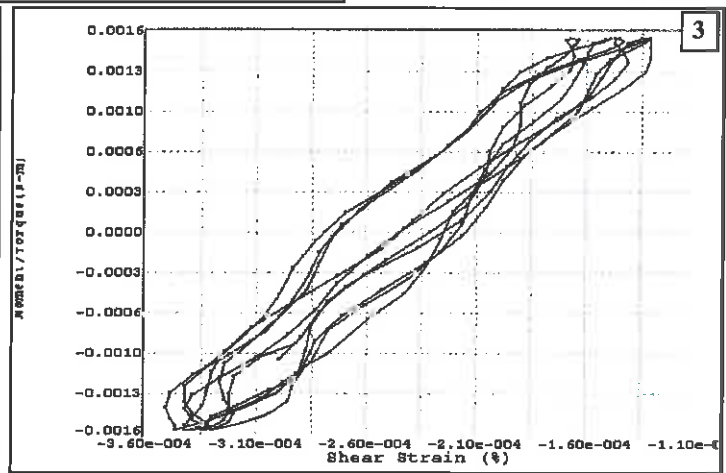
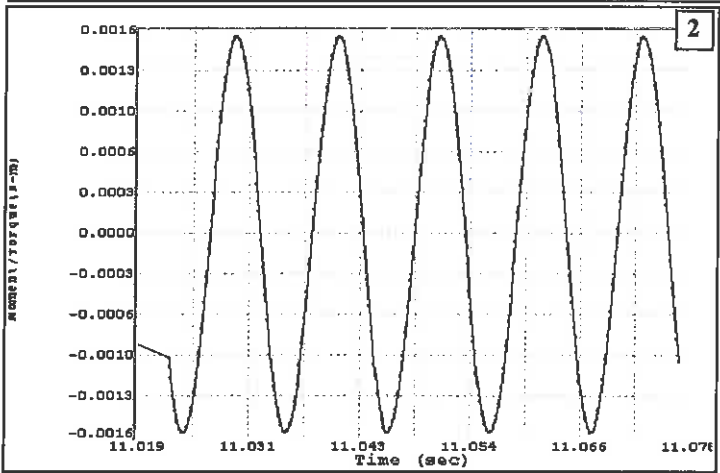
SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**



**TEST N.: 4**

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

*(Handwritten signatures)*



CGG TESTING S.r.l.

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

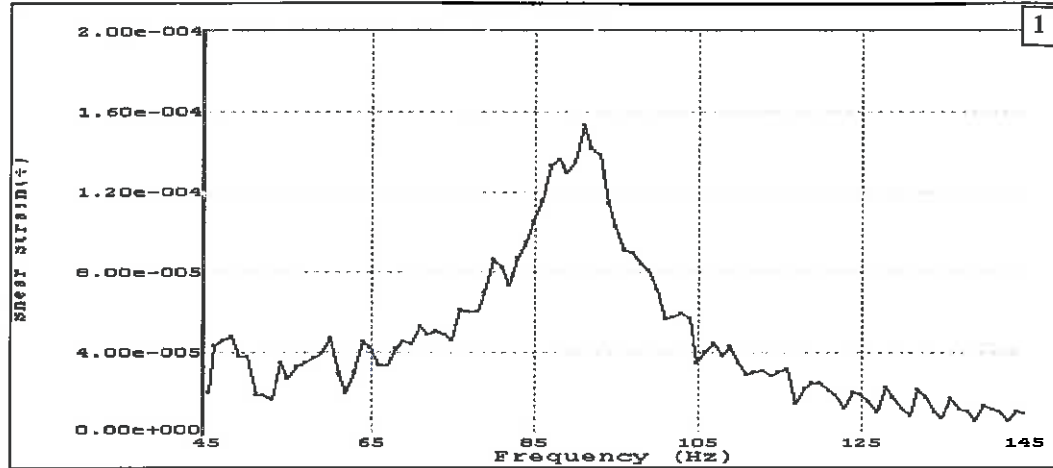


Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
www.cgg.it - Info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

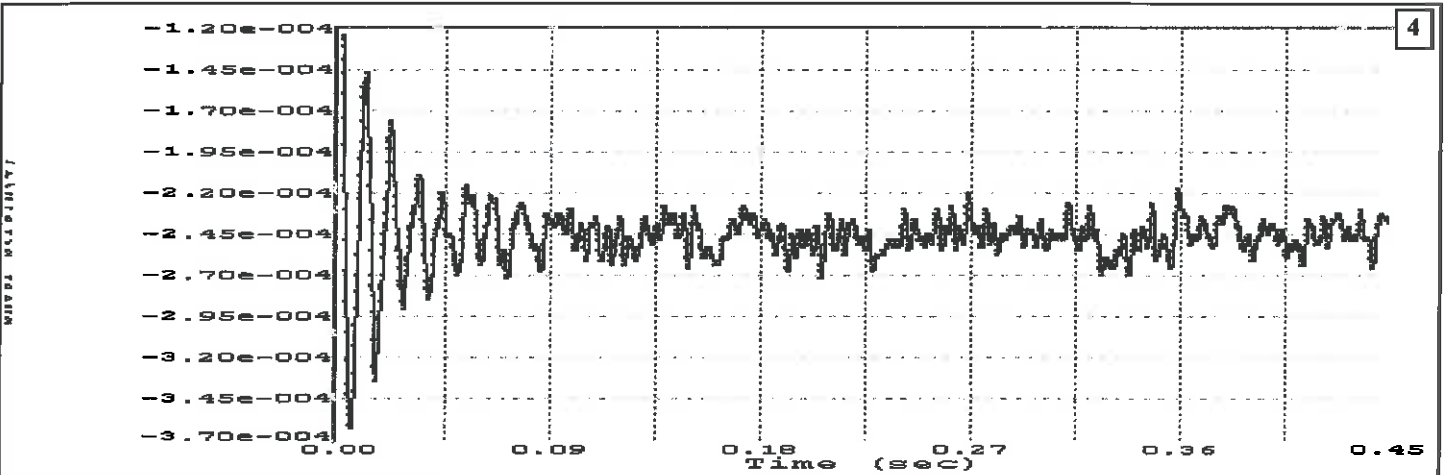
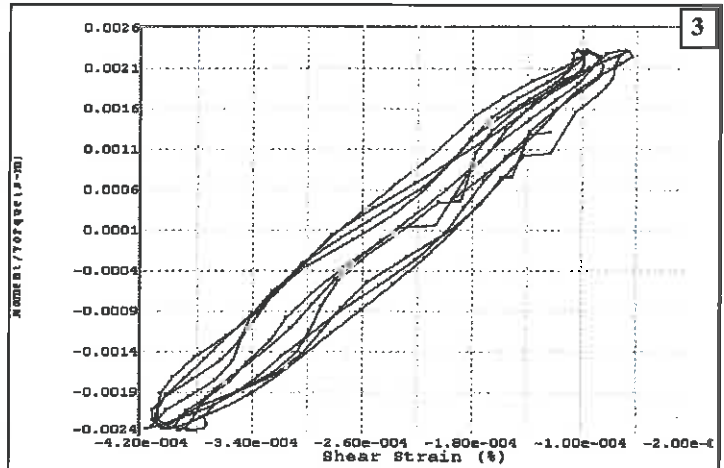
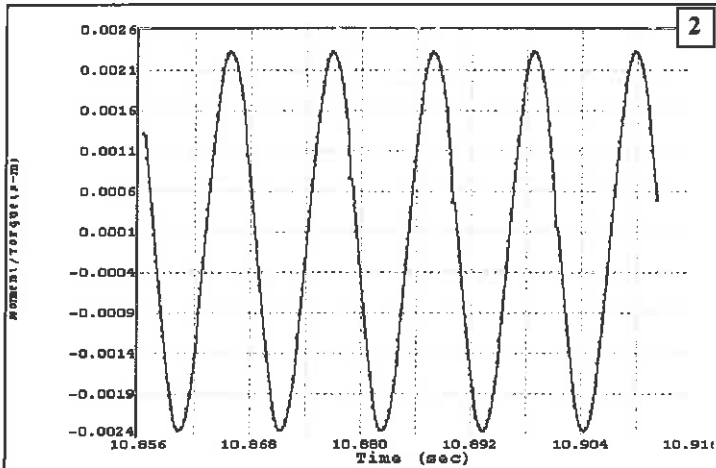
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 5

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13

Verbale di accettazione: 682/2013

Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro

Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

CGG TESTING S.r.l.



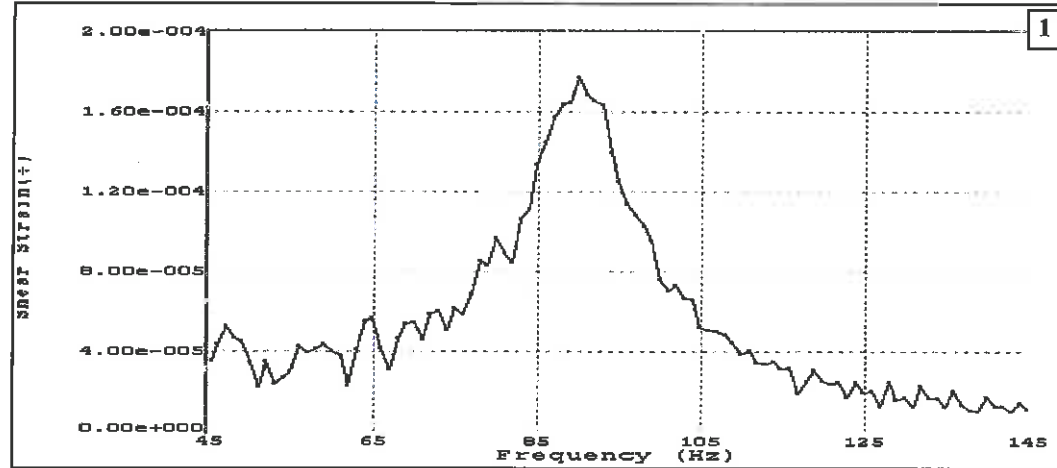
Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza - Tel 0523/497184 - Fax 0523/489338  
 Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) - Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
 www.cgg.it - info@cgg.it

Data emissione 05/06/2013  
 M 29 ISO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione  
 Data ricevimento campione: 30/05/2013

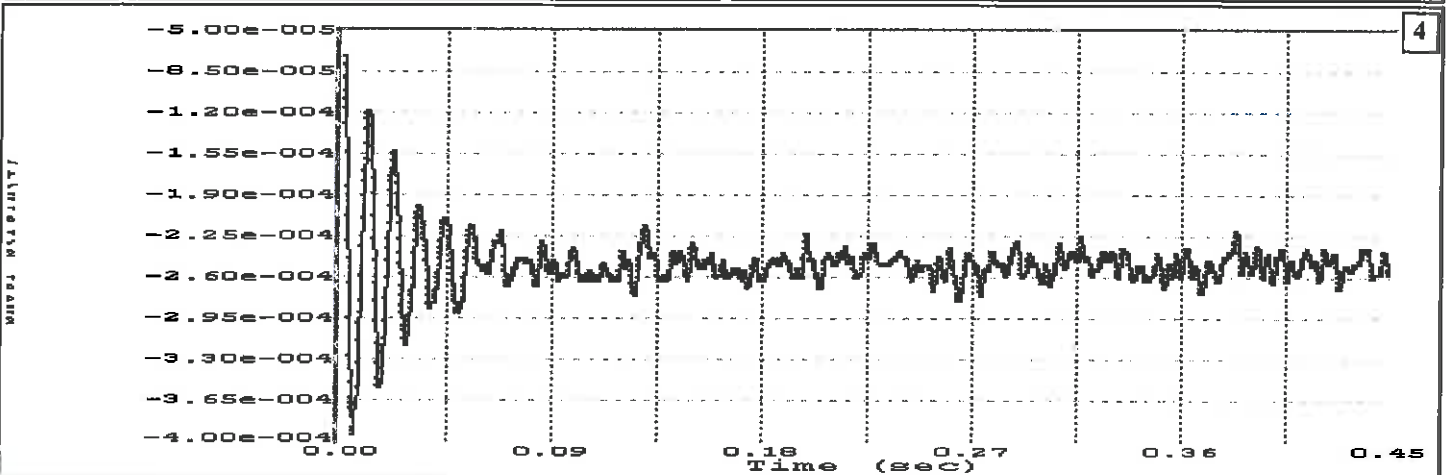
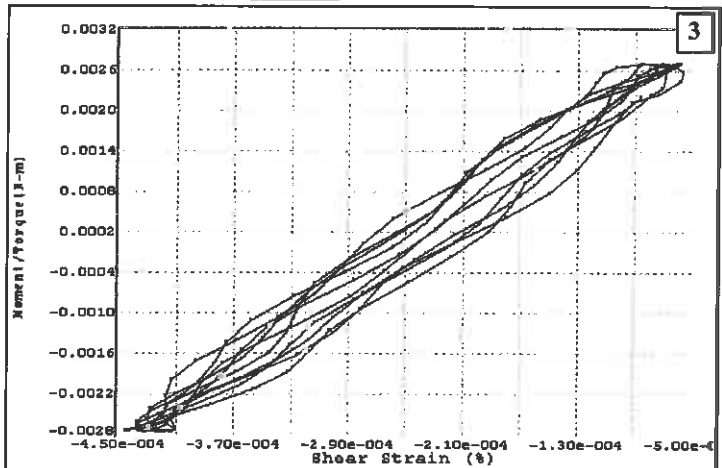
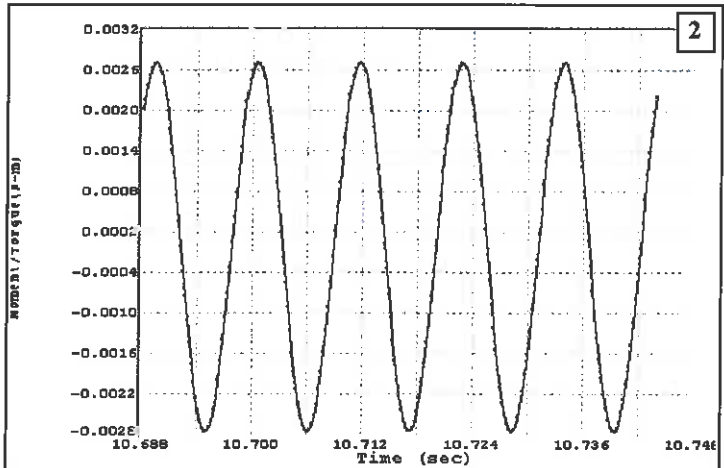
SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 6

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

CGG TESTING S.r.l.

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

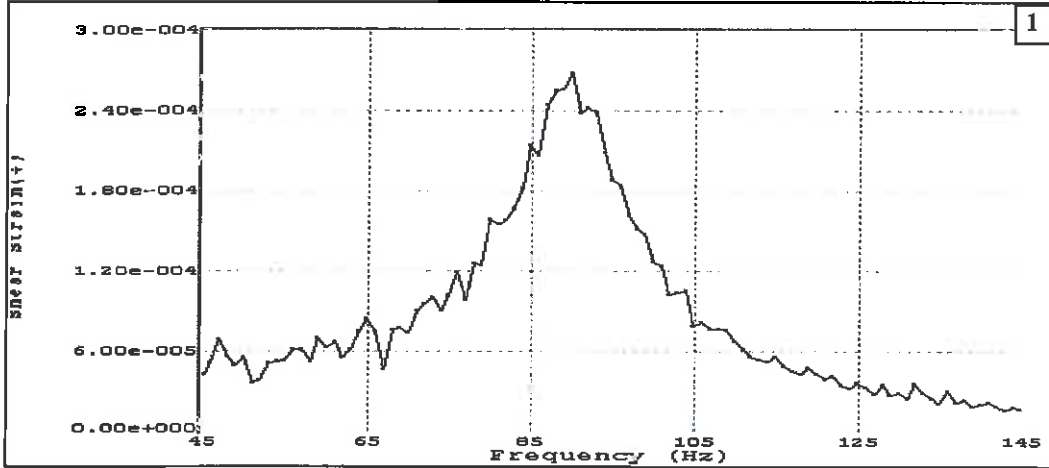


Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029 - www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

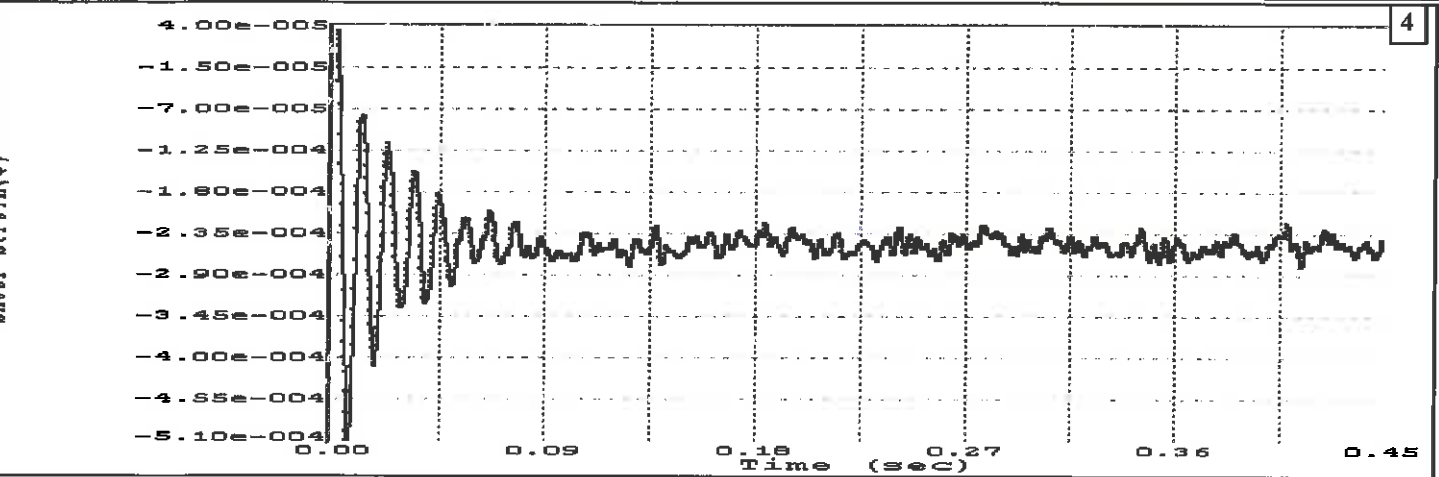
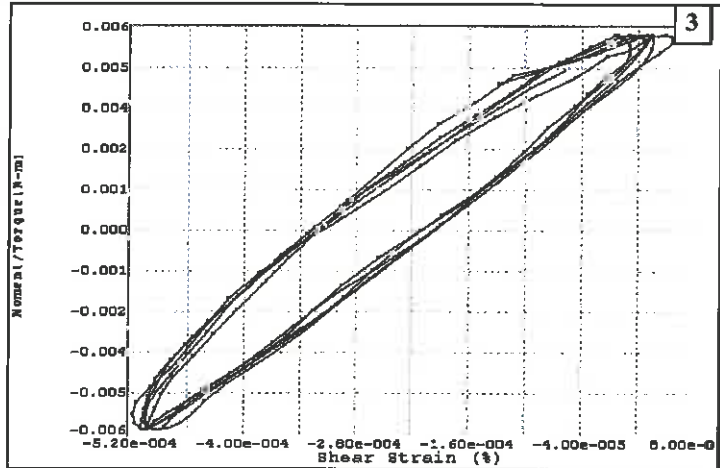
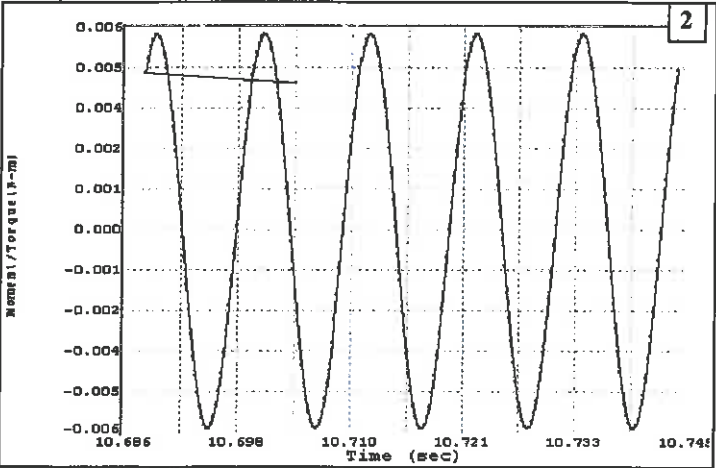
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**



**TEST N.: 7**

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. E. Tranquillo

*(Handwritten signatures in blue ink)*



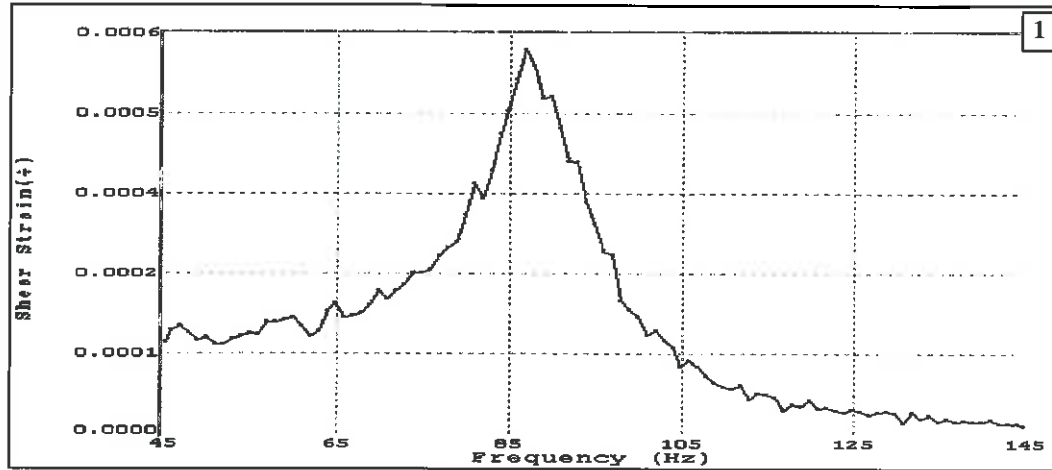
Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza - Tel 0523/497184 - Fax 0523/489338  
 Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) - Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
 www.cgg.it - Info@cgg.it

Data emissione 05/06/2013  
 M 29 ISO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione  
 Data ricevimento campione: 30/05/2013

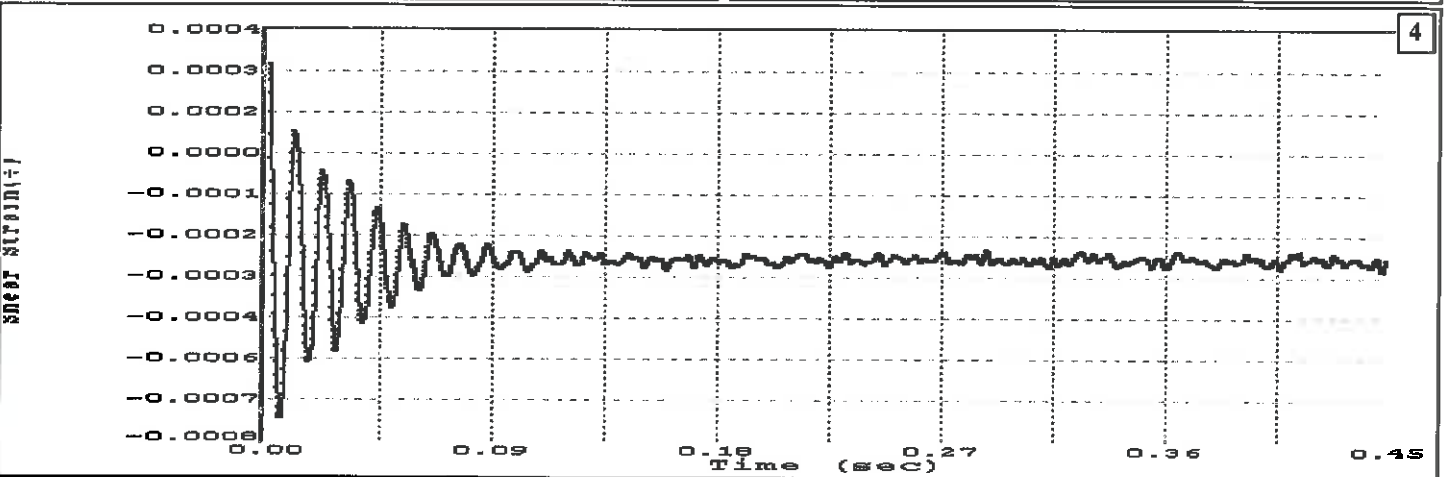
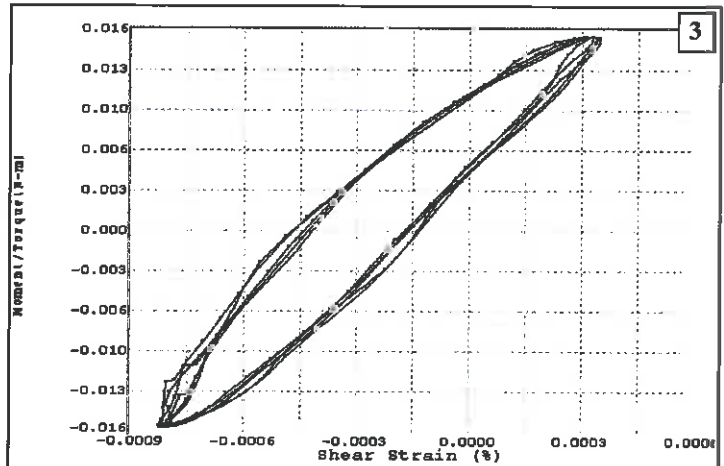
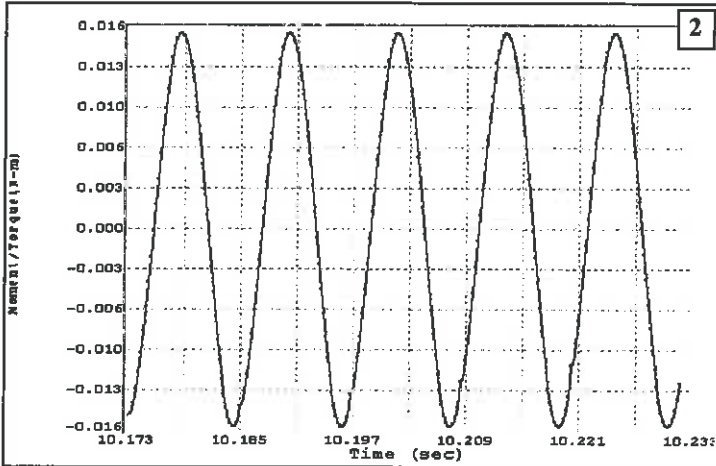
SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**



