



**COMUNE DI MERCATO SARACENO
(PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA)**

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE TECNICA

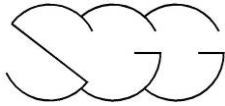
Progettista responsabile
Antonio Maria Baldi (S.G.G. srl)

Gruppo di lavoro S.G.G. srl
Filippo Ricci (coordinatore e interpretazione) Duccio Notari (G.I.S. ed elaborazioni cartografiche)



INDICE

1	INTRODUZIONE	Pag. 4
2	SISMICITA' DEL COMUNE DI MERCATO SARACENO	Pag. 7
3	INQUADRAMENTO STRUTTURALE	Pag. 11
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	Pag. 14
5	INDAGINI SVOLTE	
5.1	Indagini pregresse	Pag. 17
5.2	Indagini attuali	Pag. 18
6	ESECUZIONE DEI RILIEVI	Pag: 22
7	ANALISI DELLA DISPERSIONE DELLE ONDE SUPERFICIALI	Pag. 26
8	ANALISI ED UTILIZZO DEI RAPPORTI SPETTRALI	Pag. 29
9	ANALISI DEI RISULTATI E RELATIVA CARTOGRAFIA	
9.1	Introduzione	Pag. 34
9.2	Carta Geologico-tecnica	Pag. 34
9.3	Carta delle frequenze	Pag. 38
9.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)	Pag. 42
9.5	Carta della velocità delle onde di taglio S (V_s)	Pag. 44
10	DETERMINAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA	Pag. 47
11	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO	Pag. 49
12	TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	
12.1	Introduzione ed inquadramento area	Pag. 53
12.2	Indagini integrative per il III° livello	Pag. 54
12.3	Dati di base	Pag. 56
12.4	Analisi di risposta sismica locale	Pag. 63
12.5	Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti	Pag. 72



APPENDICE

Indagini I° e II° livello

- | | |
|-------------------------|---------|
| - Prove Masw | Pag. 78 |
| - Misure HVSR | Pag. 86 |
| - Prove penetrometriche | Pag. 95 |
| - | |

Indagini III° livello Pag. 100

ELENCO ELABORATI

- Carta geologico-tecnica
- Carta delle indagini
- Carta delle frequenze
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)
- Carta della velocità delle onde di taglio s (V_s)
- Carta del fattore di amplificazione PGA
- Carta del fattore di amplificazione intensità spettrale $0,1s < T_0 < 0,5s$
- Carta del fattore di amplificazione intensità spettrale $0,5s < T_0 < 1,0s$

1 - INTRODUZIONE

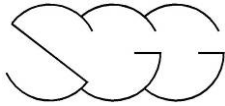
Nel presente rapporto sono illustrati i risultati dell'indagine di microzonazione sismica eseguita per conto del Comune di Mercato Saraceno (FC).



Figura 1 – Indagine effettuata nel territorio di Mercato Saraceno

In accordo con l'Amministrazione Comunale lo studio di microzonazione sismica riguarda essenzialmente le zone urbanizzate e quelle limitrofe, tralasciando le parti prive di urbanizzazioni significative. La cartografia prodotta è in scala 1:5.000 e 1:10.000.

Lo scopo dello studio è quello di individuare le varie zone omogenee dal punto di vista sismico e di determinare l'amplificazione locale in ognuno di questi settori. Nello specifico le varie indagini e prospezioni hanno permesso di ricostruire, sulla base delle loro caratteristiche fisiche e meccaniche, i rapporti geometrici degli strati di terreno (definizione della profondità del bedrock sismico e dello spessore del deposito di copertura), i profili di velocità delle onde superficiali ed il computo del valore di V_{s30} e di V_{sH} . A tal scopo sono state realizzate su tutto il territorio comunale delle



misure tomografiche HVSR, delle prove sismiche MASW e delle prove penetrometriche.

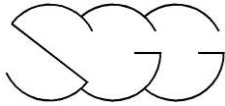
Ad integrazione e completamento di tali prove sono state riprese ed elaborate delle indagini in sito fornite dall'amministrazione comunale e costituite da sondaggi geognostici, prove penetrometriche, profili sismici, prove MASW.