**TEST N.: 8**

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13

Verbale di accettazione: 682/2013

Lo Sperimentatore:  
 dott. D. Del Negro

Il Direttore del Laboratorio:  
 dott. B. Tranquillo



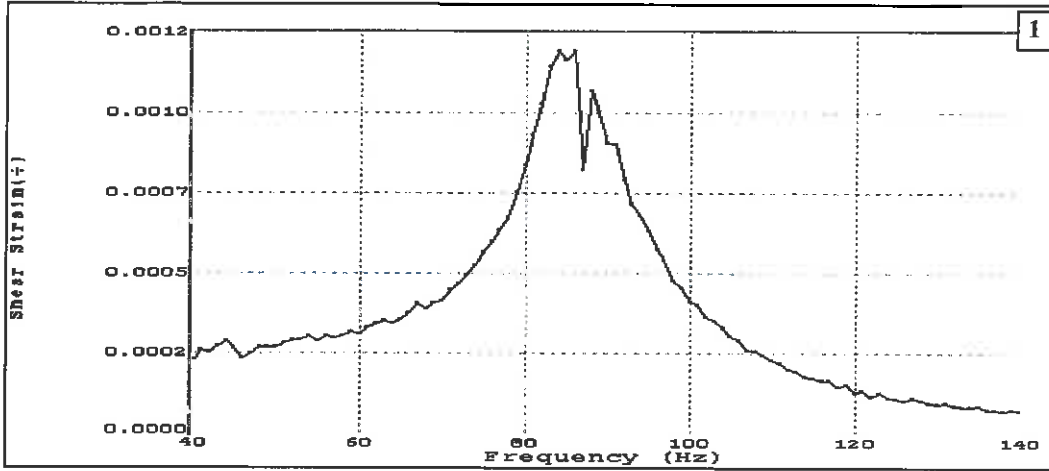
Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
www.cgg.it - info@cgg.it

Data emissione 05/06/2013  
M 29 ISO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

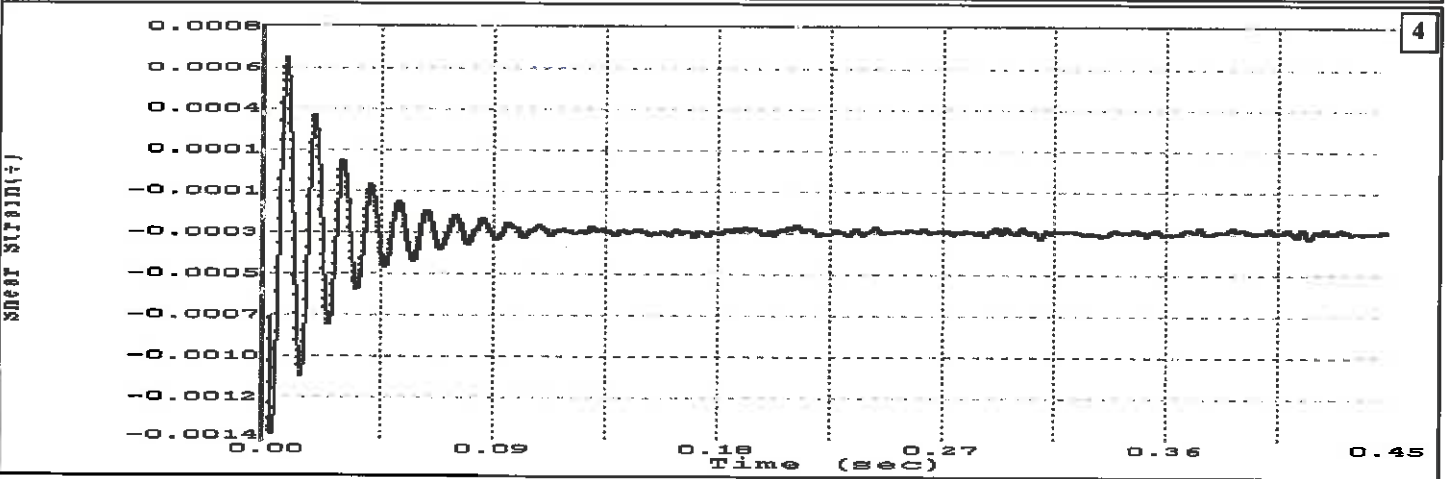
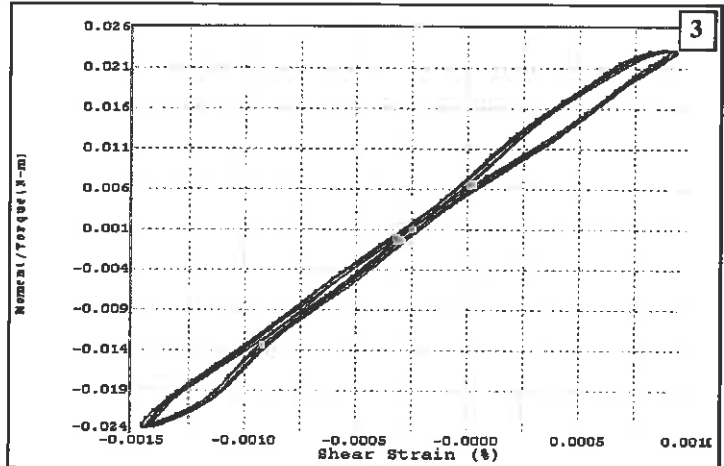
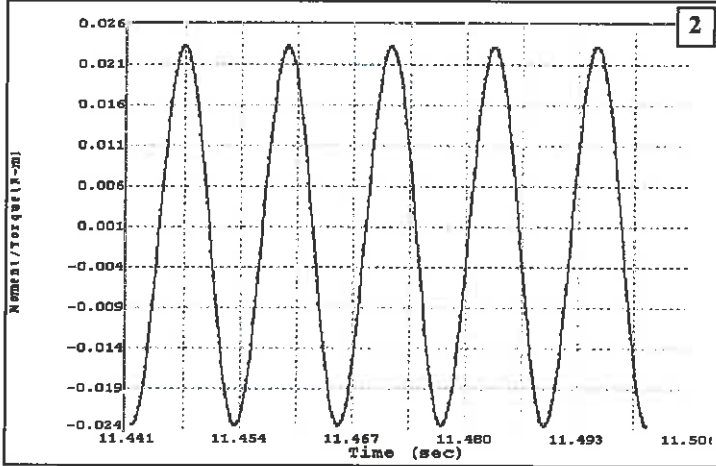
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

### PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 9

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13

Verbale di accettazione: 682/2013

Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro

Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo



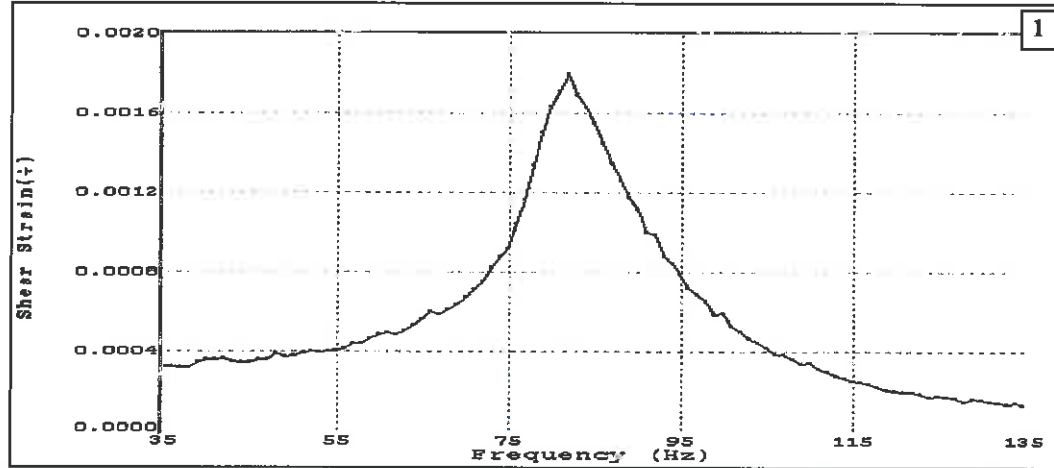
Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
 Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
 www.cgg.it - info@cgg.it

Data emissione 05/06/2013  
 M 29 ISO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione  
 Data ricevimento campione: 30/05/2013

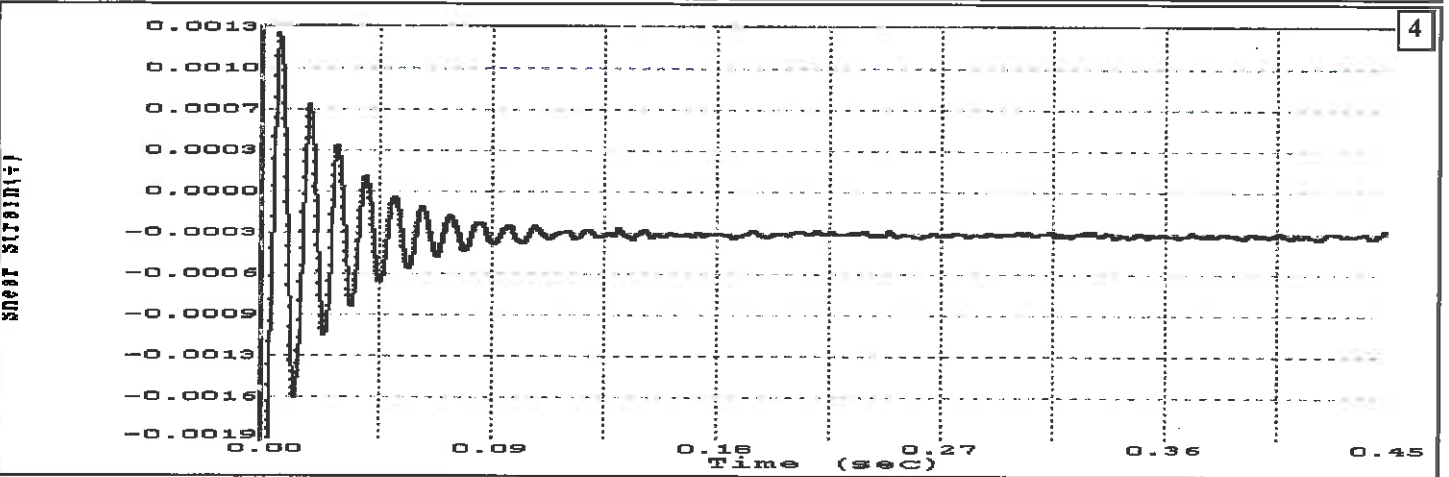
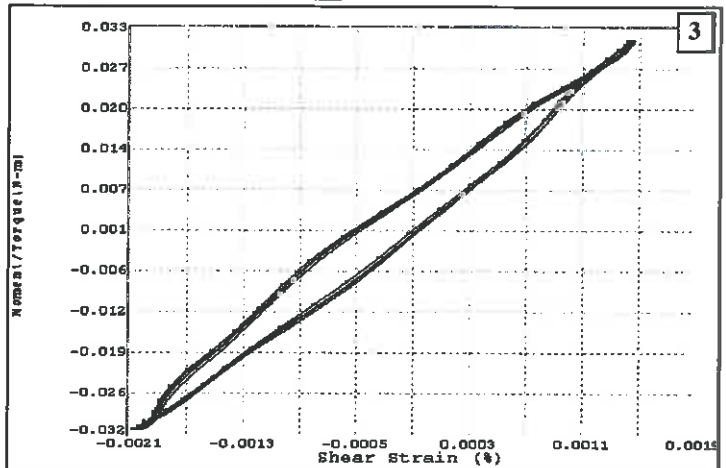
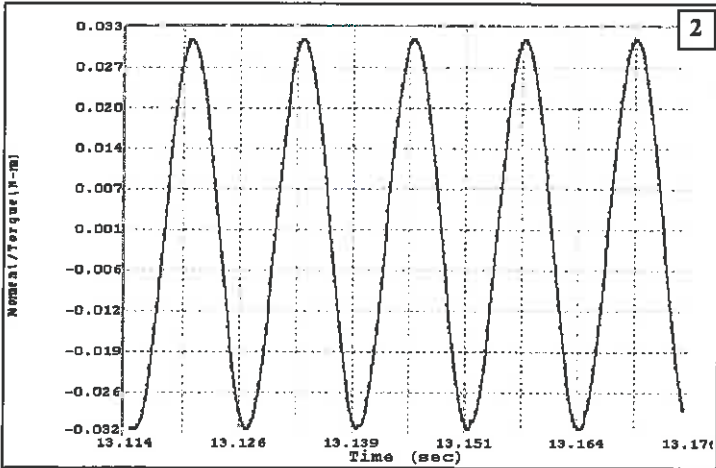
SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**



**TEST N.: 10**

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi 1/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

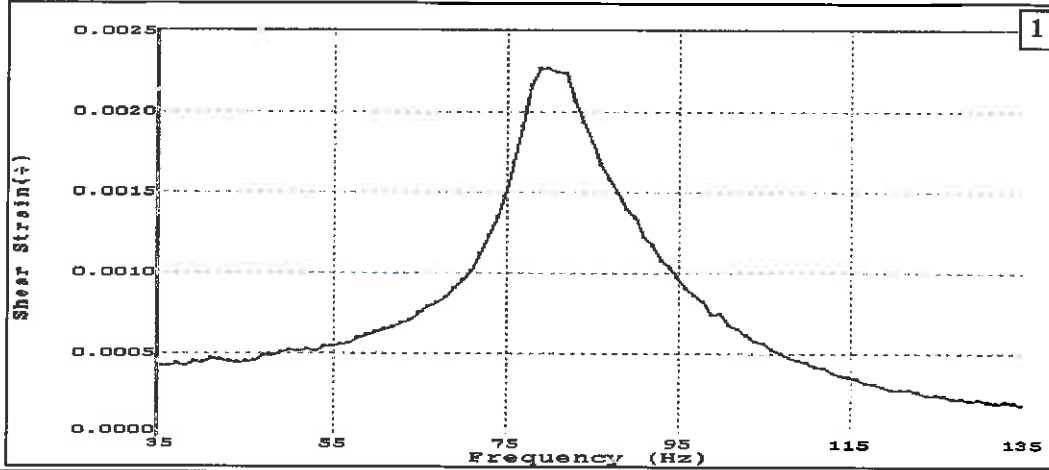




COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

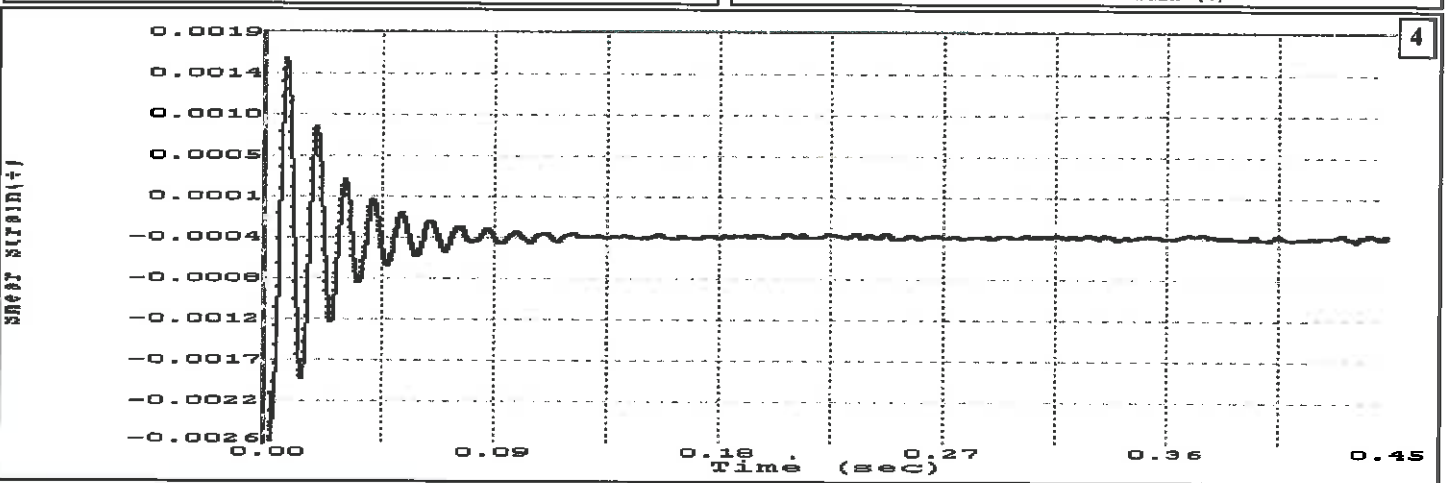
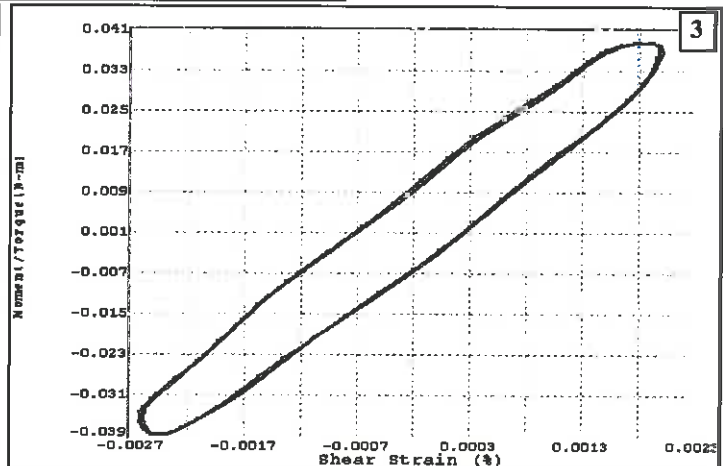
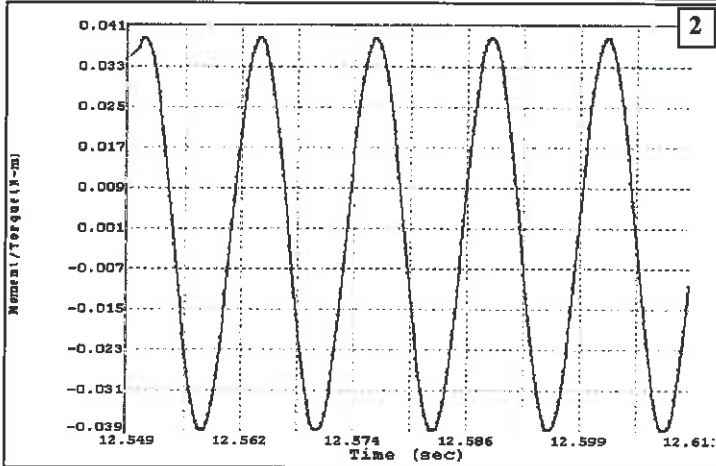
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

### PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 11

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



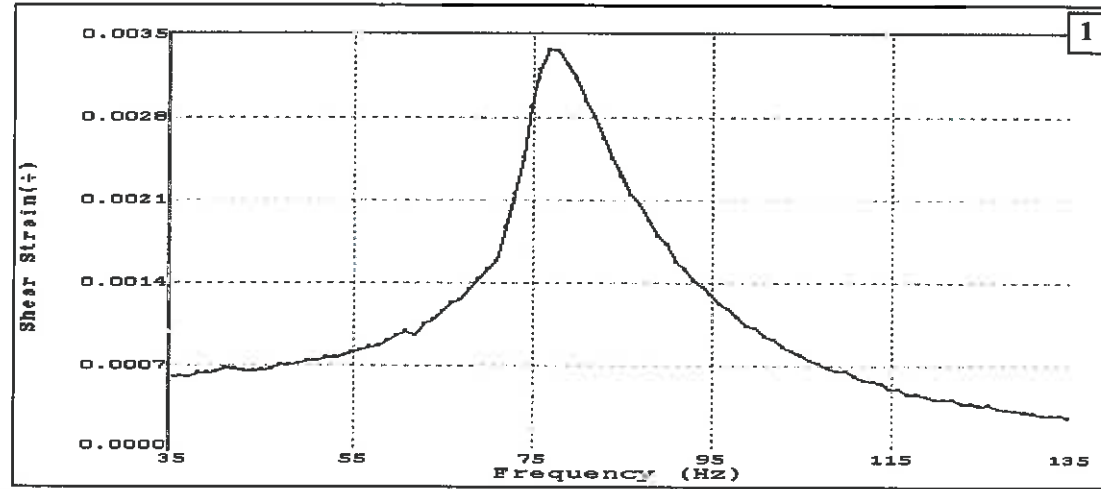
Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo



COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

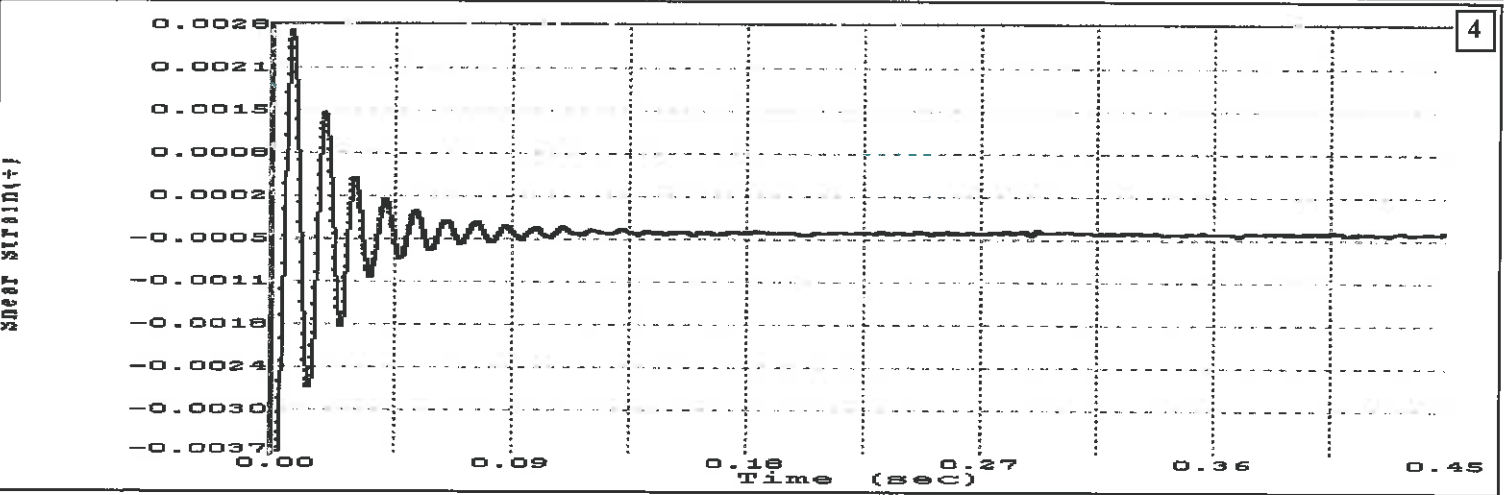
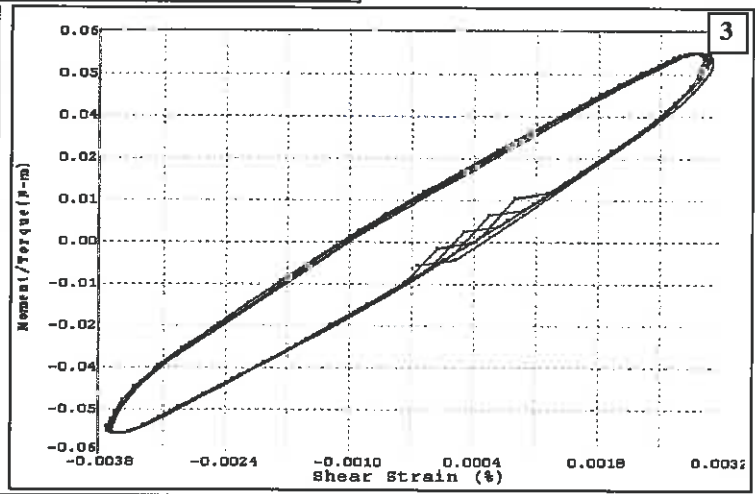
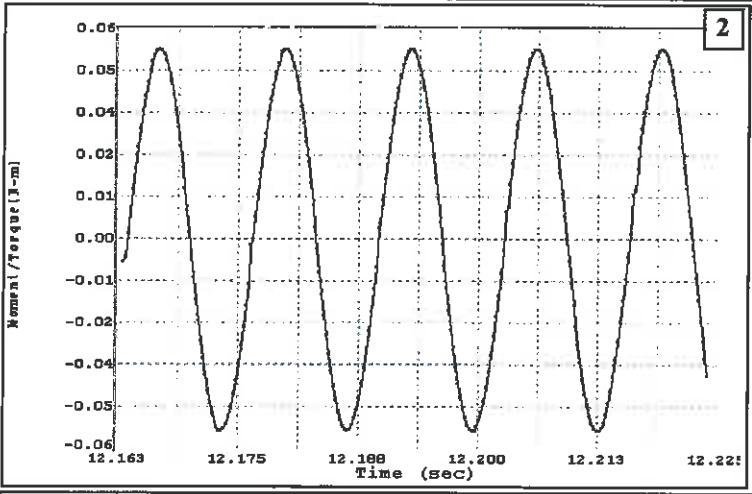
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

### PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 12

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

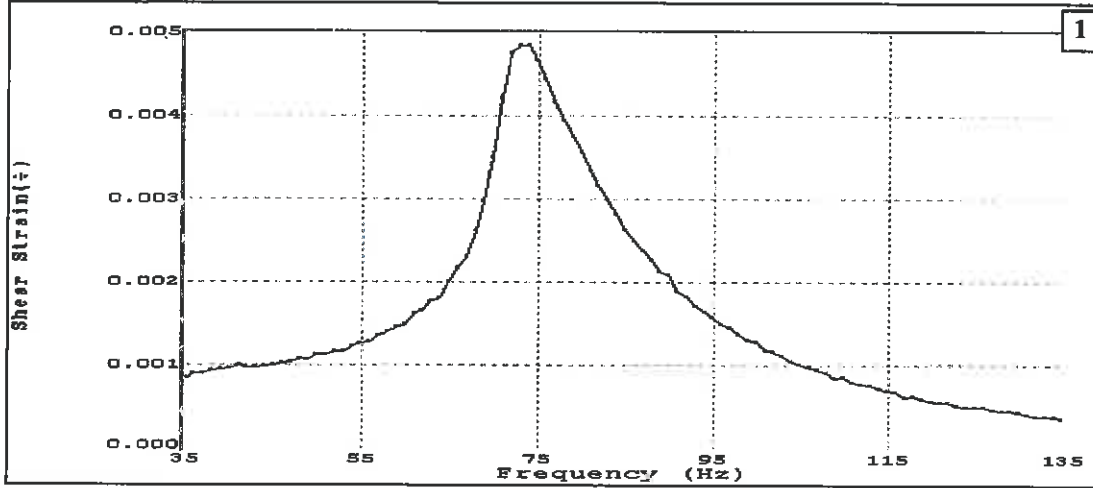




COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

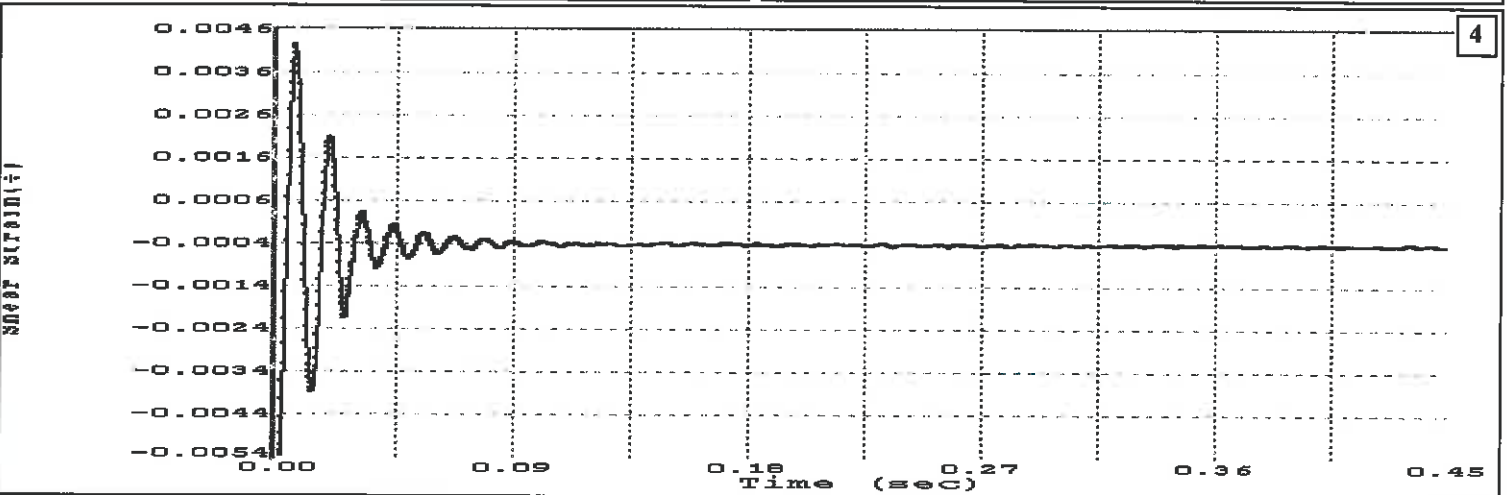
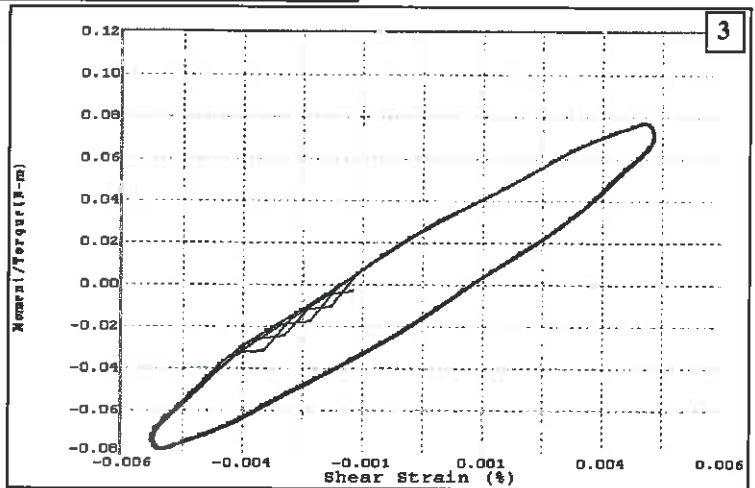
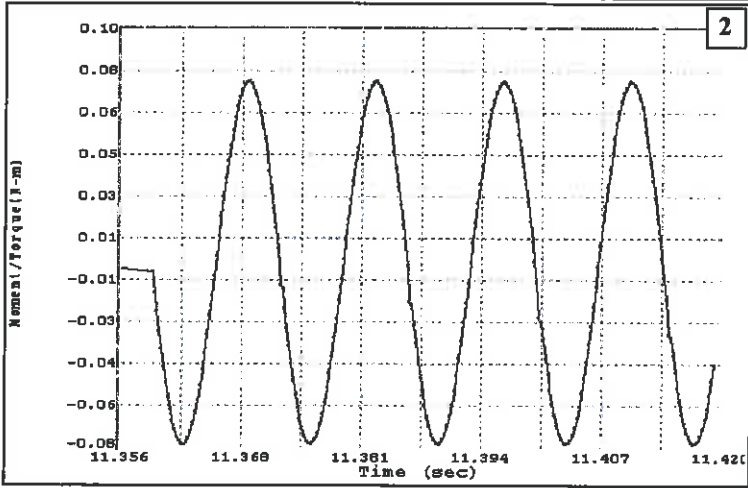
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 13

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

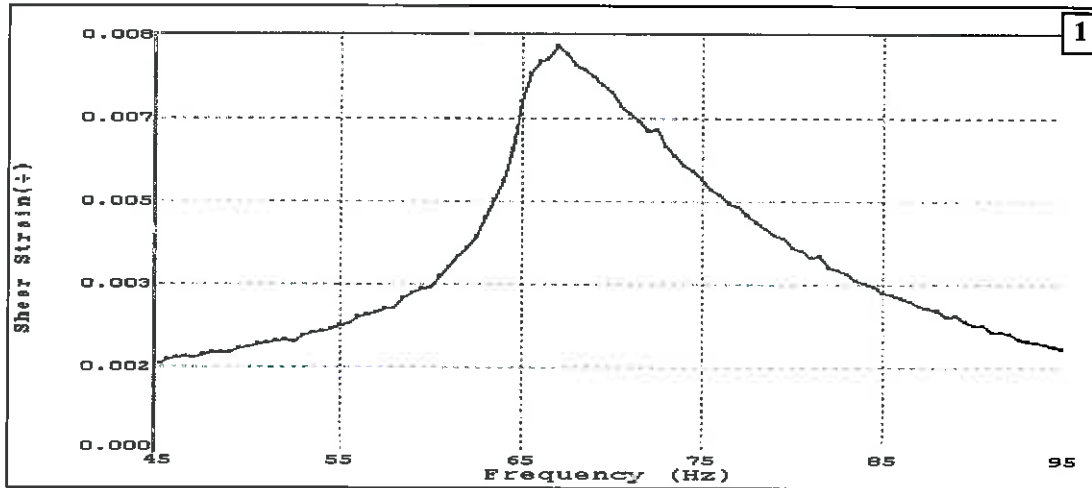


Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza - Tel 0523/497184 - Fax 0523/499339  
 Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) - Tel. 051/846406 - Fax 051/846029 www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione  
 Data ricevimento campione: 30/05/2013

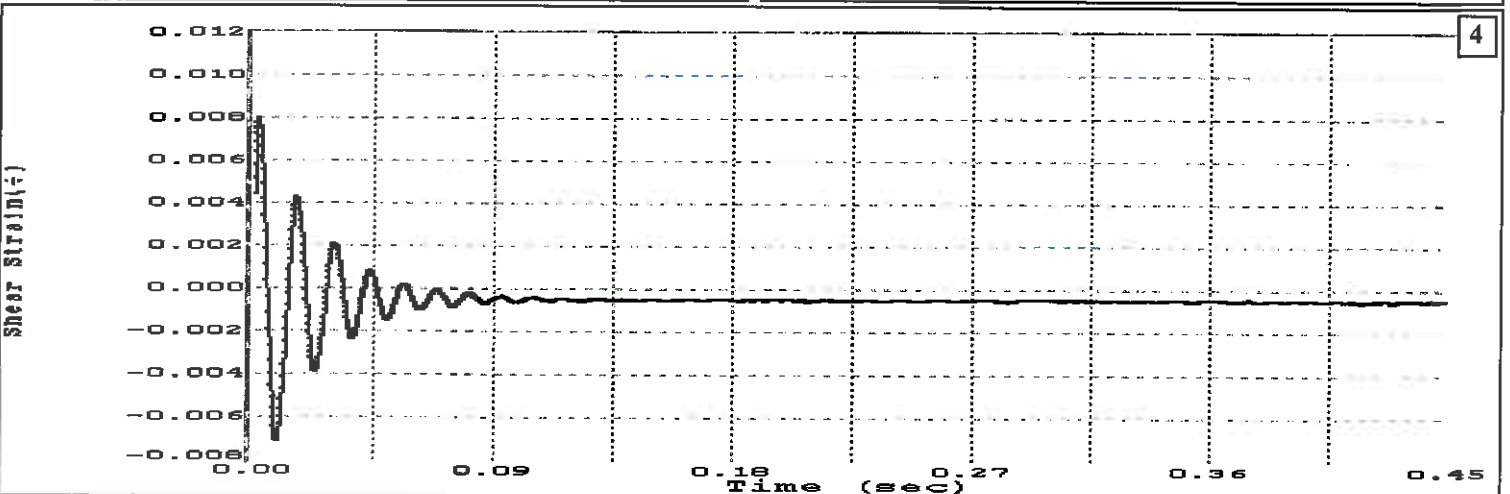
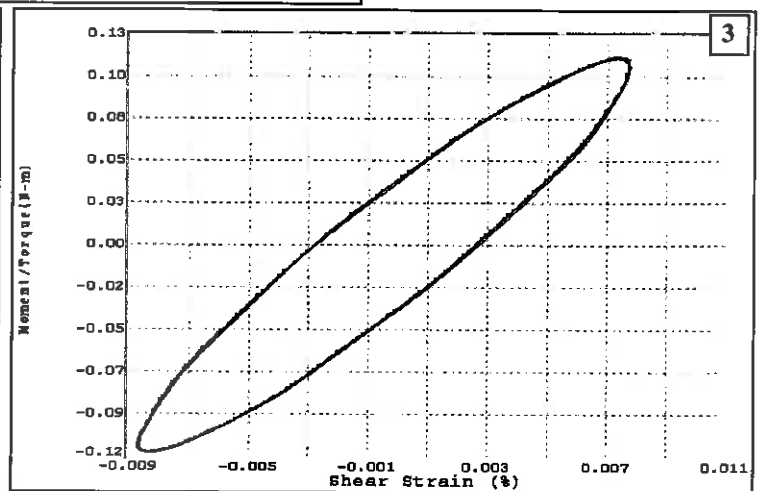
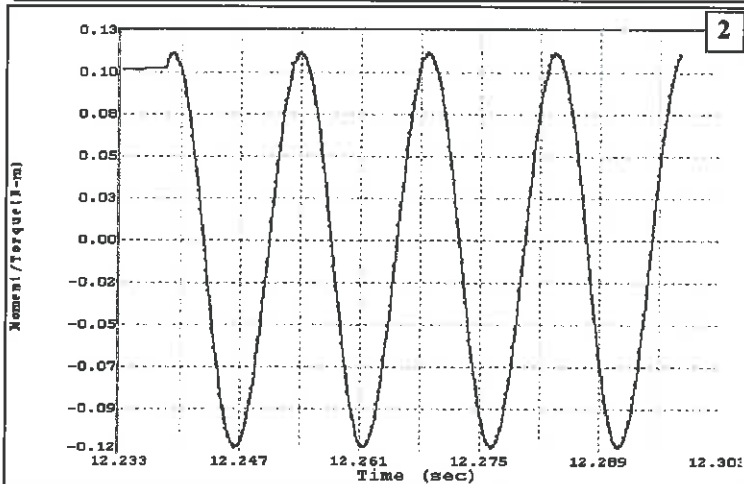
SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

### PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 14

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi  $t/g$  alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa:  
092-13

Verbale di accettazione:  
682/2013

Lo Sperimentatore:  
dott. D. Del Negro

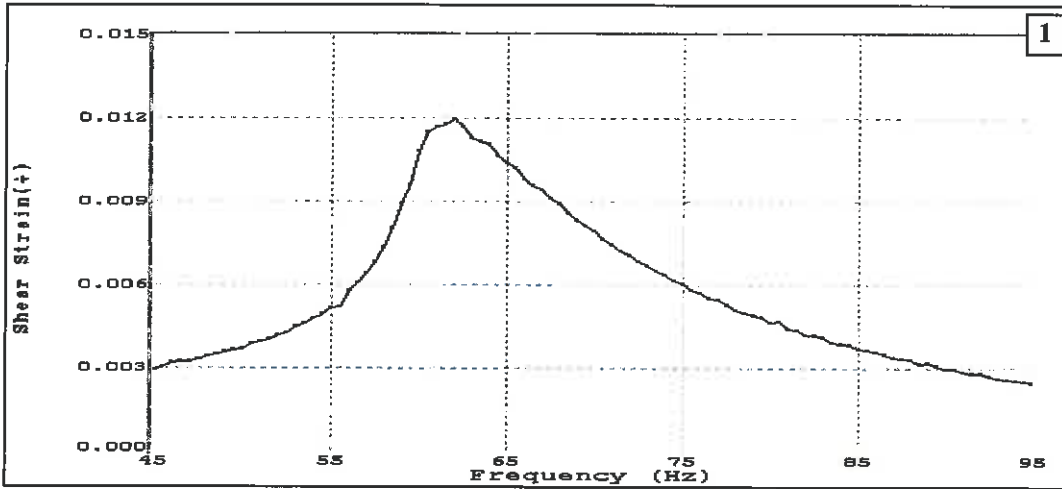
Il Direttore del Laboratorio:  
dott. B. Tranquillo

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione  
 Data ricevimento campione: 30/05/2013

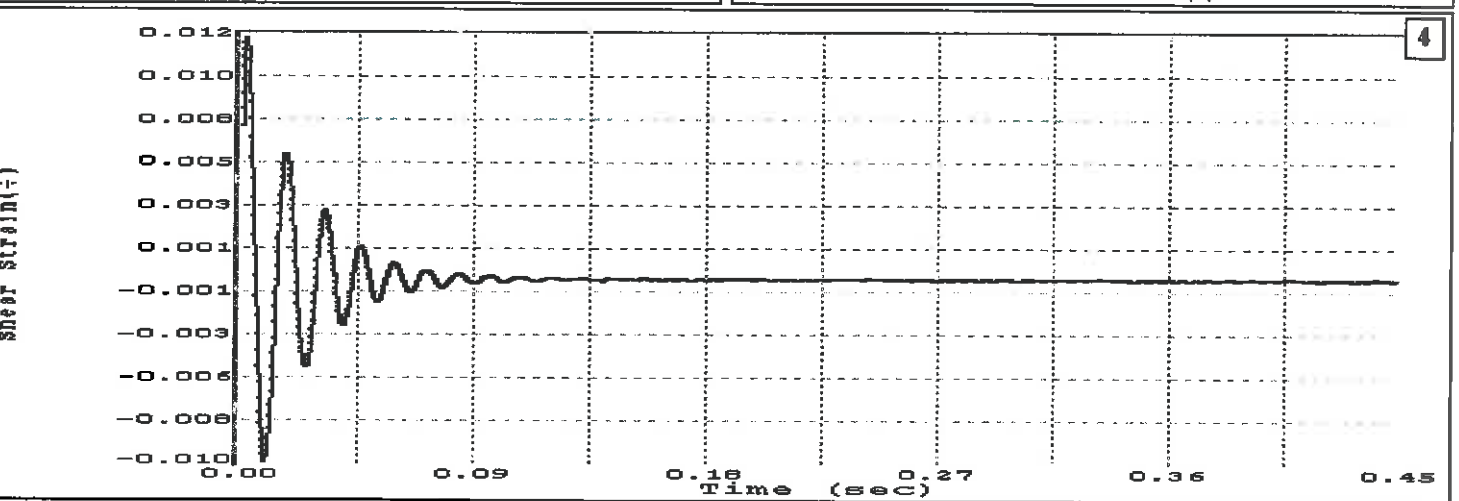
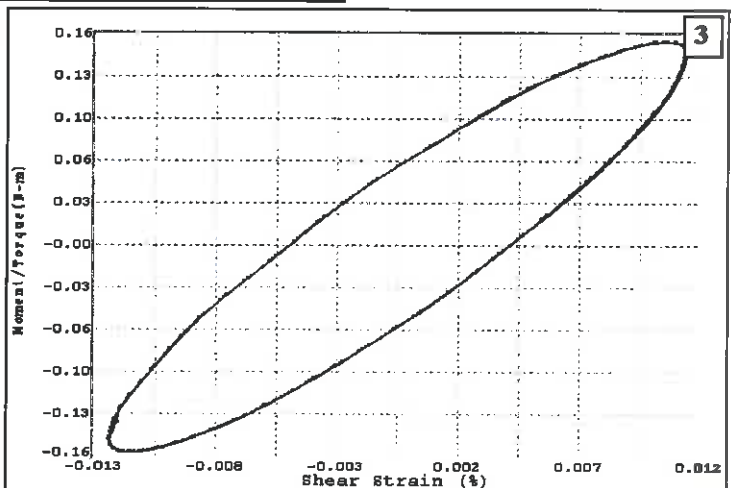
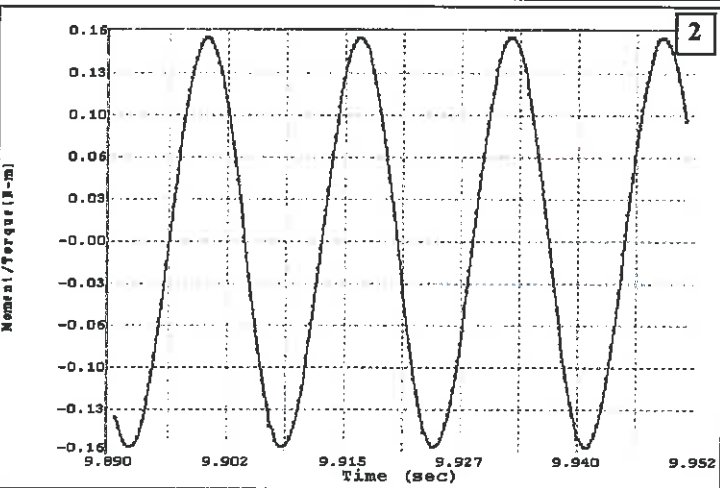
SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**

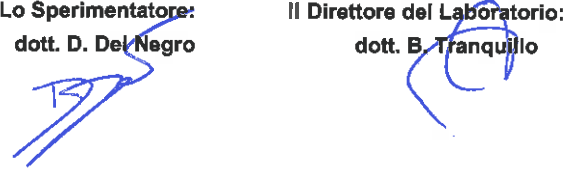
TEST N.: 15



- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



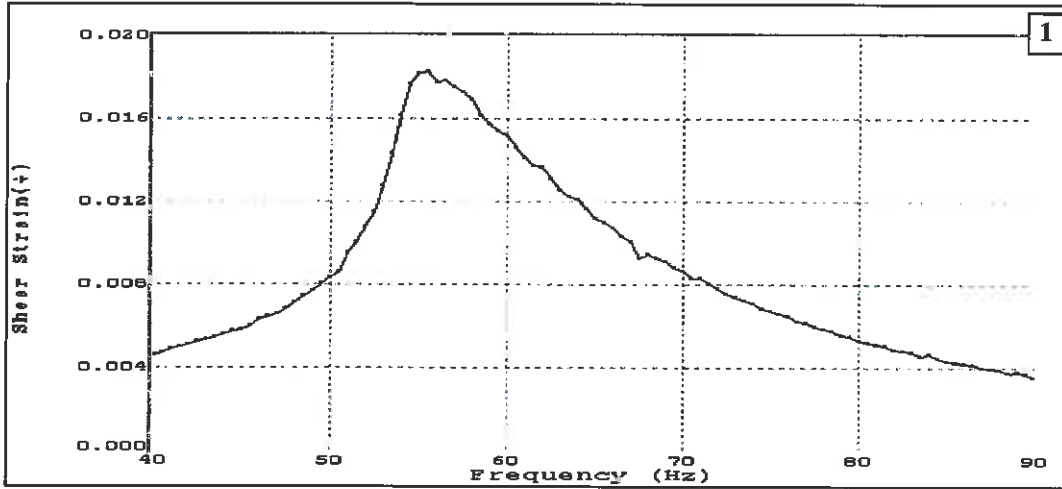
Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo



COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione  
 Data ricevimento campione: 30/05/2013

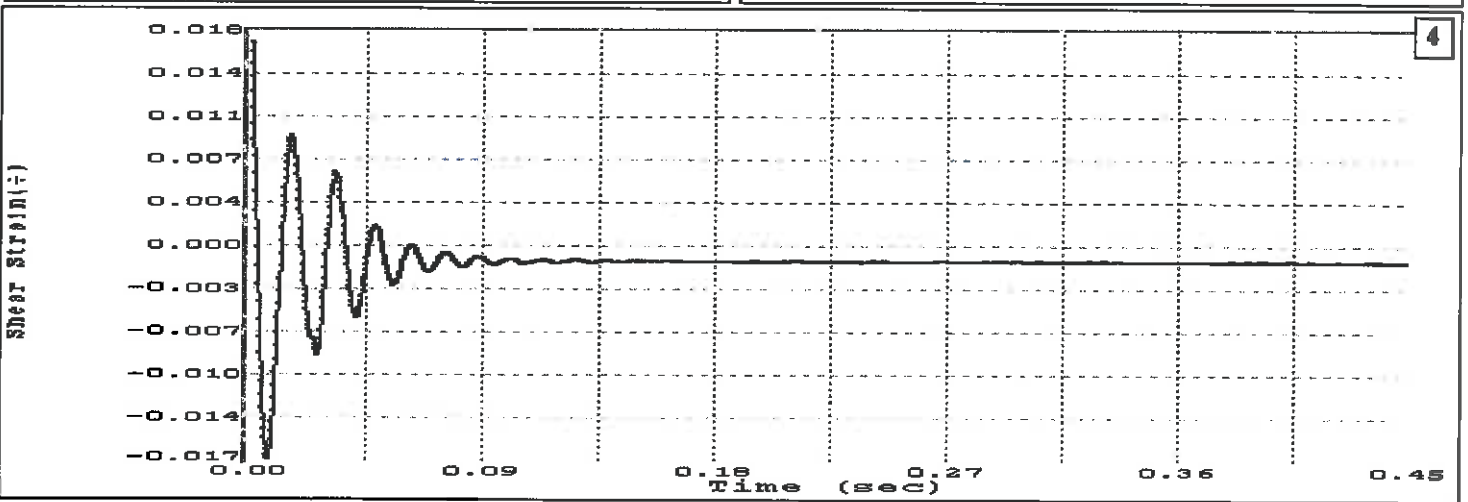
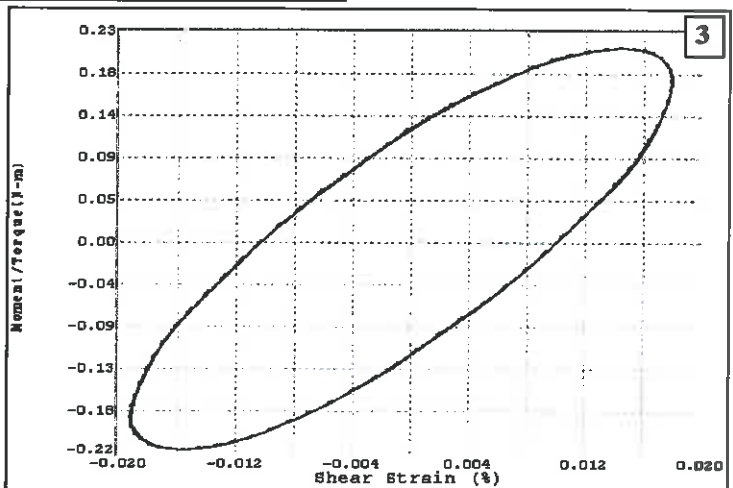
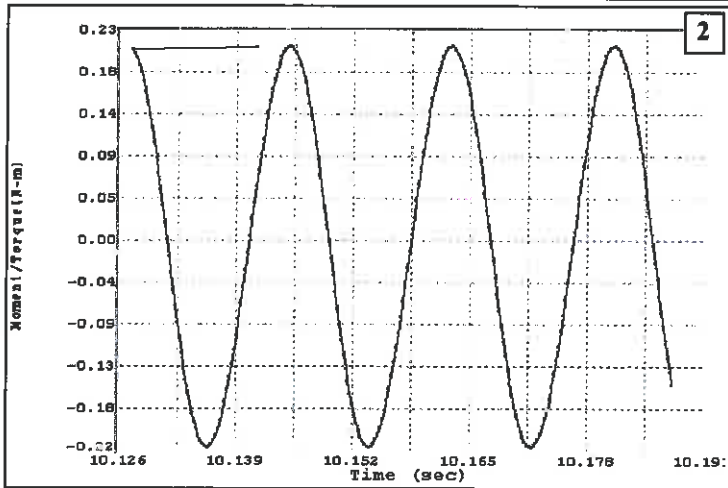
SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**



TEST N.: 16

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

CGG TESTING S.r.l.