Nella presente relazione sono illustrate le metodologie esecutive ed interpretative delle misure geofisiche, i risultati di tutte le indagini ed in particolar modo le elaborazioni e la cartografia finale relativamente alla microzonazione sismica del territorio comunale di Mercato Saraceno.

Gli elaborati grafici sono forniti in formato shapefile georeferenziato nel sistema WGS84UTM33N, mentre i dati tabellari sono riportati in formato *mdb* seguendo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" Versione2.0 (Giugno 2012).

Il presente studio è redatto in conformità alle seguenti normative ed indirizzi:

- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Gruppo di lavoro MS, 2008. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom.
- OPCM 3907 del 13 novembre 2010 - Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica. Allegati: "Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica" e "Simbologia per la stesura della carta delle indagini secondo quanto previsto dagli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica".
- Decreto ministeriale 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni.
- Deliberazione dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e

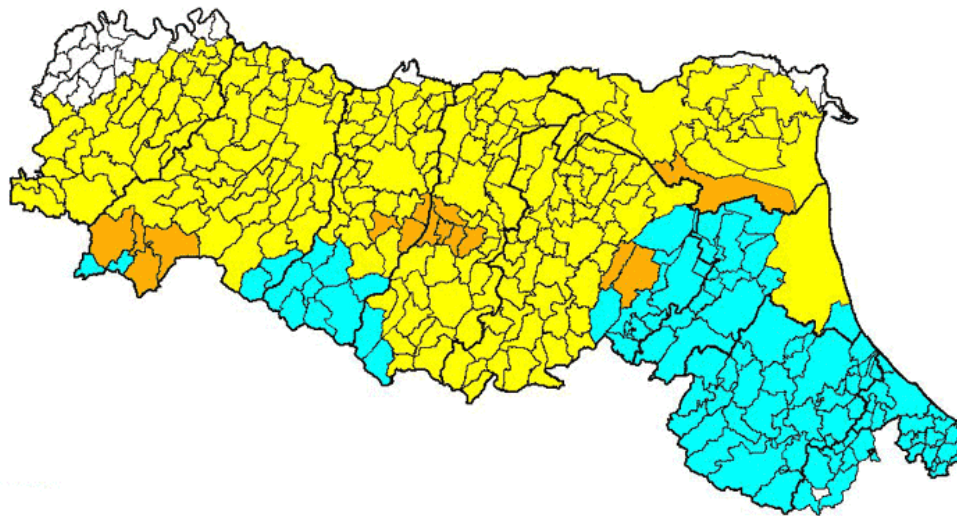


urbanistica".

- Delibera Giunta Regionale Emilia Romagna n° 1051 del 18/07/2011
"Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm."
- Delibera Giunta Regionale Emilia Romagna n° 1302 del 10/09/2012
"Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli enti locali"

2 - SISMICITA' DEL COMUNE DI MERCATO SARACENO

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003, il Comune di Mercato Saraceno fa parte dei comuni sismici classificati in zona 2 (sismicità media).



Legenda

zona 2	96	precedente riclassificazione (1983-1984)
	16	
zona 3	214	
zona 4	22	

n. Comuni coinvolti

Figura 2 - Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 "prima applicazione")

Attualmente la pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale è stata definita con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 attraverso la mappa di pericolosità sismica per il territorio nazionale (fig. 3). I valori di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni sono

riferiti a suoli rigidi di categoria A ($V_{s30} > 800$ m/s) e rappresentano la pericolosità sismica di base del territorio.