Sede legale e laboratorio material: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza - Tel 0523/497184 - Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) - Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
www.cgg.it - info@cgg.it

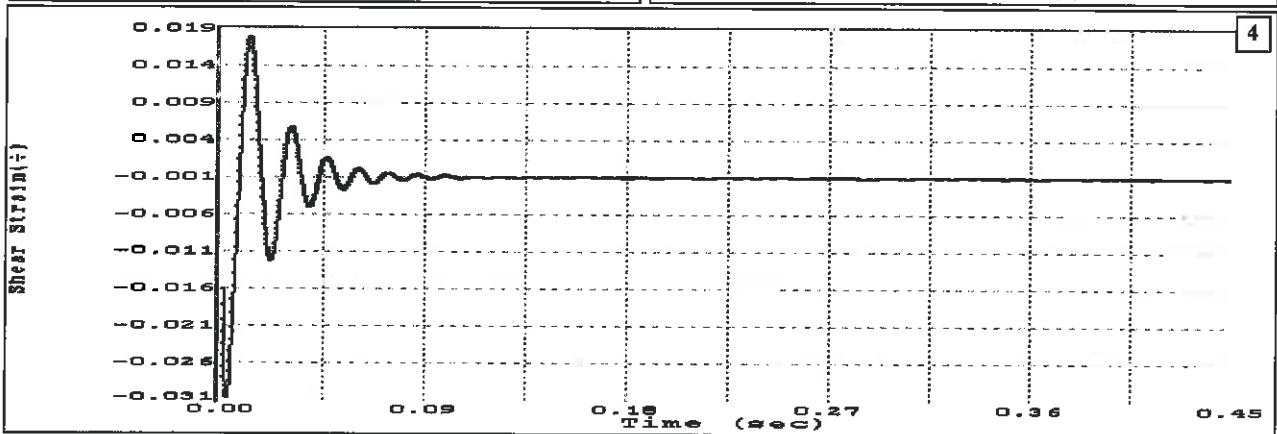
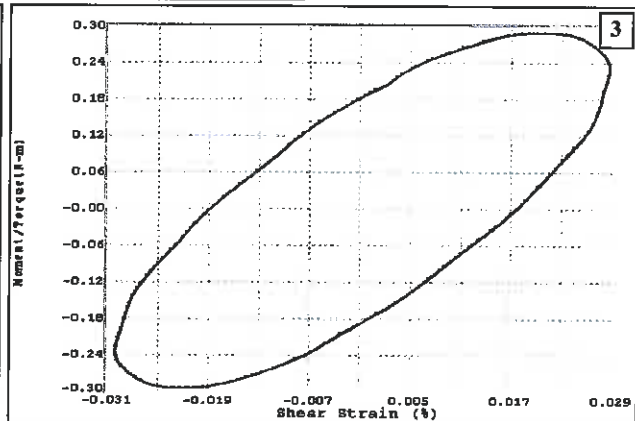
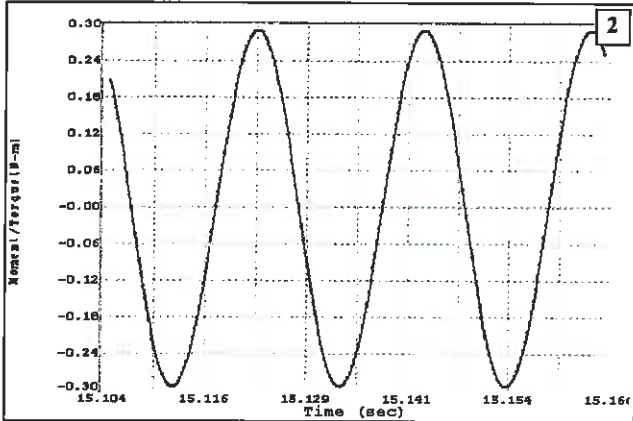
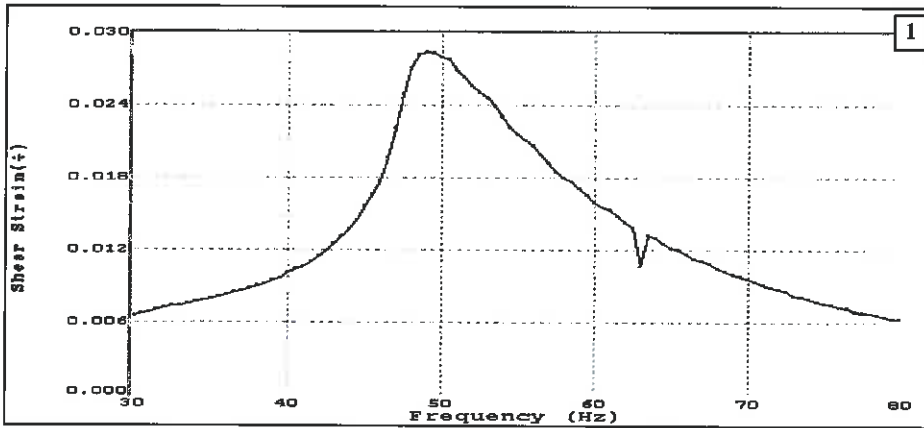
COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)

TEST N.: 17

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13

Verbale di accettazione: 682/2013

Lo Sperimentatore:  
dott. D. Del Negro

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. B. Tranquillo

CGG TESTING S.r.l.

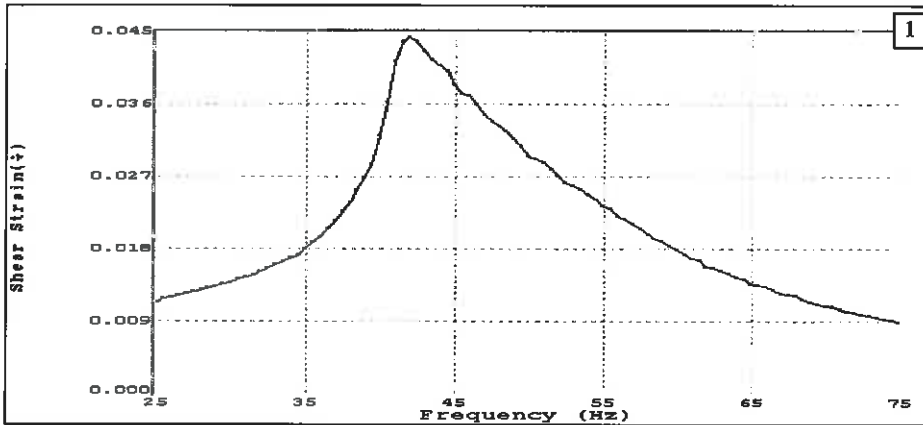


Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029  
www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

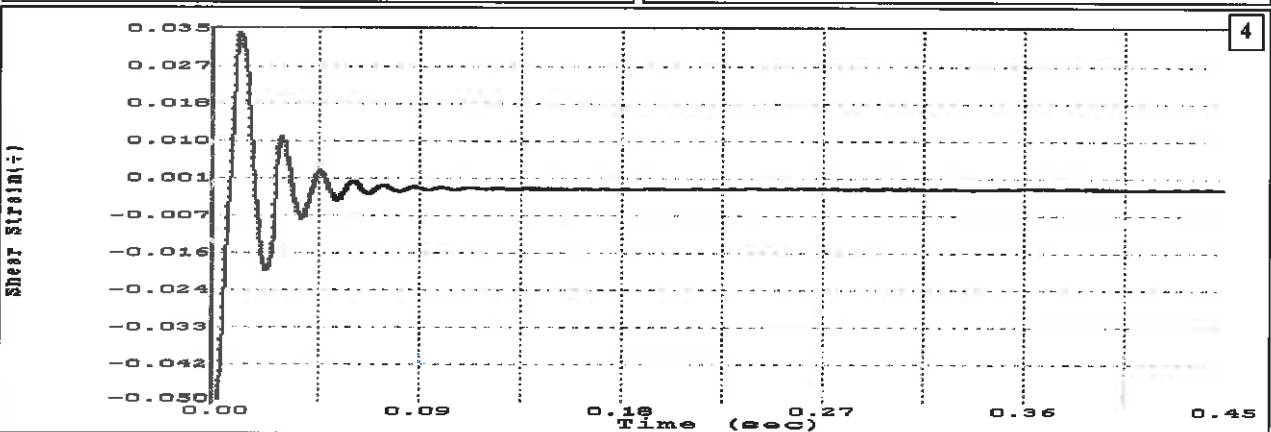
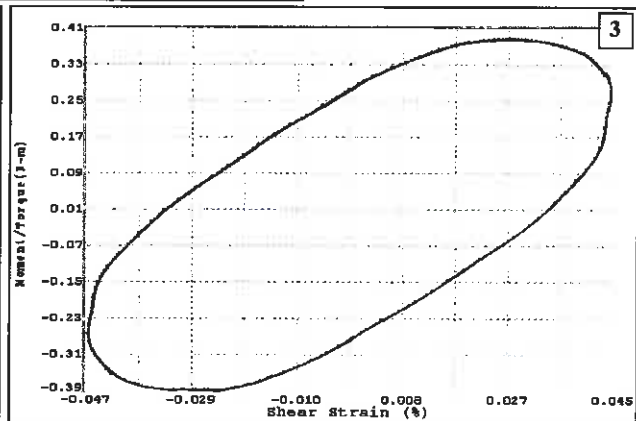
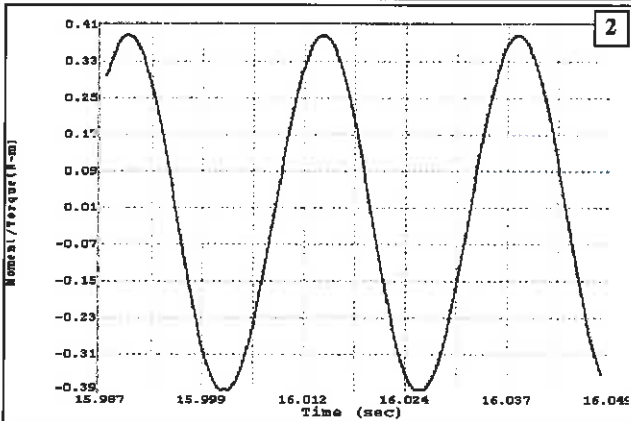
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**



**TEST N.: 18**

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13

Verbale di accettazione: 682/2013

Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro

Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquillo

CGG TESTING S.r.l.

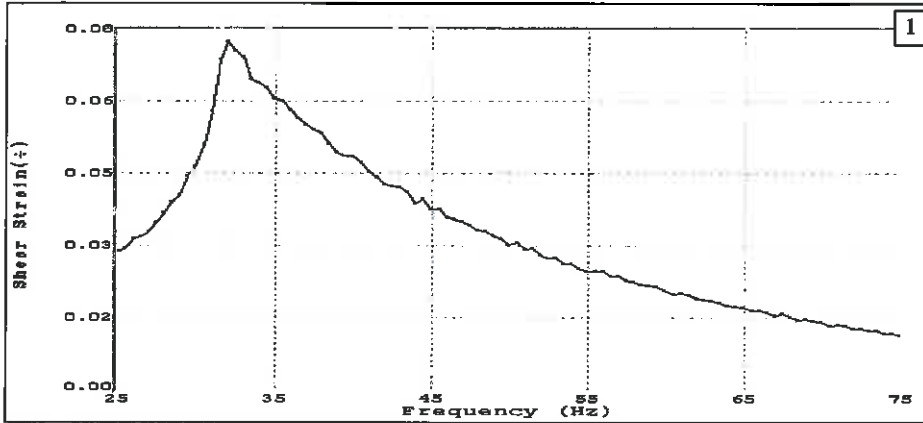


Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489338  
Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029 www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
LOCALITA': Provazzano (PR)  
CANTIERE: Microzonizzazione  
Data ricevimento campione: 30/05/2013

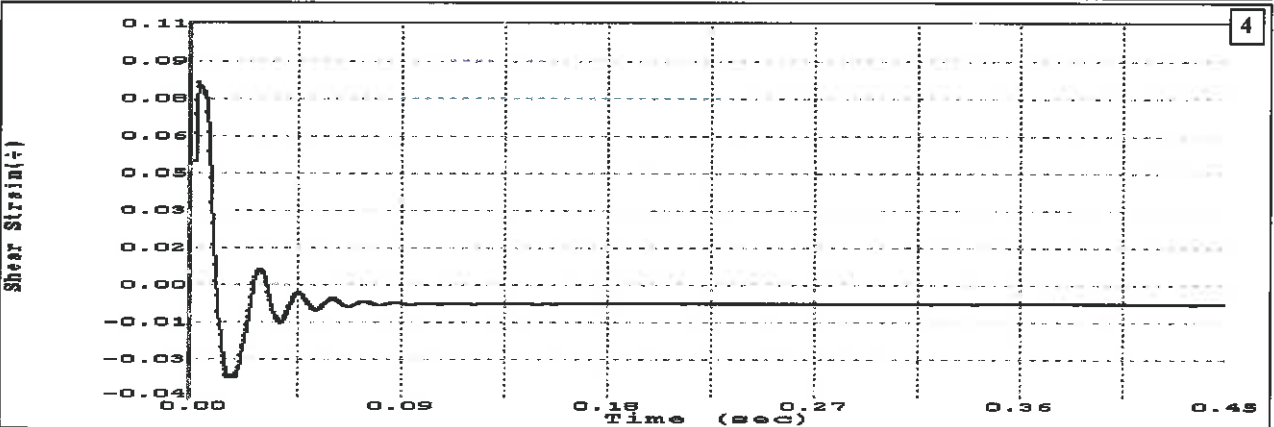
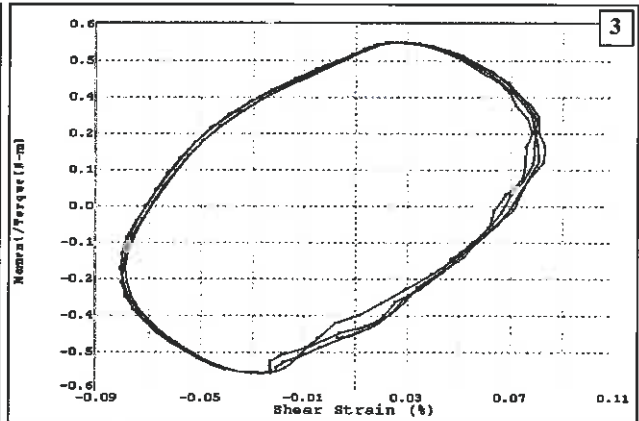
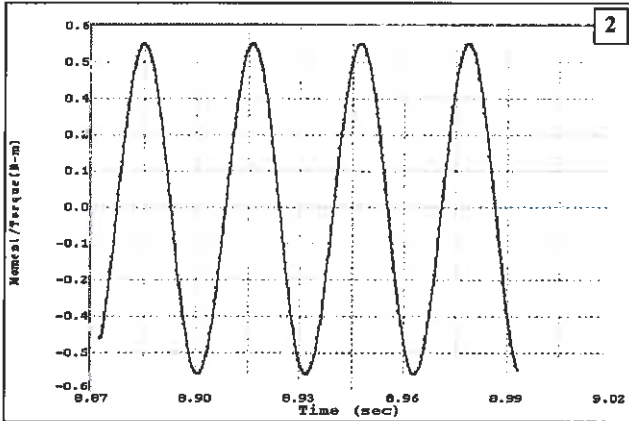
SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)



TEST N.: 19

- 1 Campo delle frequenze indagate
- 2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazione forzata
- 3 Cicli di isteresi t/g alla frequenza di risonanza
- 4 Smorzamento per oscillazioni libere



Commessa: 092-13

Verbale di accettazione: 682/2013

Lo Sperimentatore:  
dott. D. Del Negro

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. E. Tranquillo



CGG TESTING S.r.l.

Data emissione 05/06/2013



Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 Loc. Montale 29122 Piacenza -Tel 0523/497184 -Fax 0523/489336  
 Sede operativa e laboratorio geotecnico: Via Prati 3/b - 40069 Ponte Ronca (BO) -Tel. 051/846406 - Fax 051/846029 - www.cgg.it - info@cgg.it

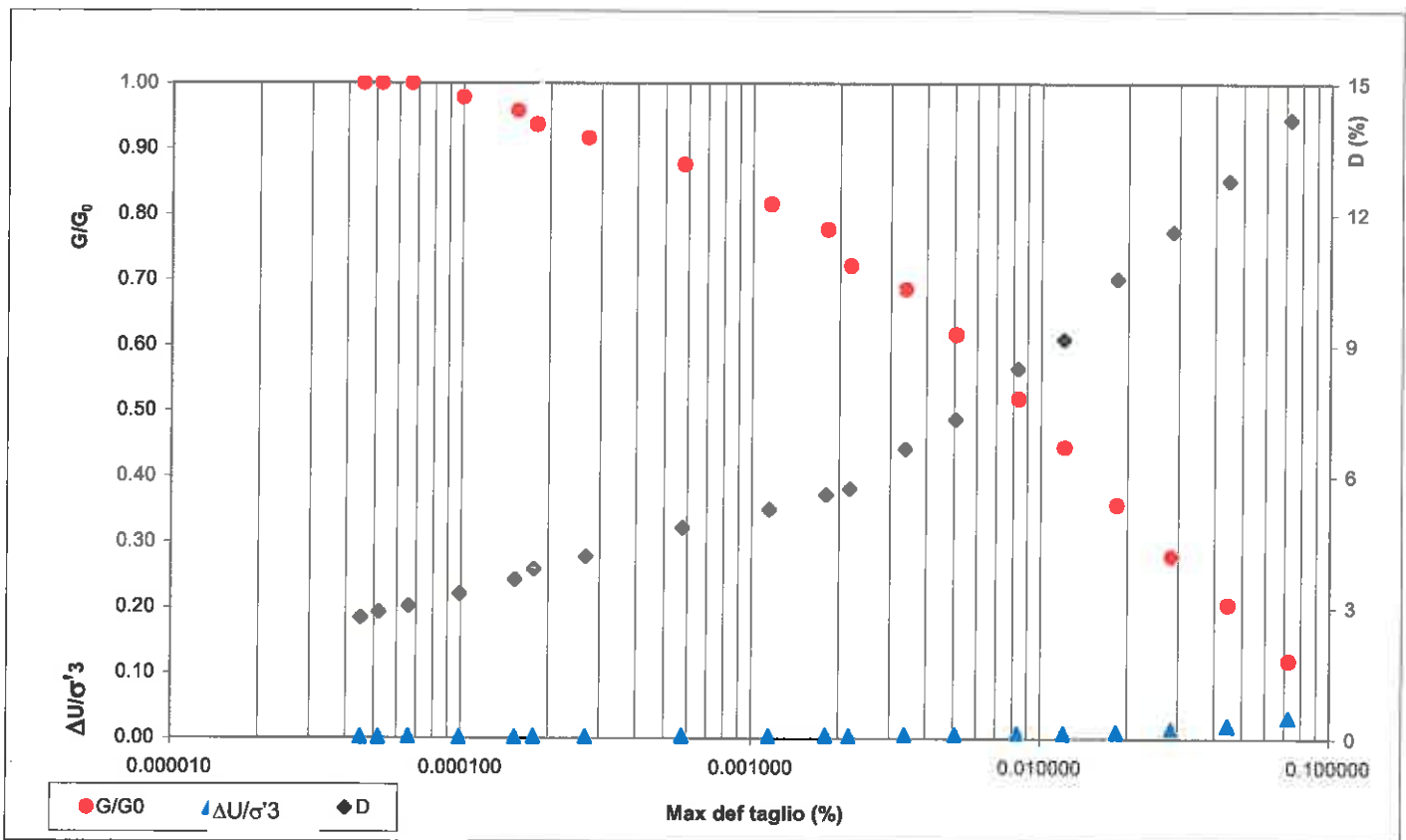
M 29 ISO

COMMITTENTE: Dott. M. Trauzzi  
 LOCALITA': Provazzano (PR)  
 CANTIERE: Microzonizzazione  
 Data ricevimento campione: 30/05/2013

SONDAGGIO: S1  
 CAMPIONE: C1  
 PROFONDITA', m: 5.10/5.70  
 Data esecuzione prova: 30/05-03/06/2013

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)**

**Legge di decadimento del terreno**



Commessa: 092-13      Verbale di accettazione: 682/2013      Lo Sperimentatore: dott. D. Del Negro      Il Direttore del Laboratorio: dott. B. Tranquilla



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Prove tromografiche

Elaborato 6

---

Regione Emilia-Romagna

Comune di Neviano degli Arduini

---



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	Settembre 2014

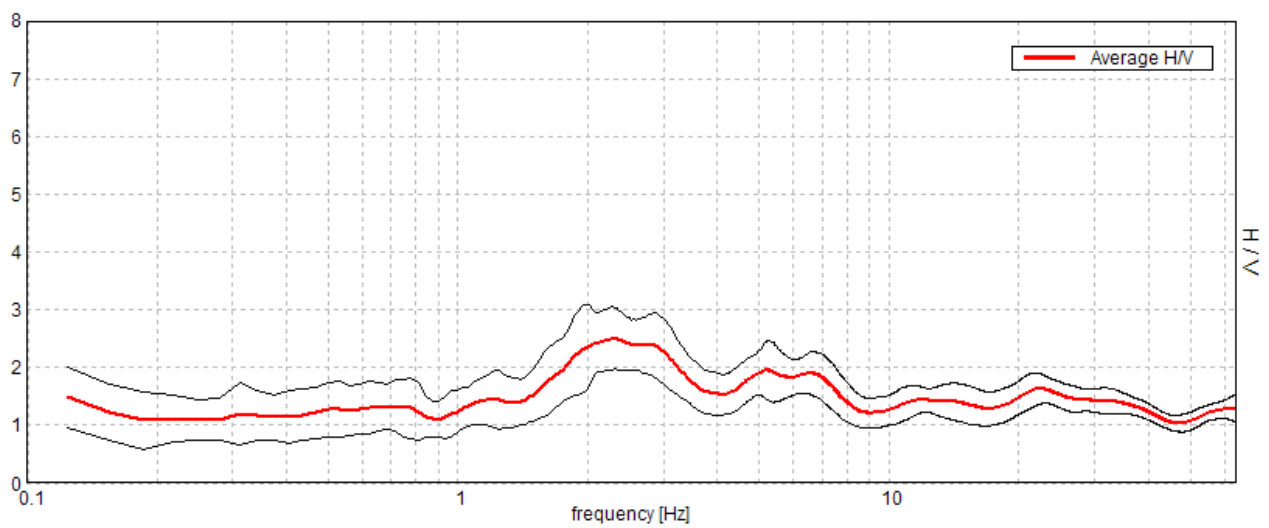
### 034024P64HVSR64

Inizio registrazione: 17/06/13 11:45:44 Fine registrazione: 17/06/13 11:57:45  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

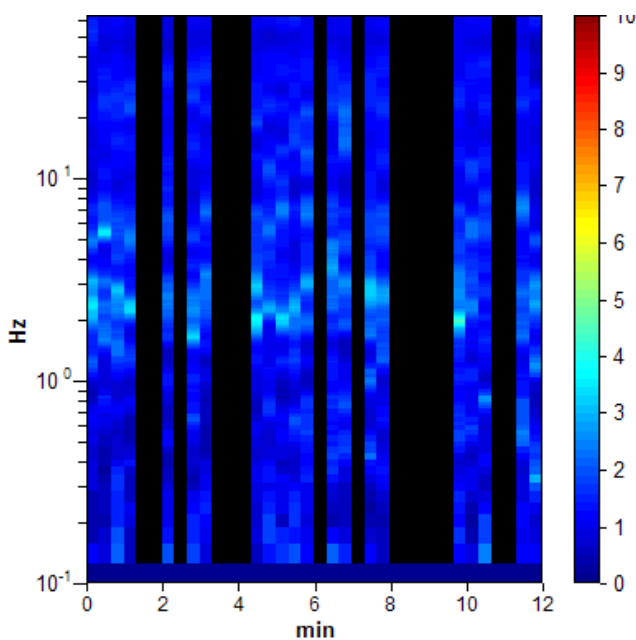
Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 58% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 15%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

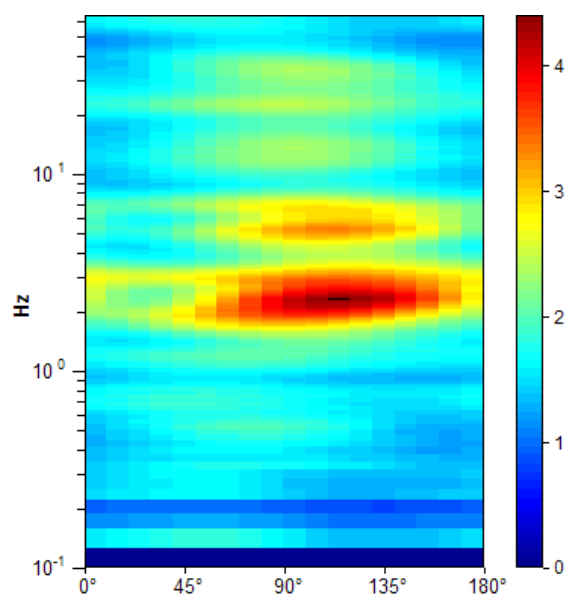
Max. H/V at  $2.28 \pm 0.03$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



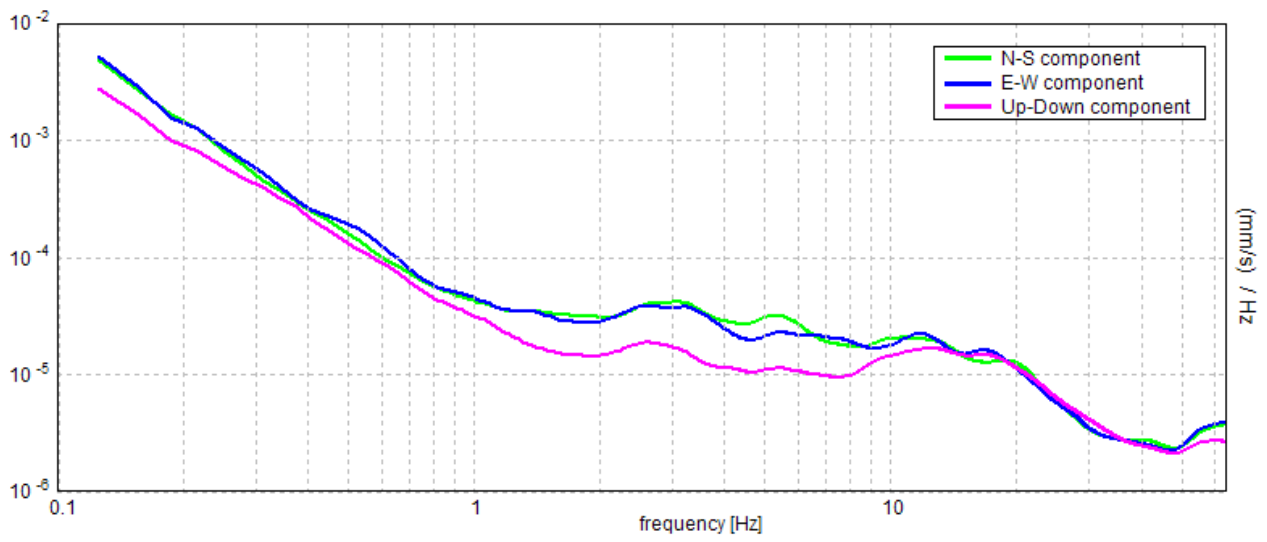
#### SERIE TEMPORALE H/V



#### DIREZIONALITA' H/V

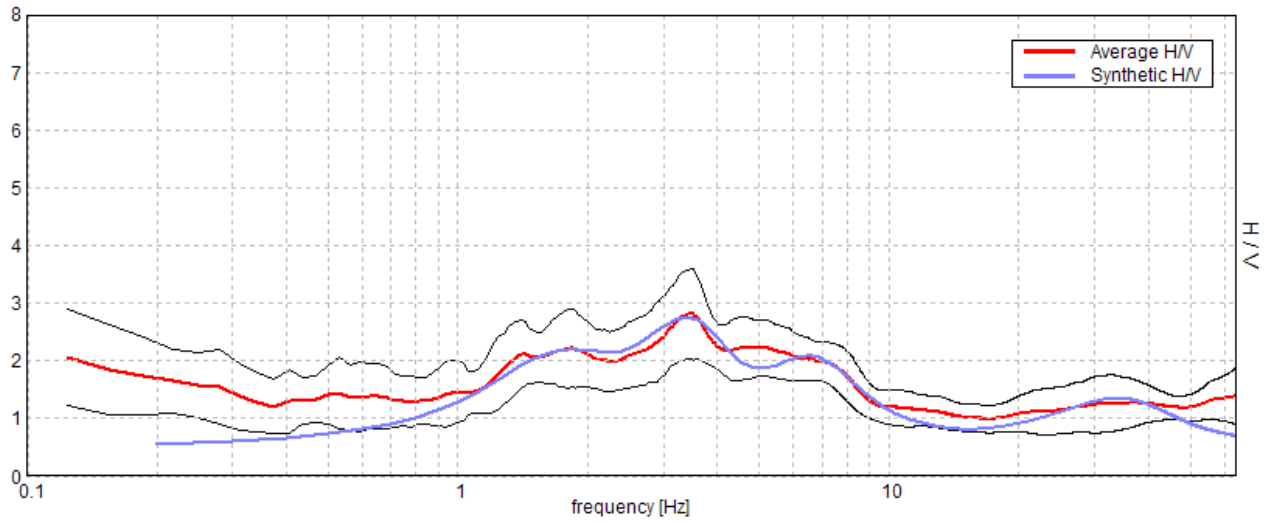


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



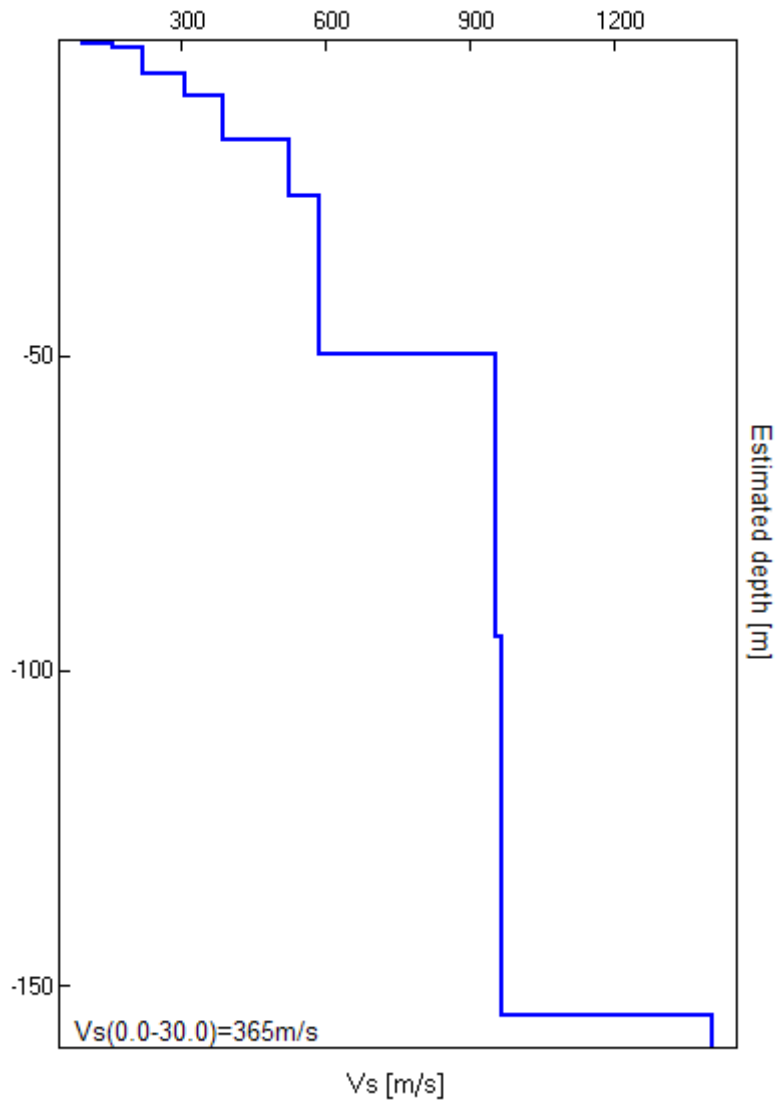
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $3.5 \pm 0.09$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	100	0.35
1.20	0.80	160	0.35
5.20	4.00	225	0.35
8.70	3.50	310	0.35
15.70	7.00	390	0.35
24.70	9.00	525	0.35
49.70	25.00	590	0.35
94.70	45.00	955	0.35
154.70	60.00	965	0.35
inf.	inf.	1400	0.35

Vs(0.0-30.0)=365m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.5 \pm 0.09$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1680.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 169	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.906 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.81 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02545  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.08908 < 0.175$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7815 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



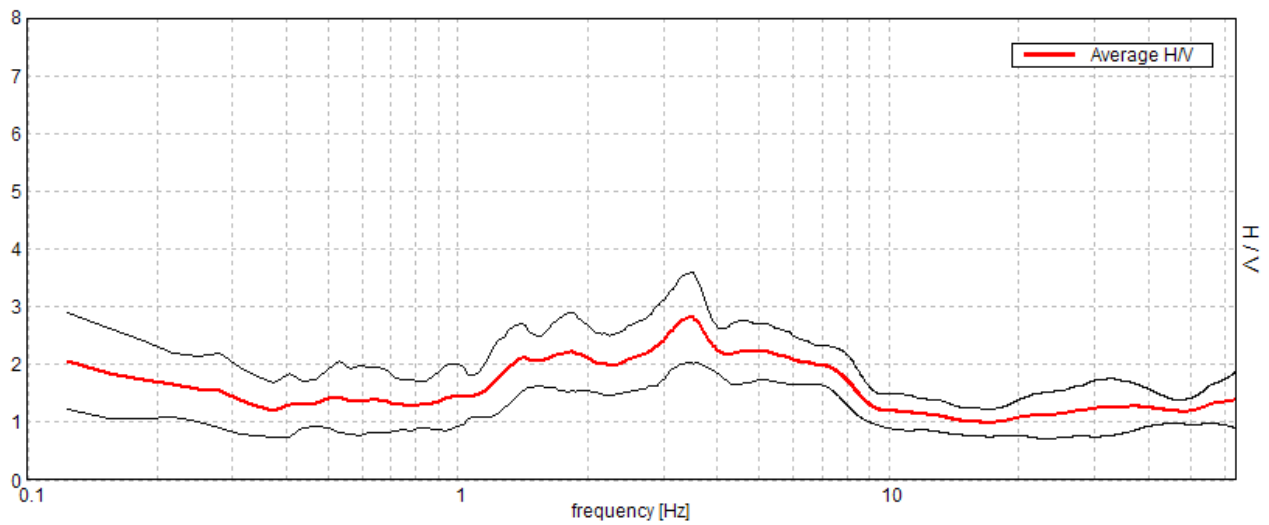
### 034024P65HVSR65

Inizio registrazione: 17/06/13 10:20:54 Fine registrazione: 17/06/13 10:32:55  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

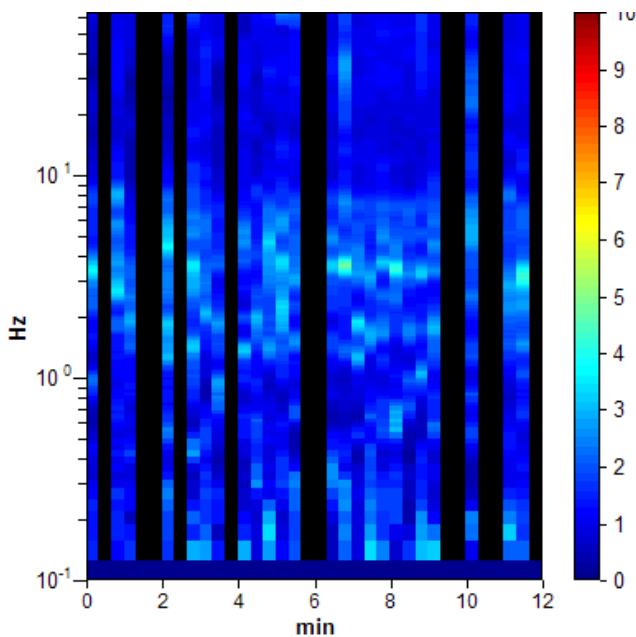
Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 15%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

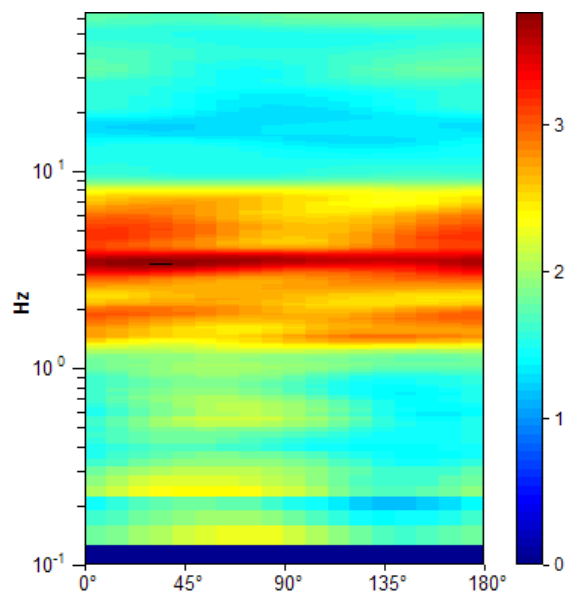
Max. H/V at  $3.5 \pm 0.09$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



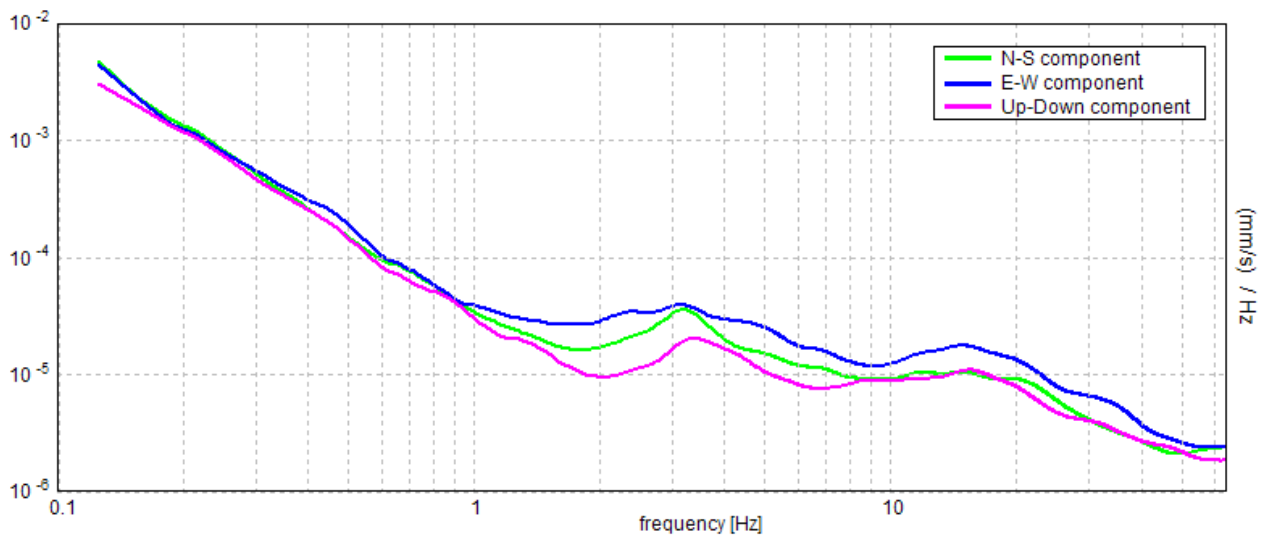
#### SERIE TEMPORALE H/V



#### DIREZIONALITA' H/V

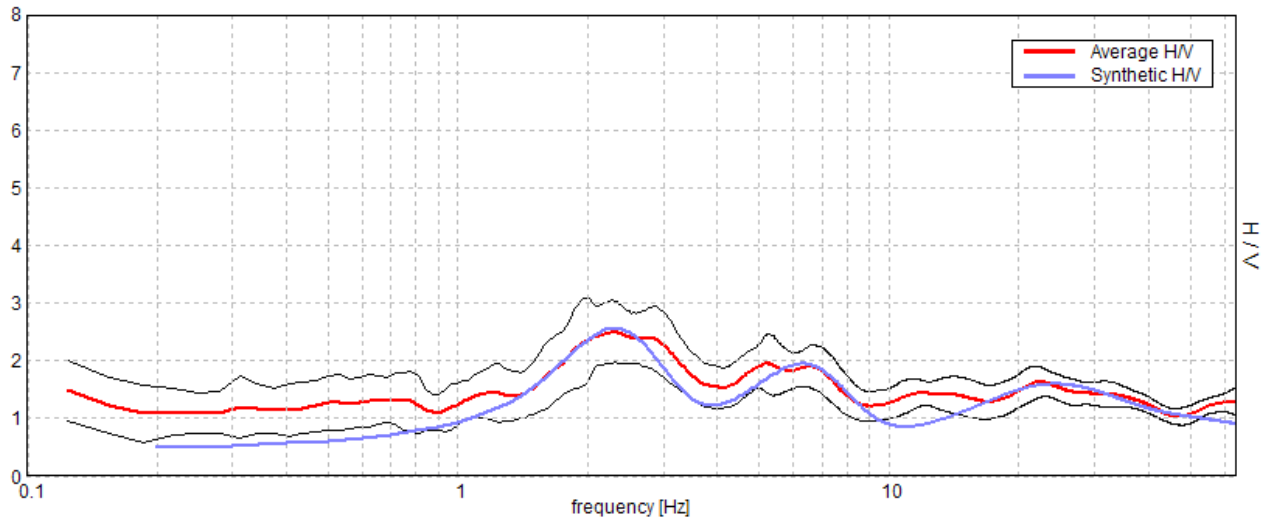


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



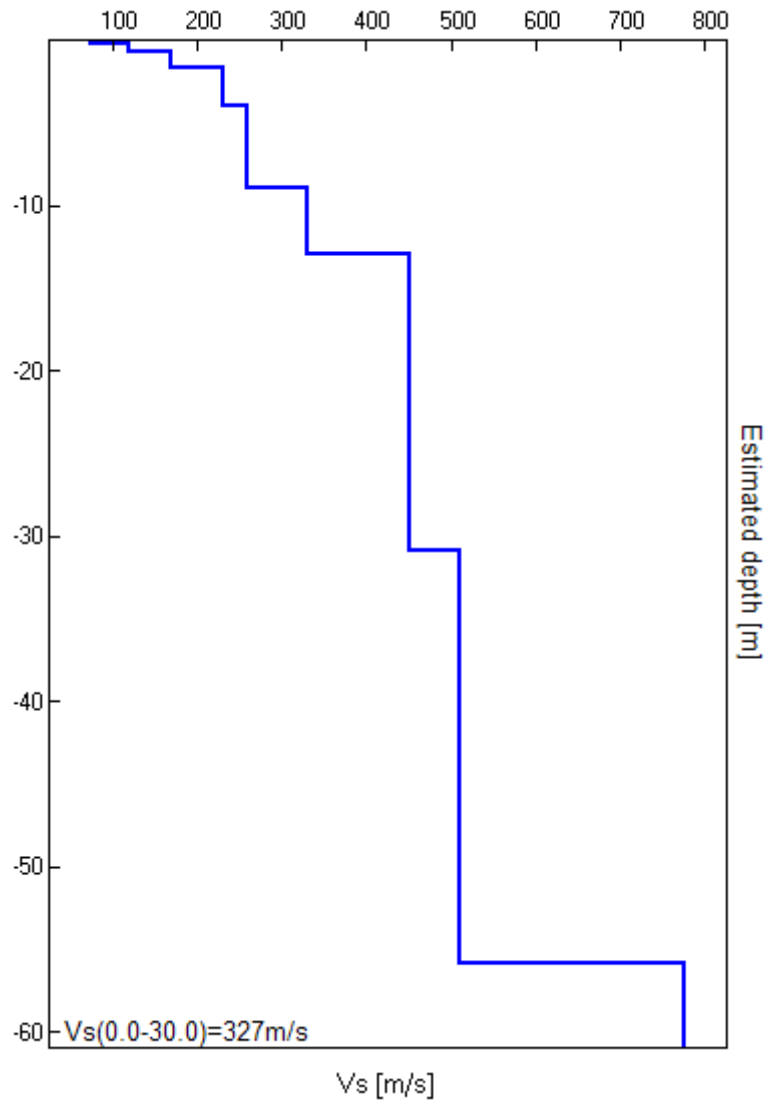
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $2.28 \pm 0.03$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	75	0.42
0.70	0.50	120	0.40
1.70	1.00	170	0.40
3.90	2.20	230	0.40
8.90	5.00	260	0.40
12.90	4.00	330	0.40
30.90	18.00	450	0.40
55.90	25.00	510	0.40
inf.	inf.	775	0.40

Vs(0.0-30.0)=327m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.28 \pm 0.03$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.28 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$958.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 110	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.50 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01495  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0341 < 0.11406$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5507 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

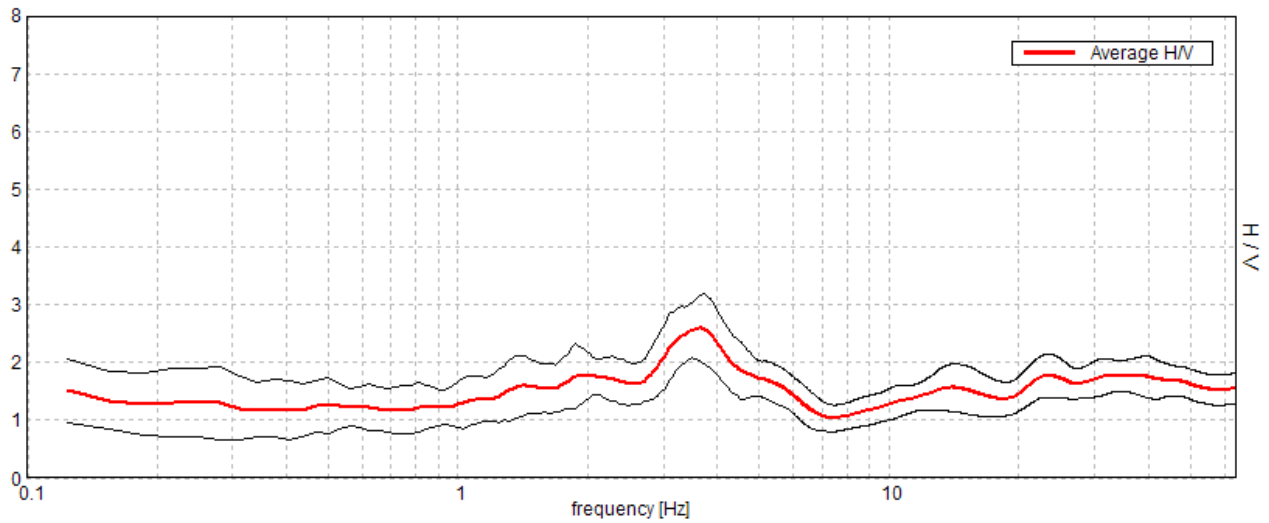
### 034024P66HVSR66

Inizio registrazione: 17/06/13 13:56:28 Fine registrazione: 17/06/13 14:08:29  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

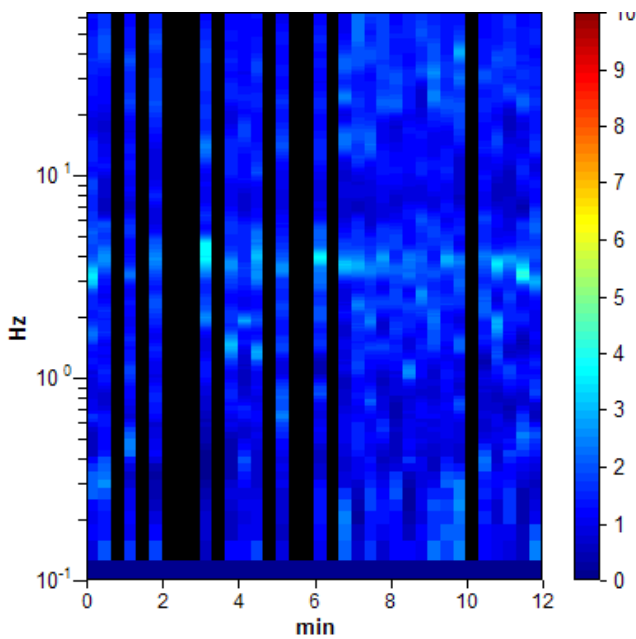
Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 69% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 15%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

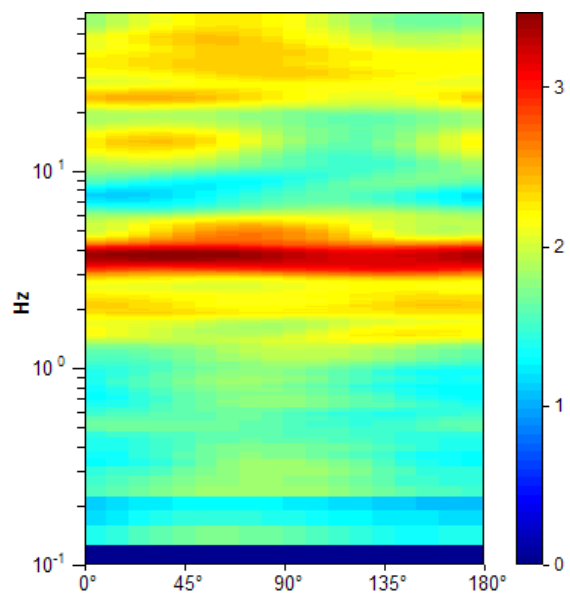
Max. H/V at  $3.66 \pm 0.18$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



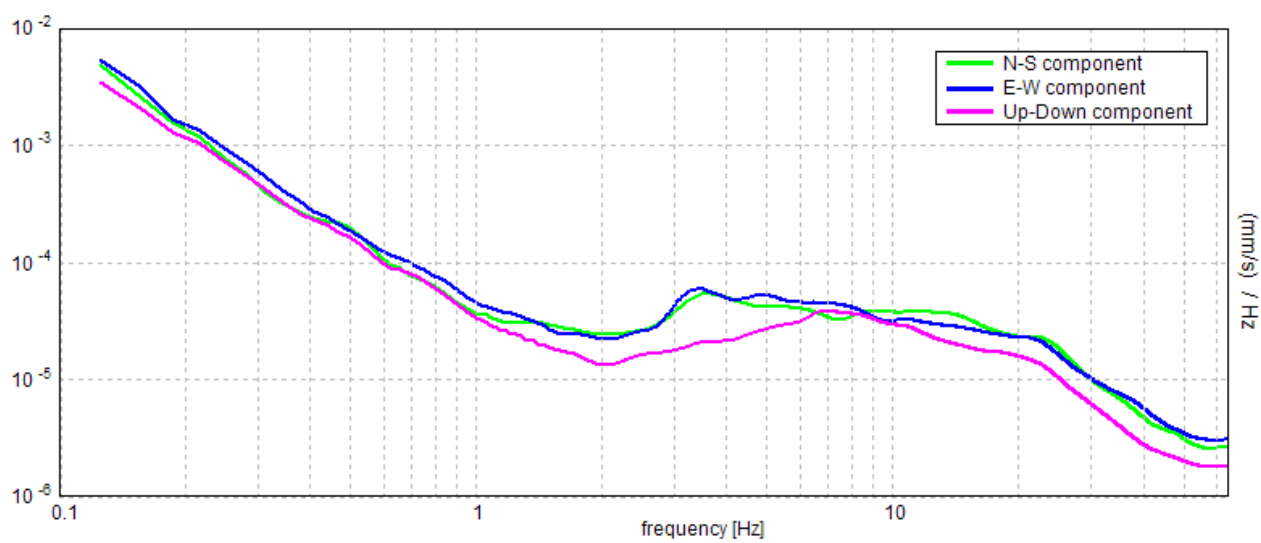
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



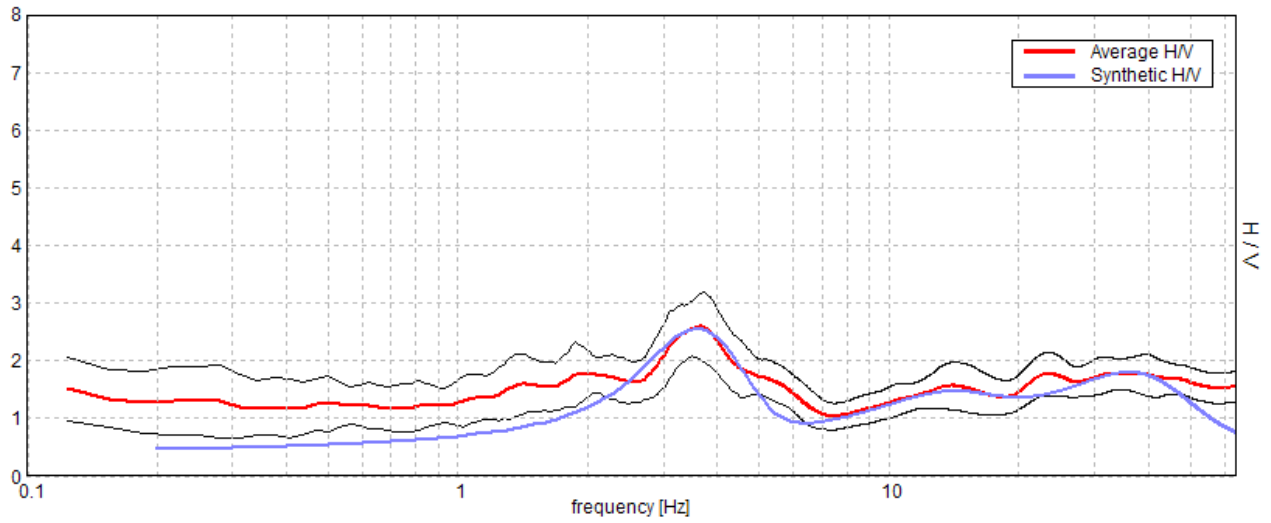
### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





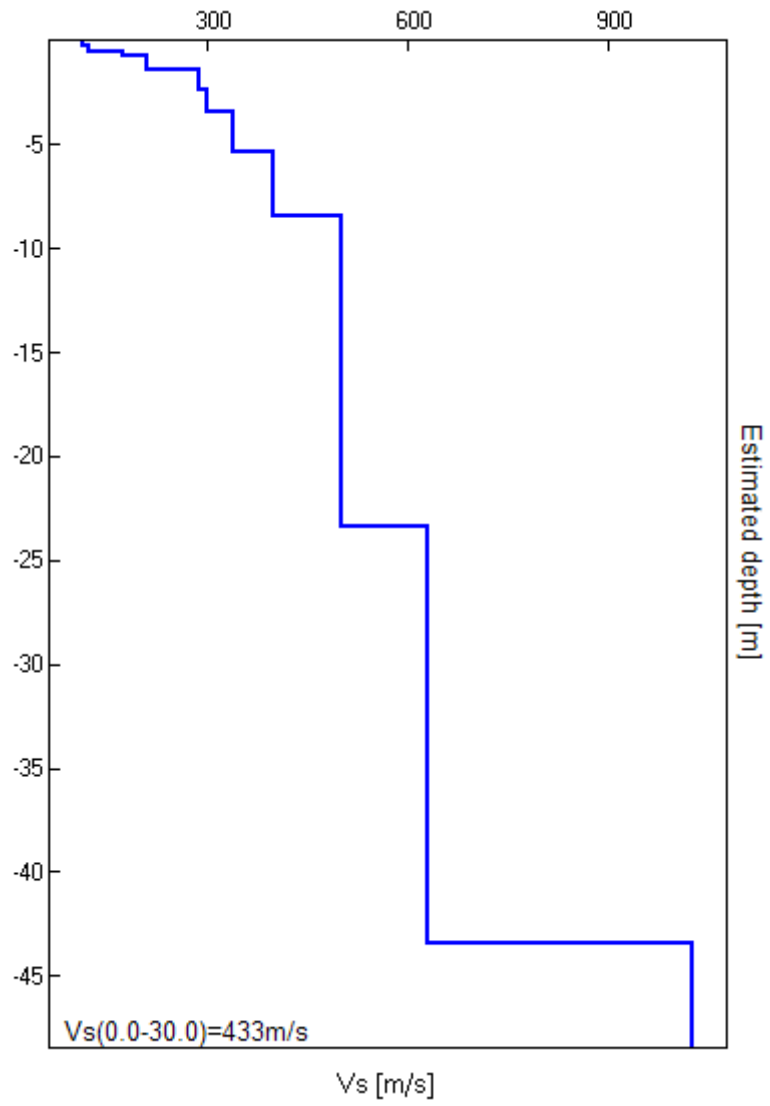
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $3.66 \pm 0.18$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.25	0.25	115	0.35
0.50	0.25	125	0.35
0.70	0.20	175	0.35
1.40	0.70	210	0.35
2.40	1.00	290	0.35
3.40	1.00	300	0.35
5.40	2.00	340	0.35
8.40	3.00	400	0.35
23.40	15.00	500	0.35
43.40	20.00	630	0.35
inf.	inf.	1025	0.35

Vs(0.0-30.0)=433m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.66 \pm 0.18$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1828.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 176	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.59 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04993  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18254 < 0.18281$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5658 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

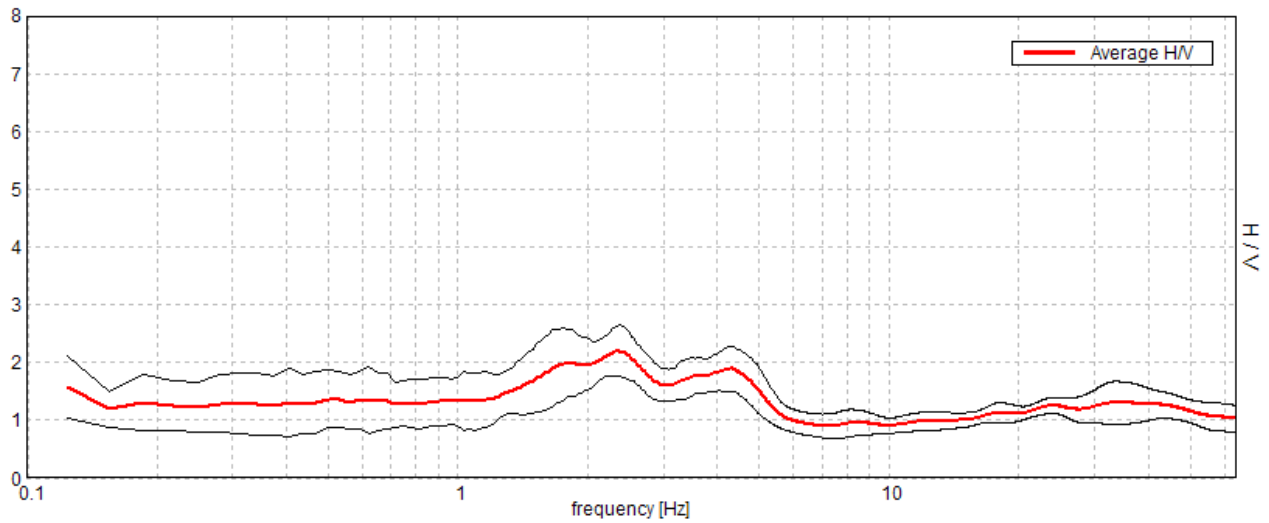
### 034024P67HVSR67

Inizio registrazione: 17/06/13 14:23:43 Fine registrazione: 17/06/13 14:35:44  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

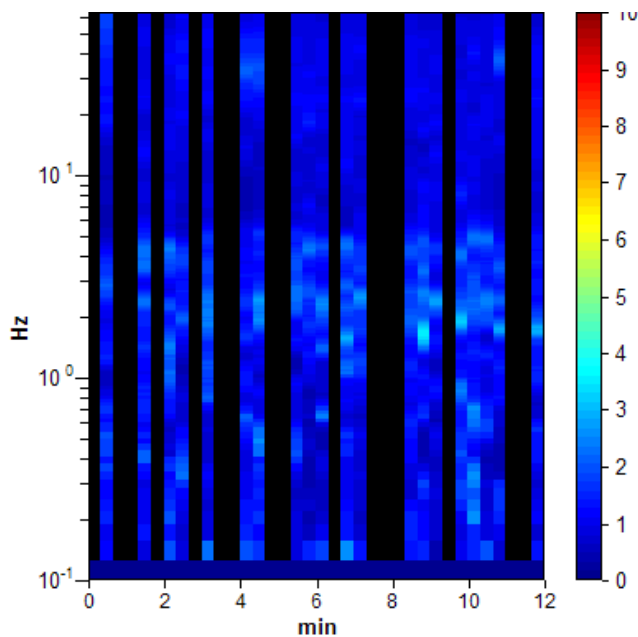
Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 56% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 15%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

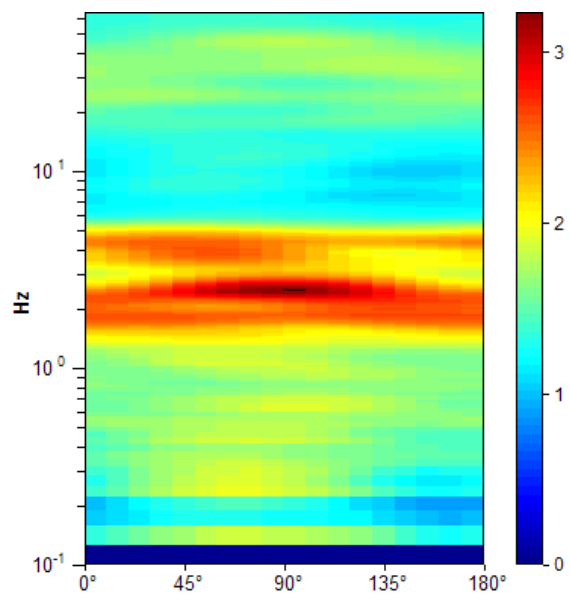
Max. H/V at 2.38 ± 0.74 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



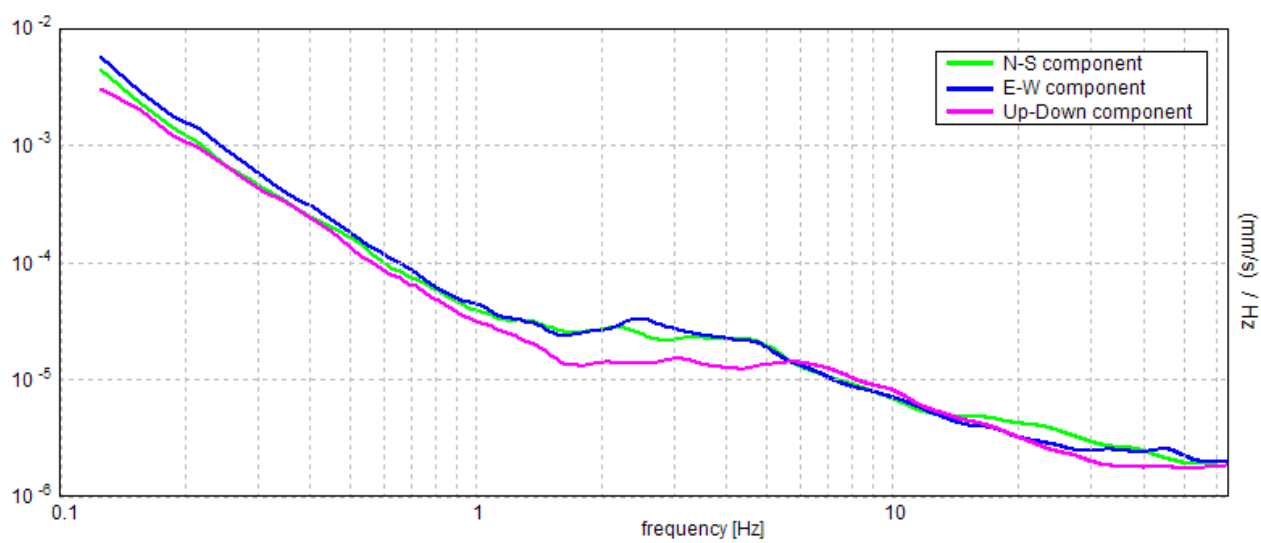
#### SERIE TEMPORALE H/V



#### DIREZIONALITA' H/V

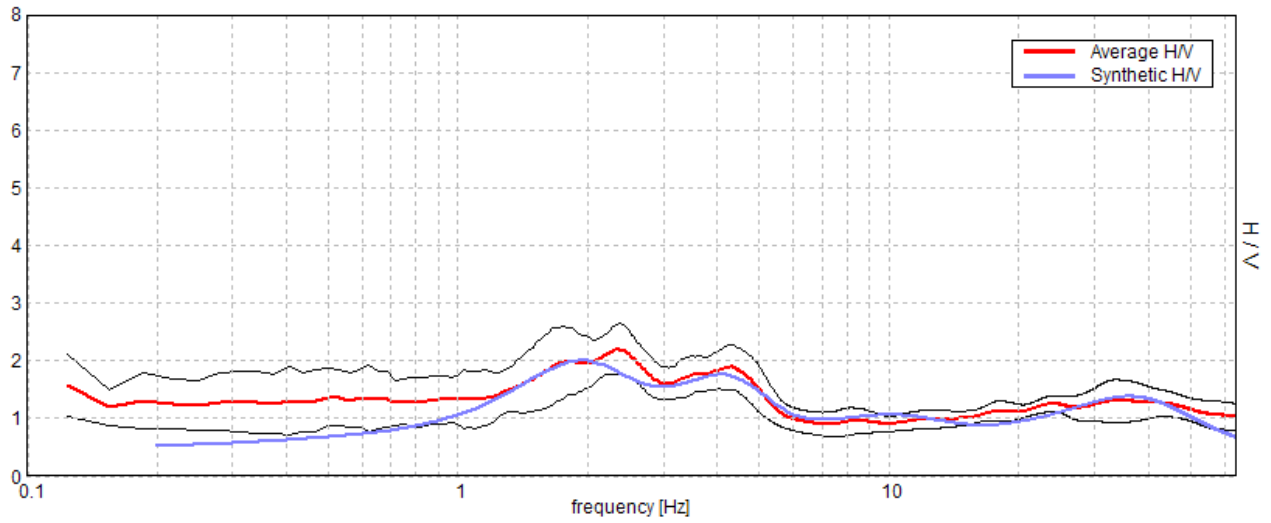


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



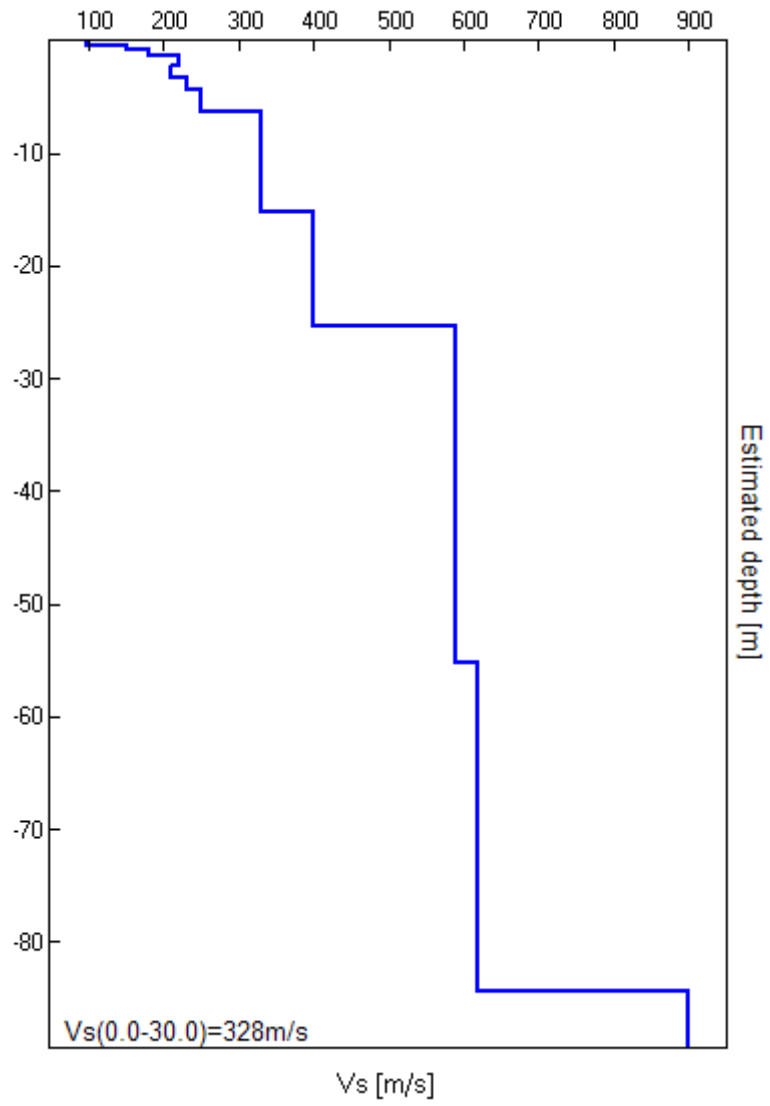
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $2.38 \pm 0.74$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	97	0.35
0.80	0.40	150	0.35
1.30	0.50	180	0.35
2.30	1.00	220	0.35
3.30	1.00	210	0.35
4.30	1.00	230	0.35
6.30	2.00	250	0.35
15.30	9.00	330	0.35
25.30	10.00	400	0.35
55.30	30.00	590	0.35
84.30	29.00	620	0.35
inf.	inf.	900	0.35

Vs(0.0-30.0)=328m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.38 \pm 0.74$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.38 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$950.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 115	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.21 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.31062  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.73773 < 0.11875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4402 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



### 034024P68HVSR68

Inizio registrazione: 17/06/13 15:05:15 Fine registrazione: 17/06/13 15:17:16

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

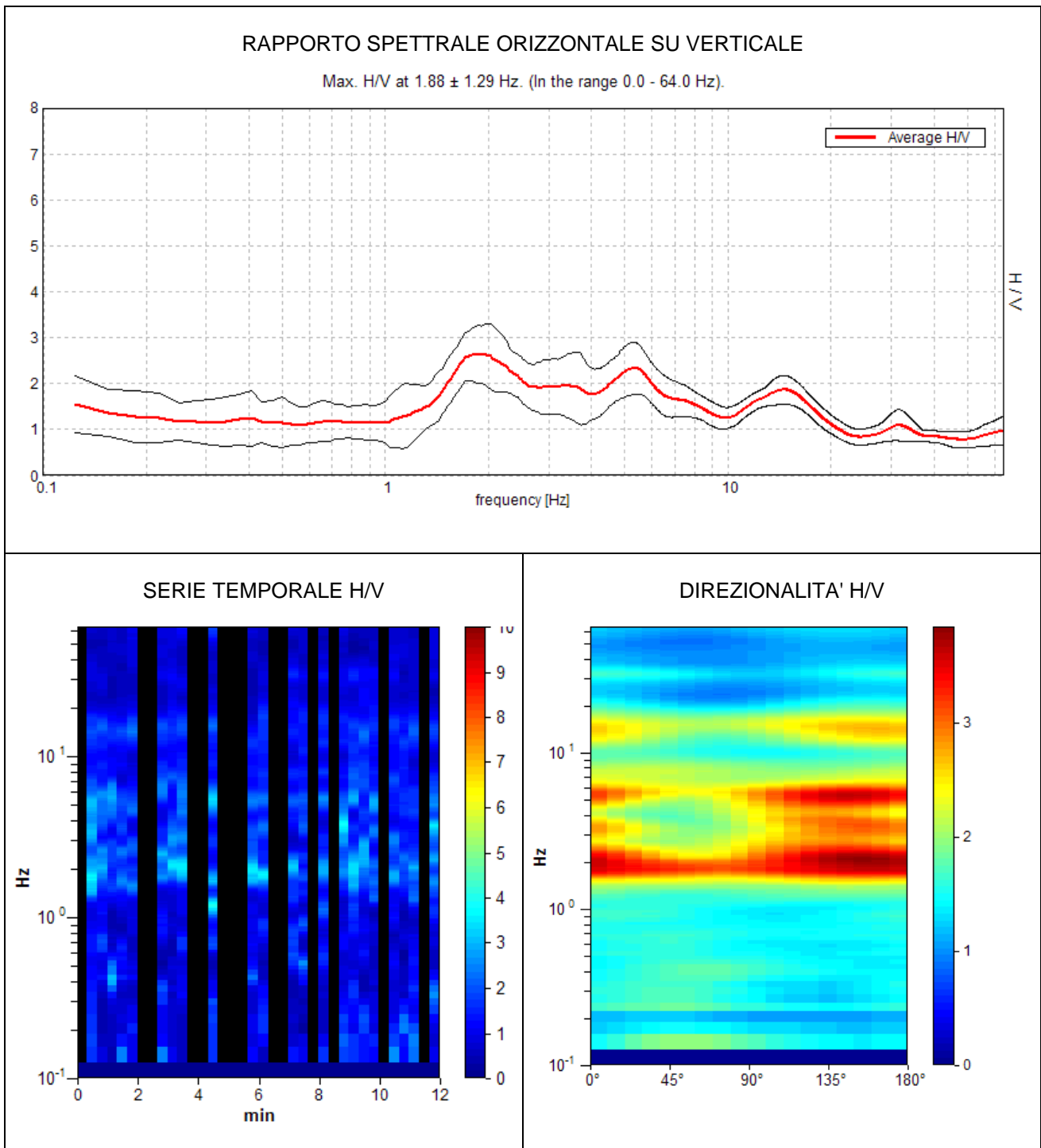
Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 61% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

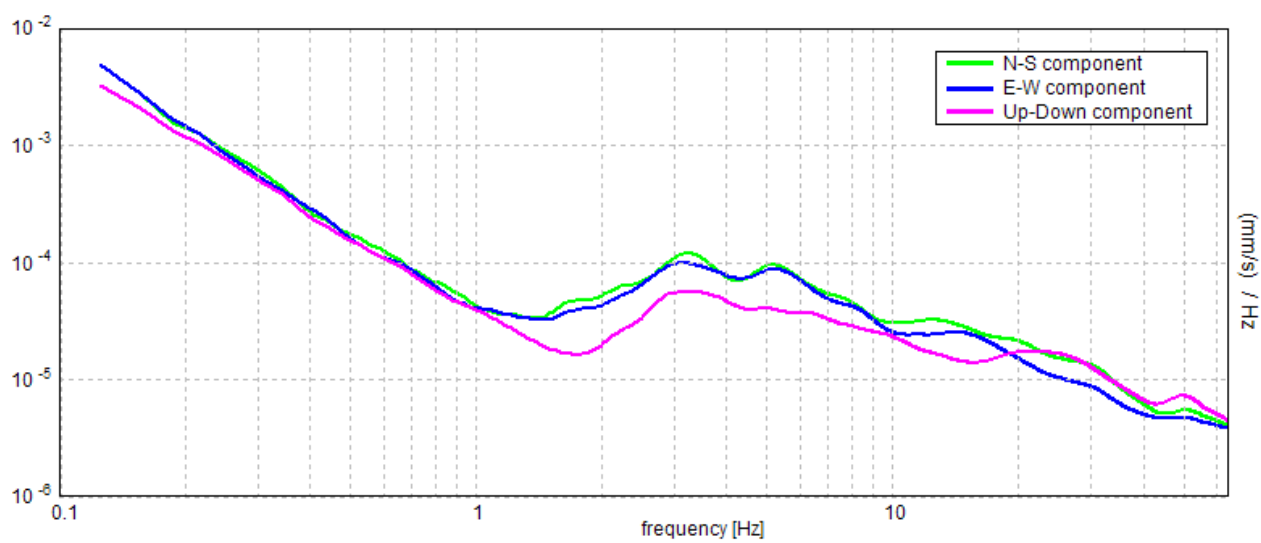
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 15%

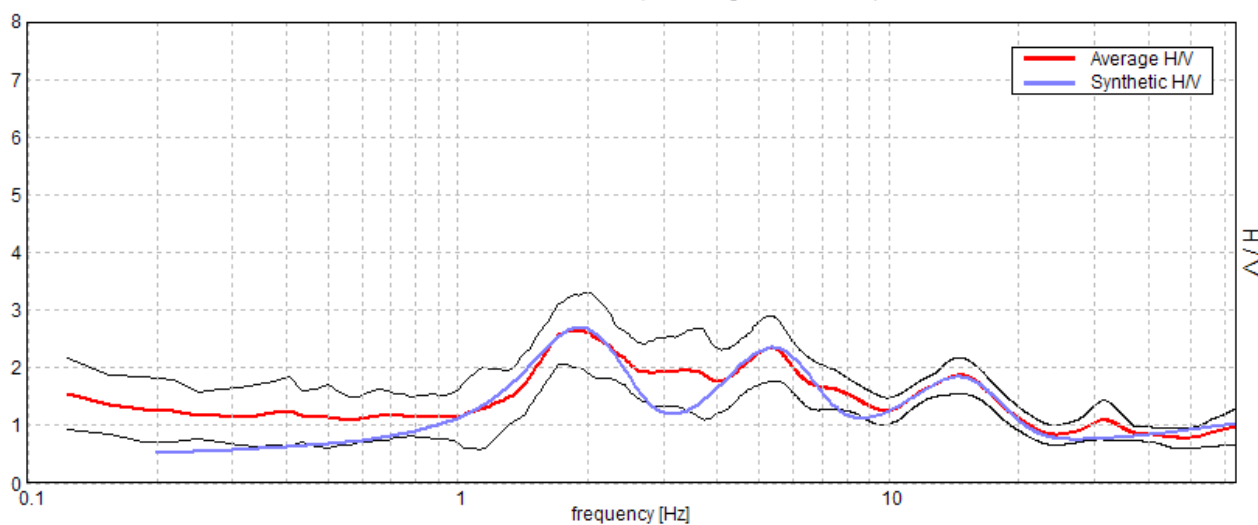


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



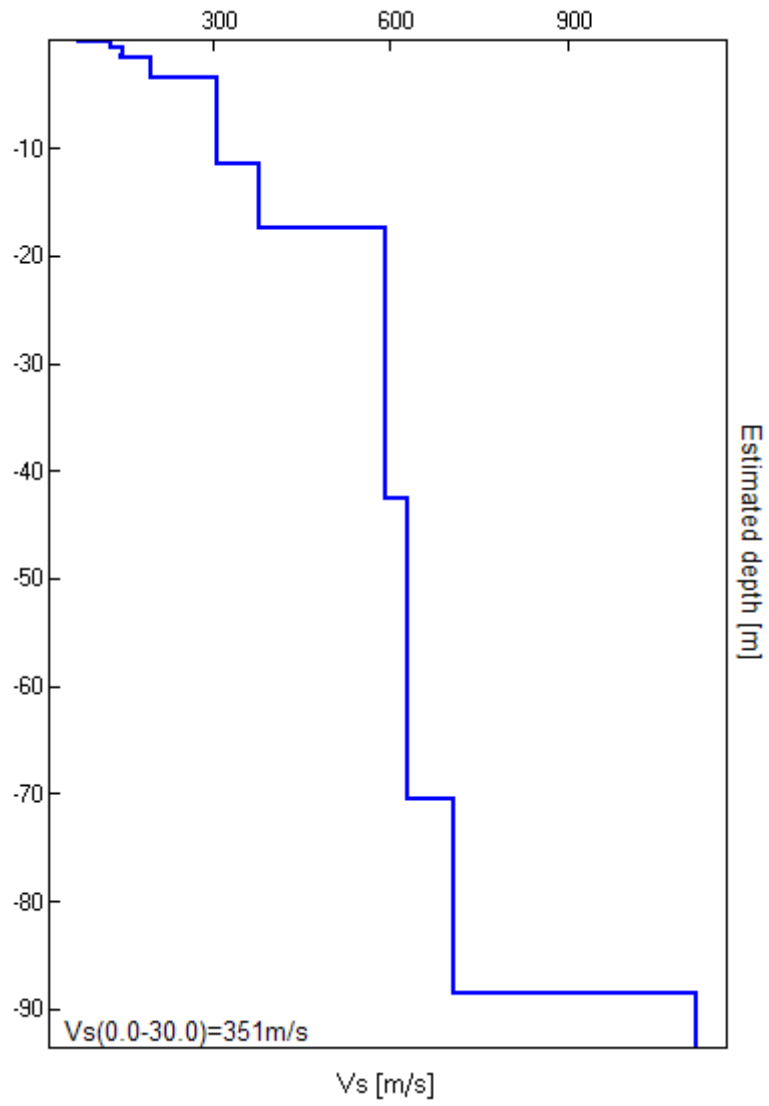
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $1.88 \pm 1.29$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	75	0.35
0.70	0.50	130	0.35
1.20	0.50	150	0.35
1.70	0.50	145	0.35
3.50	1.80	195	0.35
11.50	8.00	308	0.35
17.50	6.00	380	0.35
42.50	25.00	590	0.35
70.50	28.00	630	0.35
88.50	18.00	705	0.35
inf.	inf.	1115	0.35

Vs(0.0-30.0)=351m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $1.88 \pm 1.29$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$825.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 91	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.63 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.69059  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.29486 < 0.1875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6325 < 1.78$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

### 034024P69HVS69

Inizio registrazione: 17/06/13 13:23:22 Fine registrazione: 17/06/13 13:35:23

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

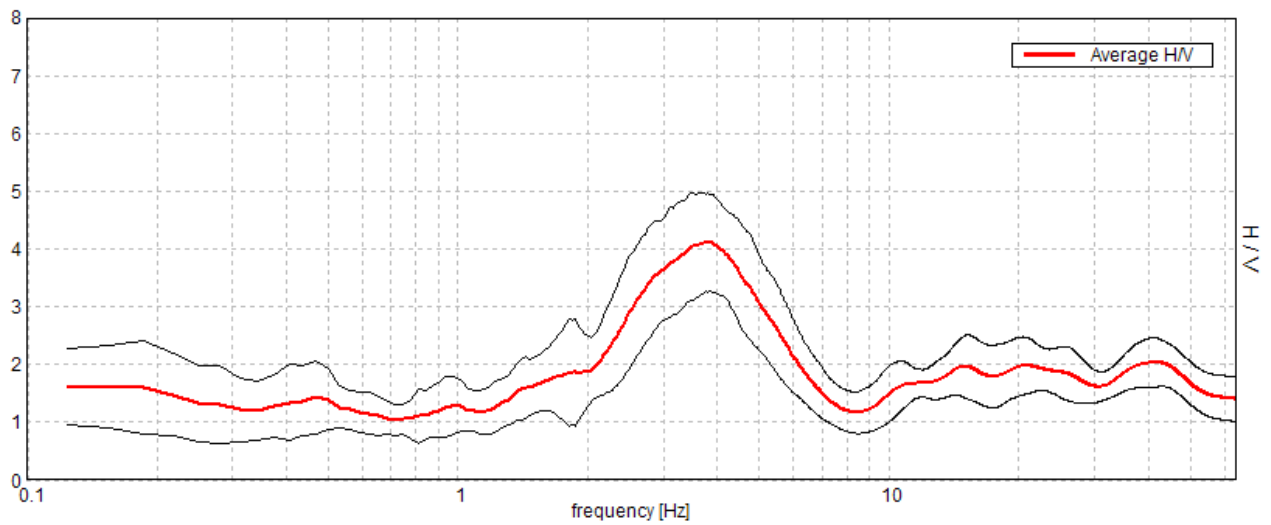
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

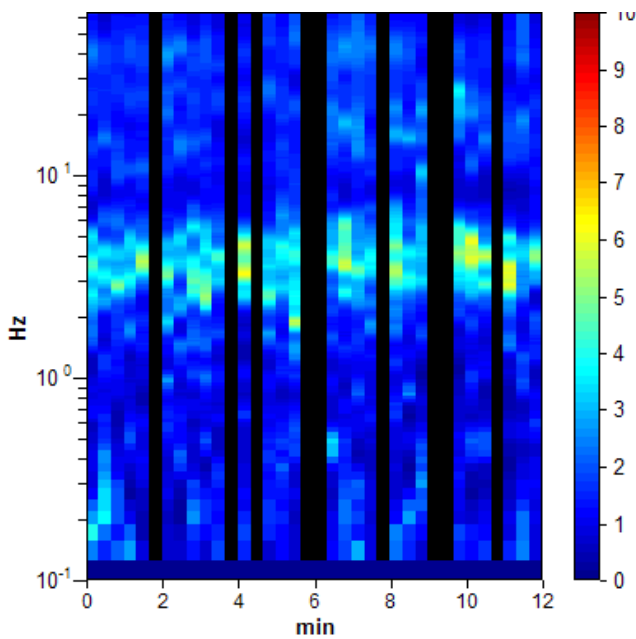
Lisciamento: 15%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

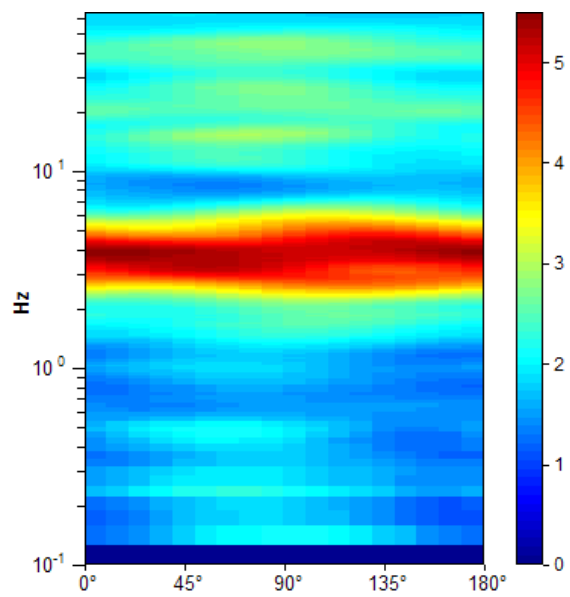
Max. H/V at  $3.78 \pm 0.44$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



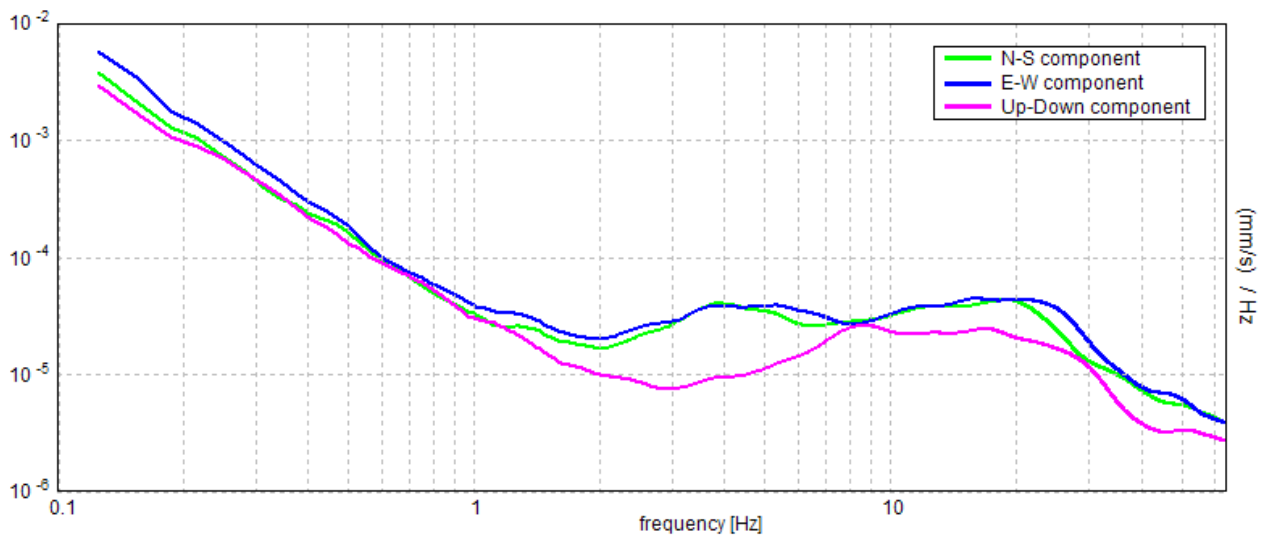
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

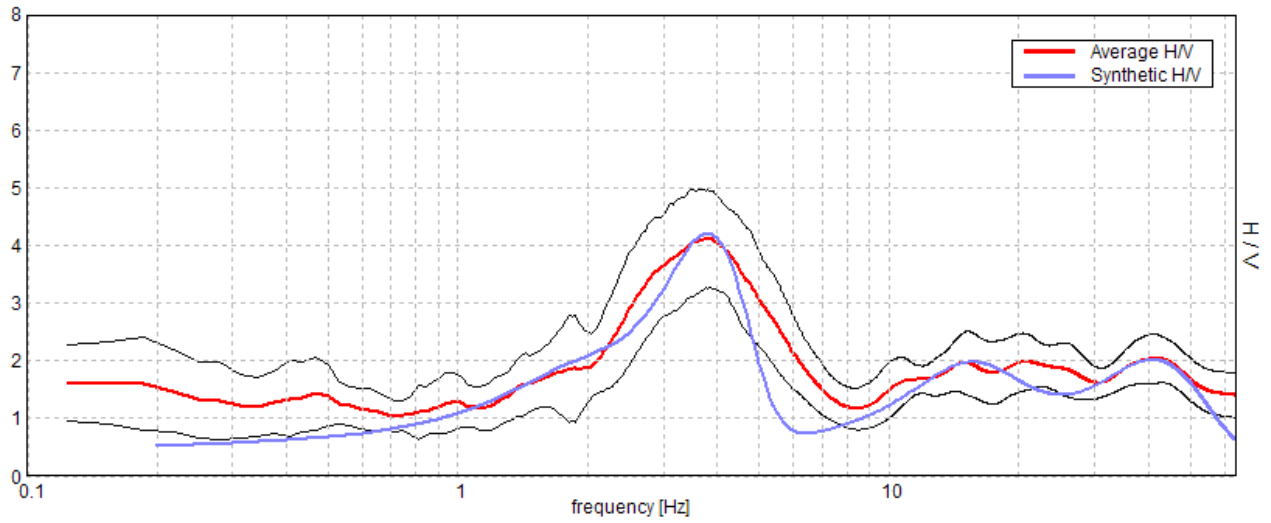


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

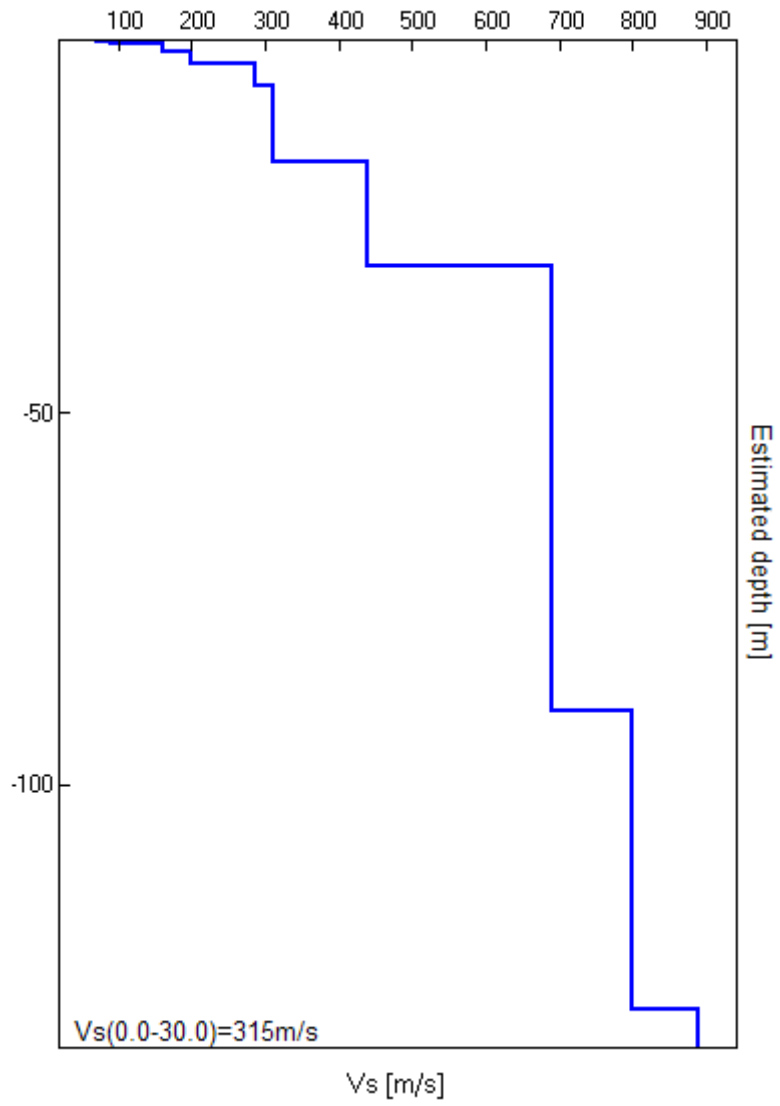
Max. H/V at  $3.78 \pm 0.44$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.25	0.25	70	0.35
0.50	0.25	90	0.40
1.50	1.00	160	0.40
3.20	1.70	200	0.40
6.20	3.00	285	0.40
16.20	10.00	310	0.40
30.20	14.00	440	0.40
60.20	30.00	690	0.40
90.20	30.00	690	0.40
130.20	40.00	800	0.40
inf.	inf.	890	0.40

Vs(0.0-30.0)=315m/s





[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.78 \pm 0.44$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2041.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 182	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.125 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.11 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11696  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.44227 < 0.18906$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8468 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

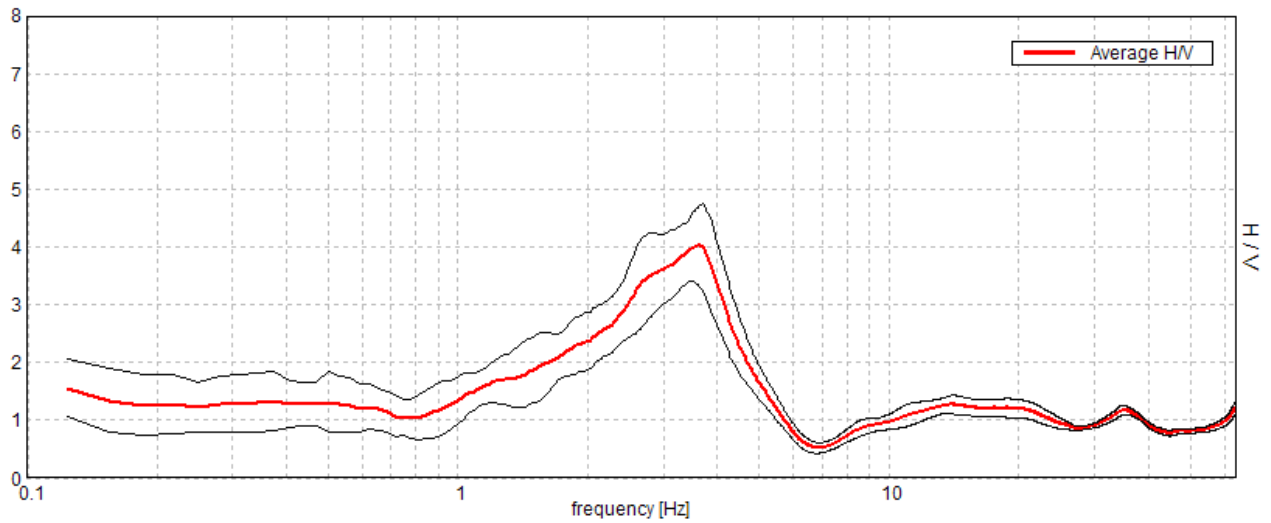
### 034024P70HVS70

Inizio registrazione: 17/06/13 11:02:20 Fine registrazione: 17/06/13 11:14:21  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

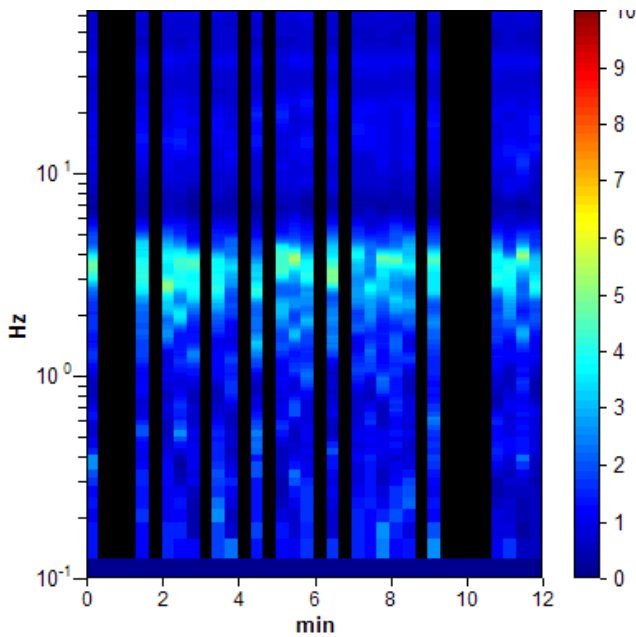
Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 61% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 15%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

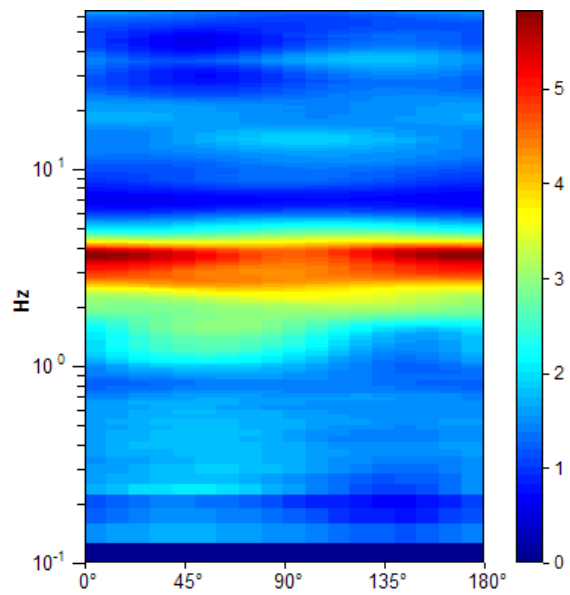
Max. H/V at  $3.59 \pm 0.07$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



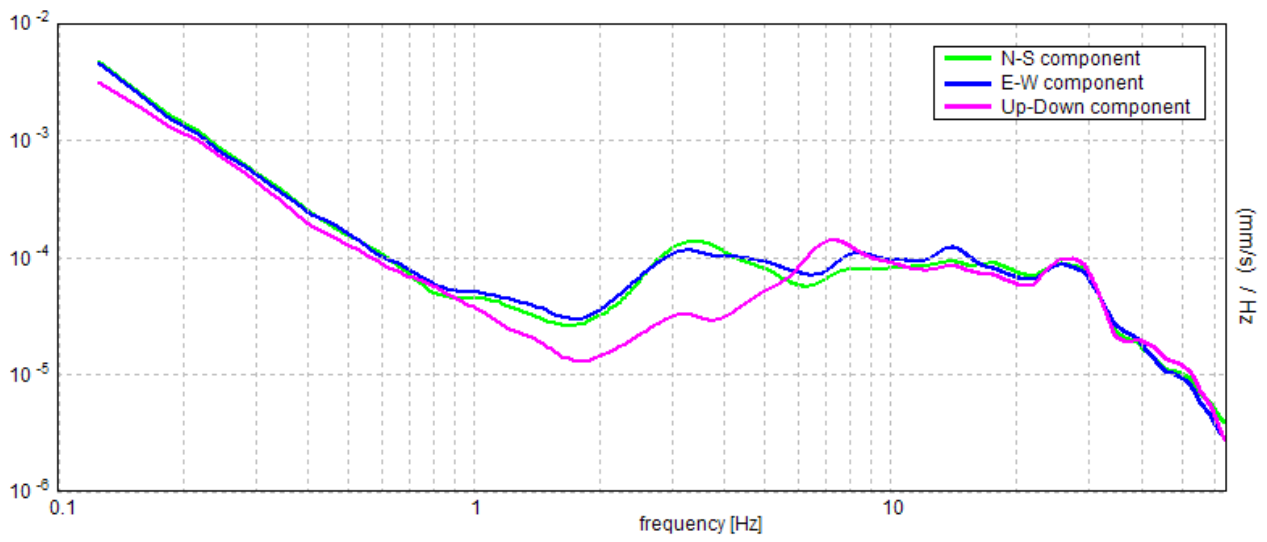
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

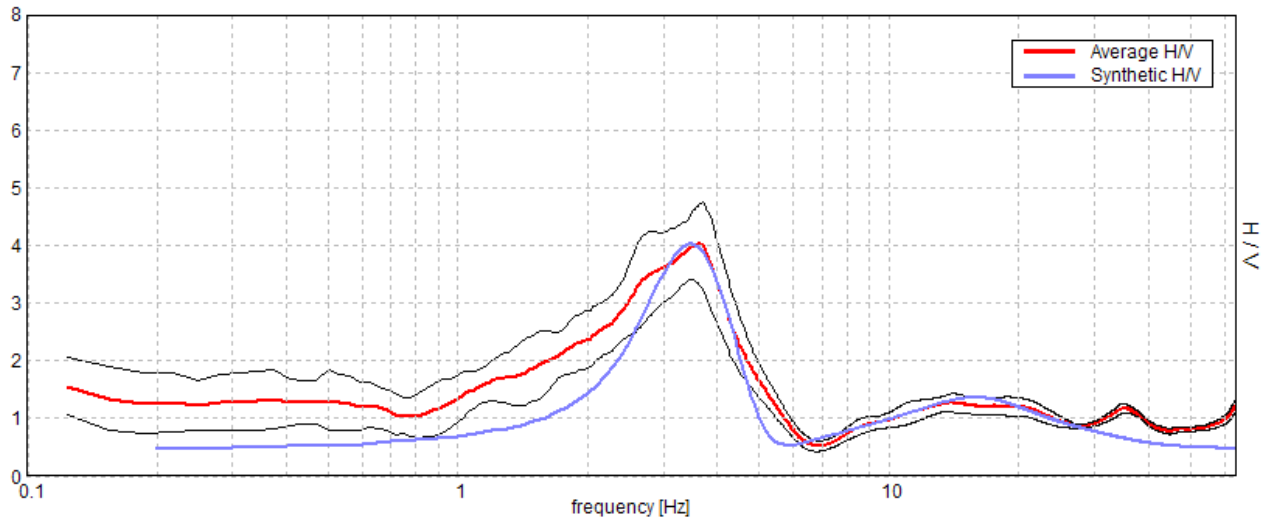


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



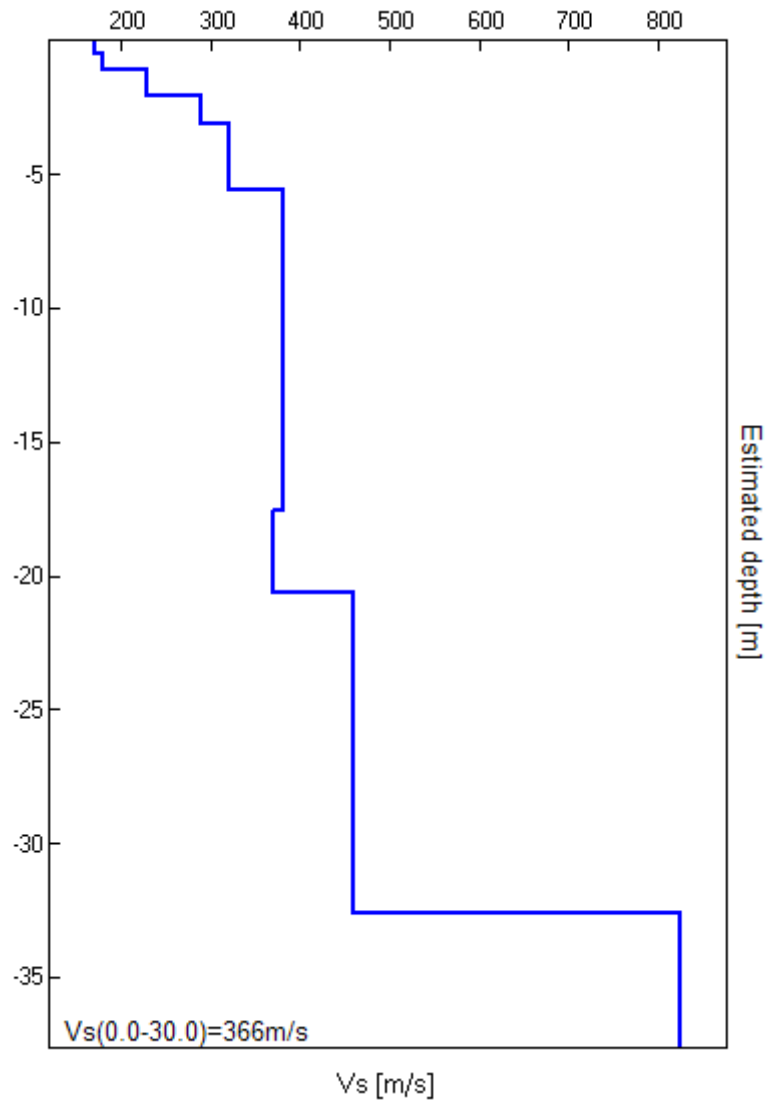
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $3.59 \pm 0.07$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	170	0.35
1.10	0.60	180	0.35
2.10	1.00	230	0.40
3.10	1.00	290	0.40
5.60	2.50	320	0.40
17.60	12.00	380	0.40
20.60	3.00	370	0.35
32.60	12.00	460	0.40
inf.	inf.	825	0.40

Vs(0.0-30.0)=366m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.59 \pm 0.07$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.59 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1581.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 174	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.594 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.02 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02048  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.07359 < 0.17969$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6524 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

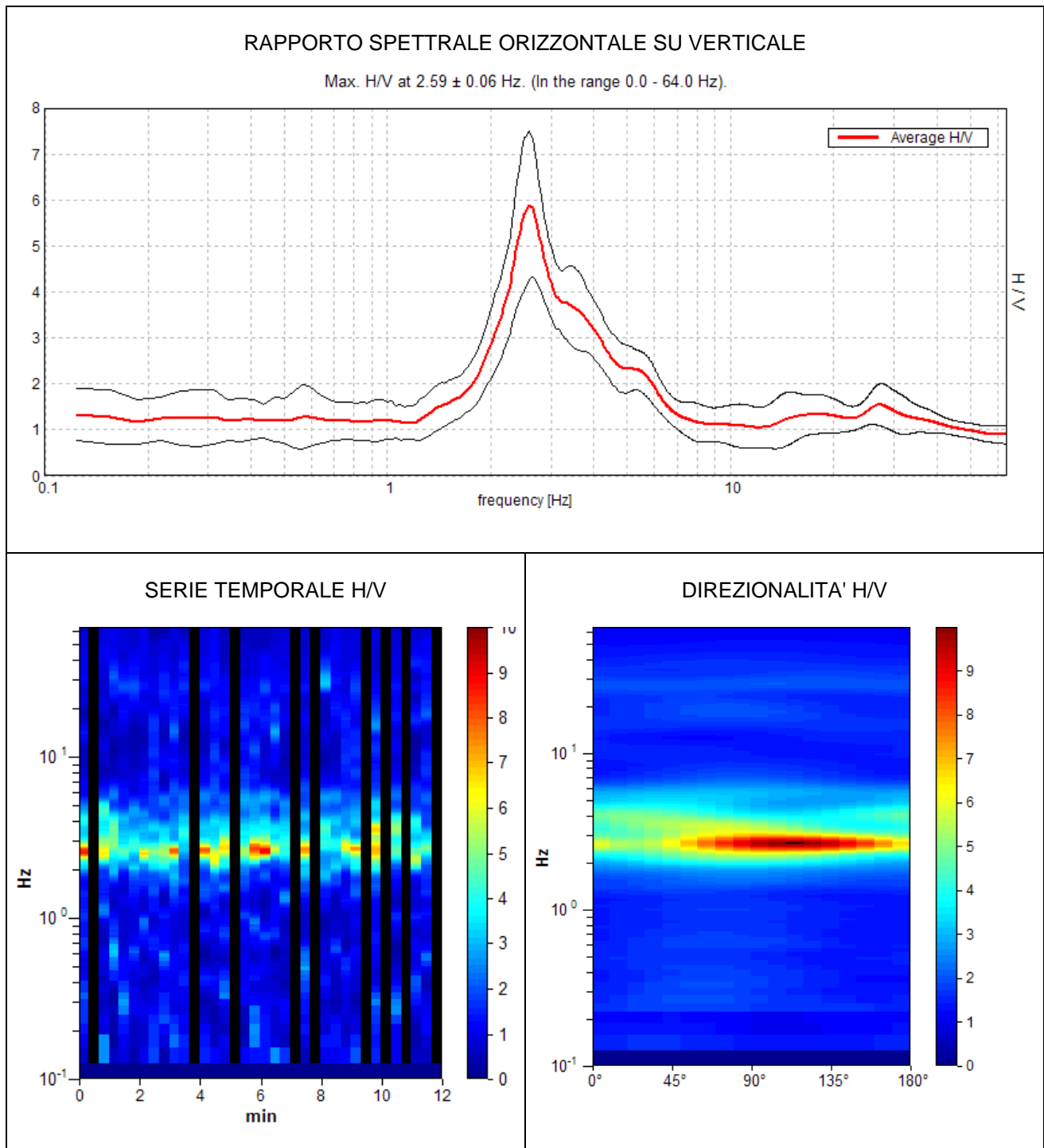
Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

### 034024P71HVS71

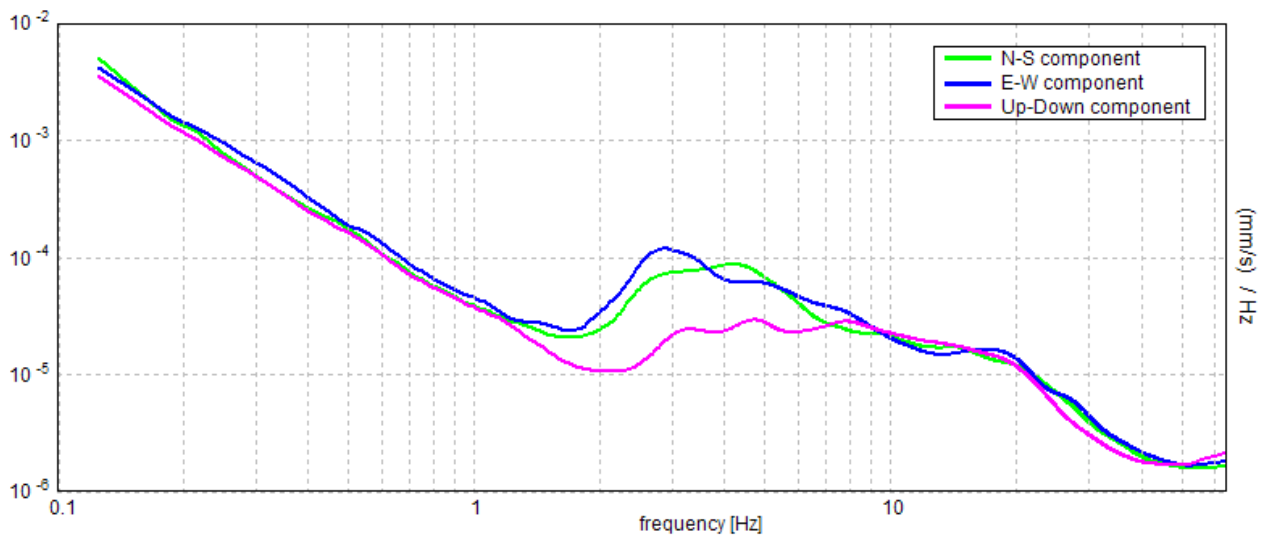
Inizio registrazione: 17/06/13 15:44:41 Fine registrazione: 17/06/13 15:56:42  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 15%



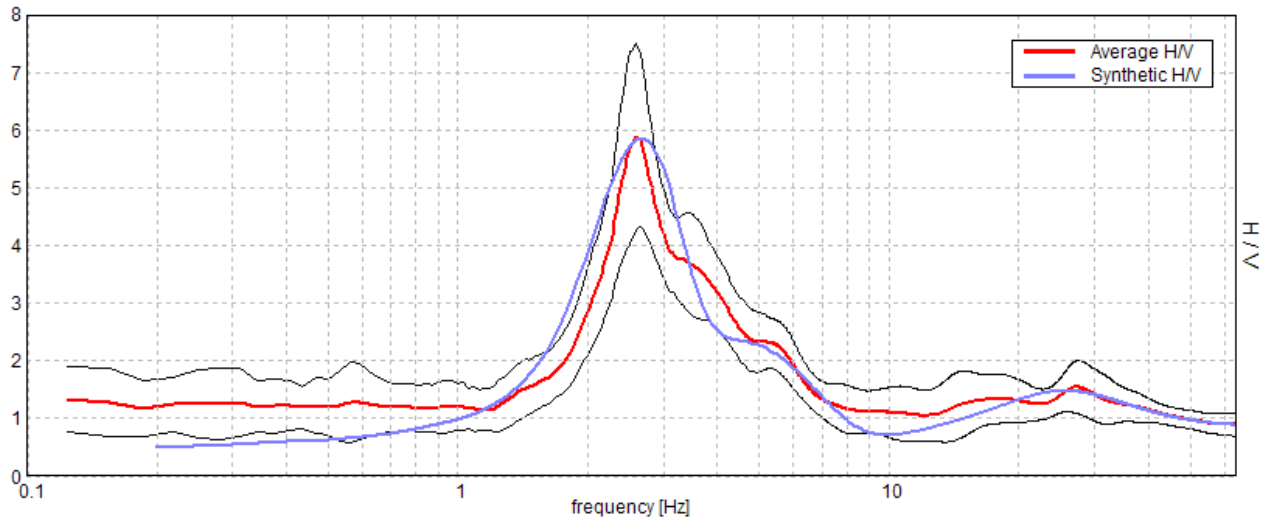


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



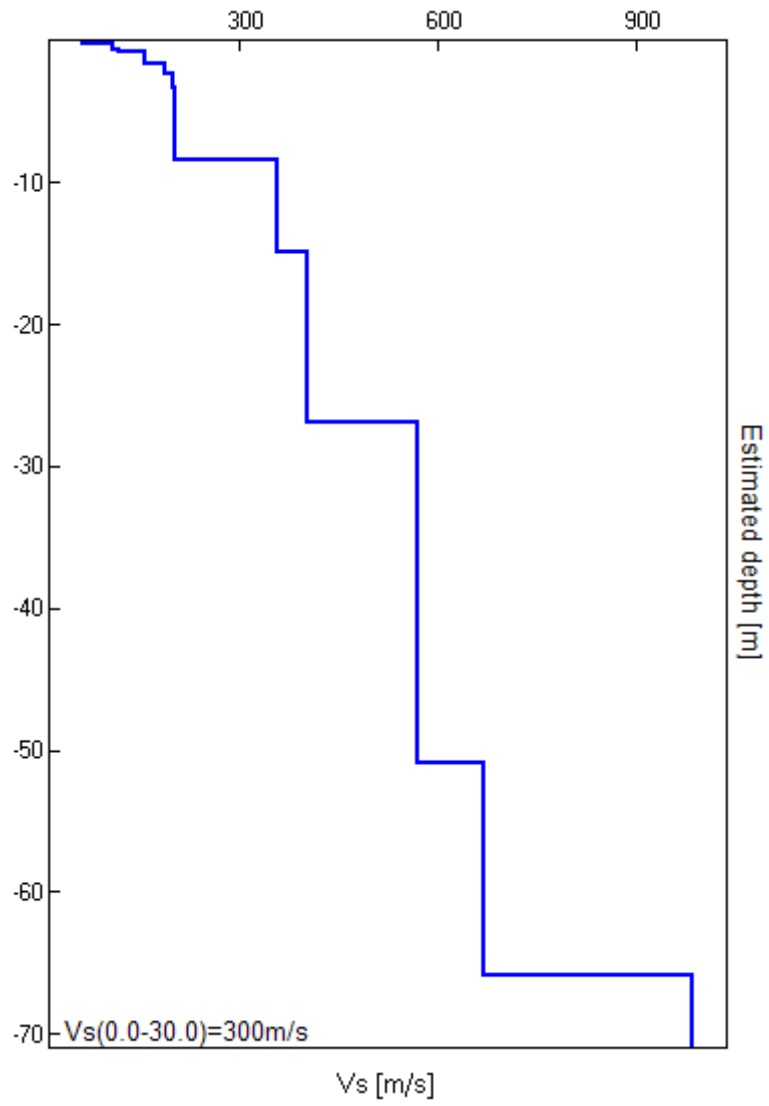
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $2.59 \pm 0.06$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	65	0.35
0.60	0.40	110	0.35
0.80	0.20	120	0.35
1.60	0.80	160	0.35
2.40	0.80	190	0.35
3.40	1.00	200	0.35
8.40	5.00	205	0.35
14.90	6.50	360	0.35
26.90	12.00	405	0.35
50.90	24.00	570	0.35
65.90	15.00	670	0.35
inf.	inf.	985	0.35

Vs(0.0-30.0)=300m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.59 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.59 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1400.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 126	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.88 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02272  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05893 < 0.12969$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.615 < 1.58$		NO

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

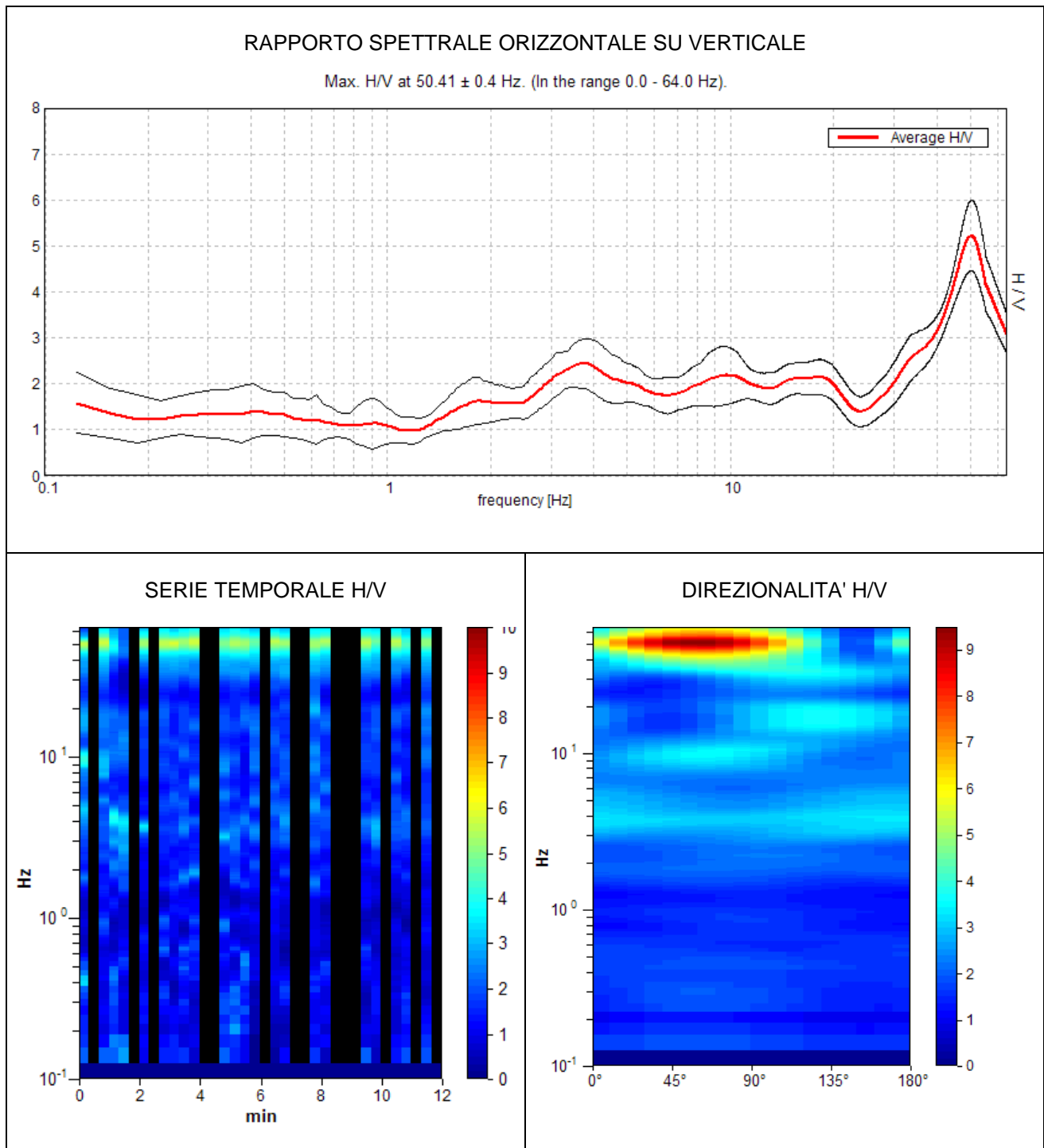
Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

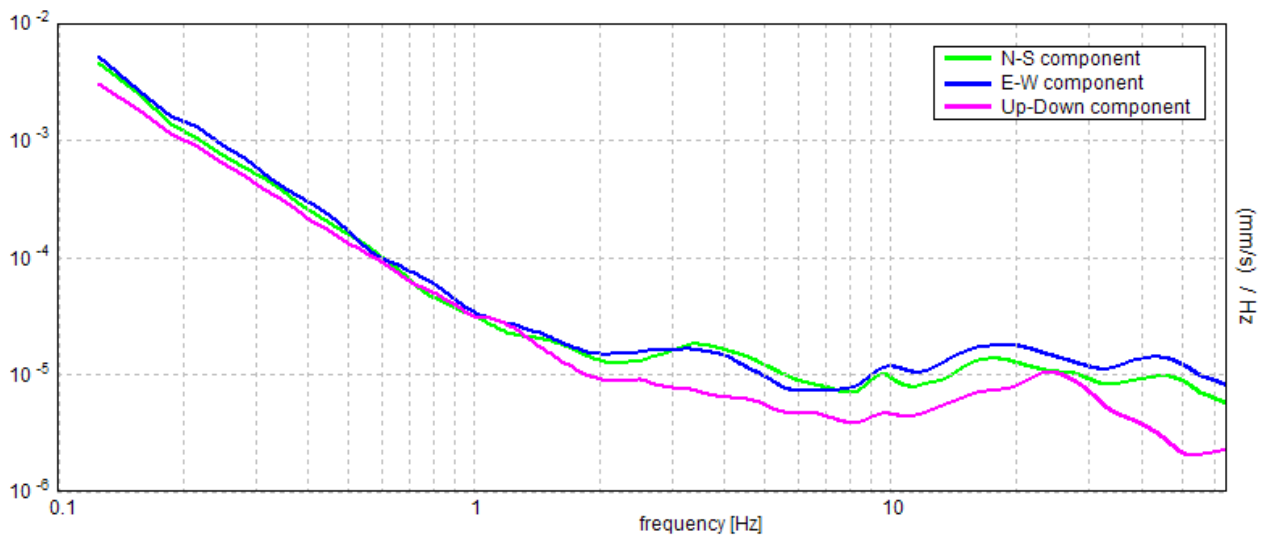
### 034024P72HVS72

Inizio registrazione: 17/06/13 16:26:09 Fine registrazione: 17/06/13 16:38:10  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 61% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 15%

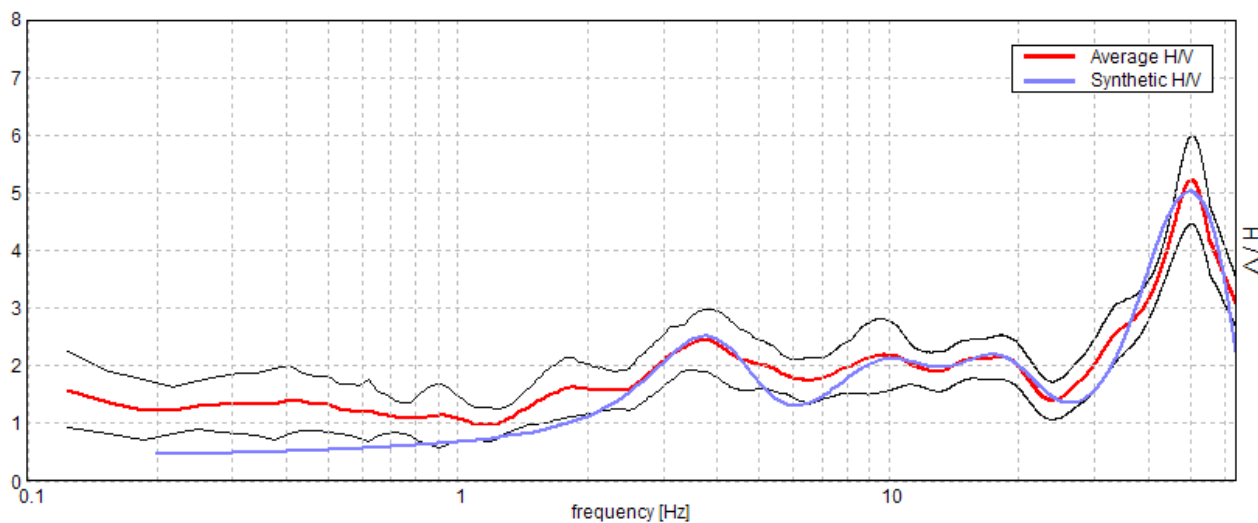


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



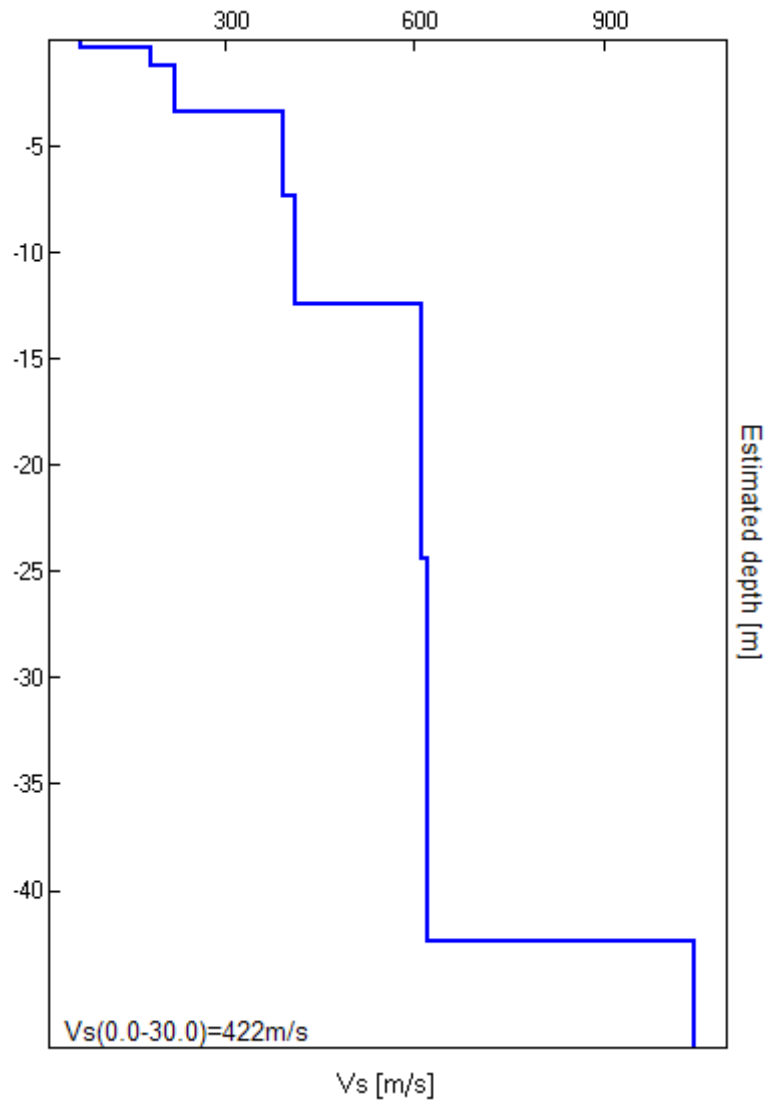
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 50.41 ± 0.4 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.37	0.37	69	0.35
1.17	0.80	180	0.35
3.37	2.20	220	0.35
7.37	4.00	390	0.35
12.37	5.00	410	0.35
24.37	12.00	610	0.35
42.37	18.00	620	0.35
inf.	inf.	1045	0.35

Vs(0.0-30.0)=422m/s





[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $50.41 \pm 0.4$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$50.41 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$22178.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1242	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	34.188 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$5.23 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00789  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.39758 < 2.52031$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7724 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20