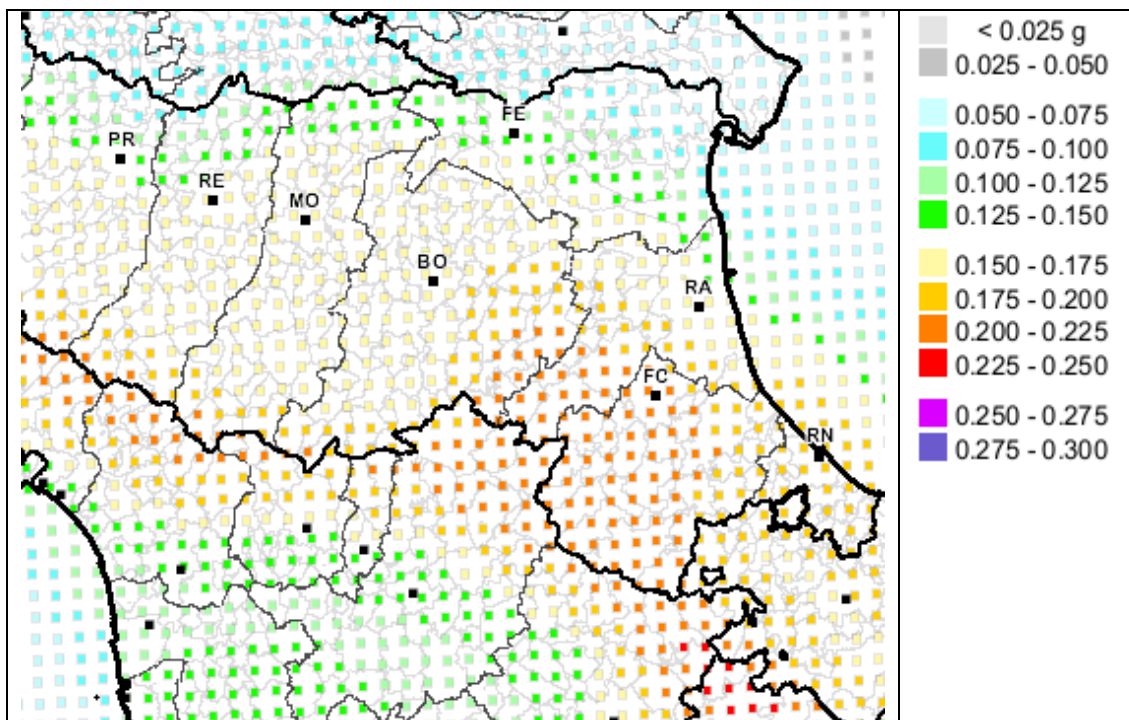


Figura 3 - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14/09/2005.)

Dalla carta sopra riportata è possibile dedurre che il territorio del Comune di Mercato Saraceno fa parte di un'area caratterizzata dai valori dell'accelerazione massima compresi nell'intervallo tra 0,175 e 0,200 g, con il valore di 0,195 g riscontrato come PGA per il capoluogo comunale.

Di seguito (fig. 4) viene riportato l'elenco dei terremoti che hanno interessato il territorio comunale di Mercato Saraceno, con evidenziato data, ora, epicentro e magnitudo.

Numero di eventi: 18

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
3	1897	12	18	07	24	Appennino umbro-march.	132	7-8	5.18
NF	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
NF	1909	08	25	00	22	MURLO	283	7-8	5.40
F	1911	02	19	07	18	Romagna meridionale	185	7	5.38
NF	1911	09	13	22	29	CHIANTI	103	7-8	5.14
4	1913	07	21	22	35	VALLE DEL LAMONE	43	6	5.07
4	1916	05	17	12	50	Alto Adriatico	130	8	5.85
4-5	1917	04	26	09	35	MONTERCHI-CITERNA	128	9-10	5.80
4	1917	12	02	17	39	GALEATA	32	6-7	5.20
7	1919	06	29	15	06	Mugello	267	9	6.18
4	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
NF	1924	01	02	08	55	SENIGALLIA	73	7-8	5.59
3	1936	10	18	03	10	BOSCO CANSIGLIO	267	9	5.90
4	1956	05	26	18	40	S. SOFIA	11	6-7	5.09
NF	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
NF	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56
4	1987	07	05	13	12	VALMARECCHIA	90	6	4.65
4	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05

Figura 4 Storia sismica di Mercato Saraceno, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>.

Ai fini della parametrizzazione sismica assume particolare importanza il valore della magnitudo attesa. Tale parametro entra in gioco in quanto, maggiore è la magnitudo maggiore è l'energia rilasciata e quindi la capacità di generare cicli di deformazione del terreno di numero ed ampiezza.

Secondo la mappa delle zone sismo genetiche, il territorio di Mercato Saraceno ricade prevalentemente all'interno della zona sismogenetica 914 (fig. 5). La magnitudo attesa per l'area in studio risulta essere pari a 6,14 (fig. 6).

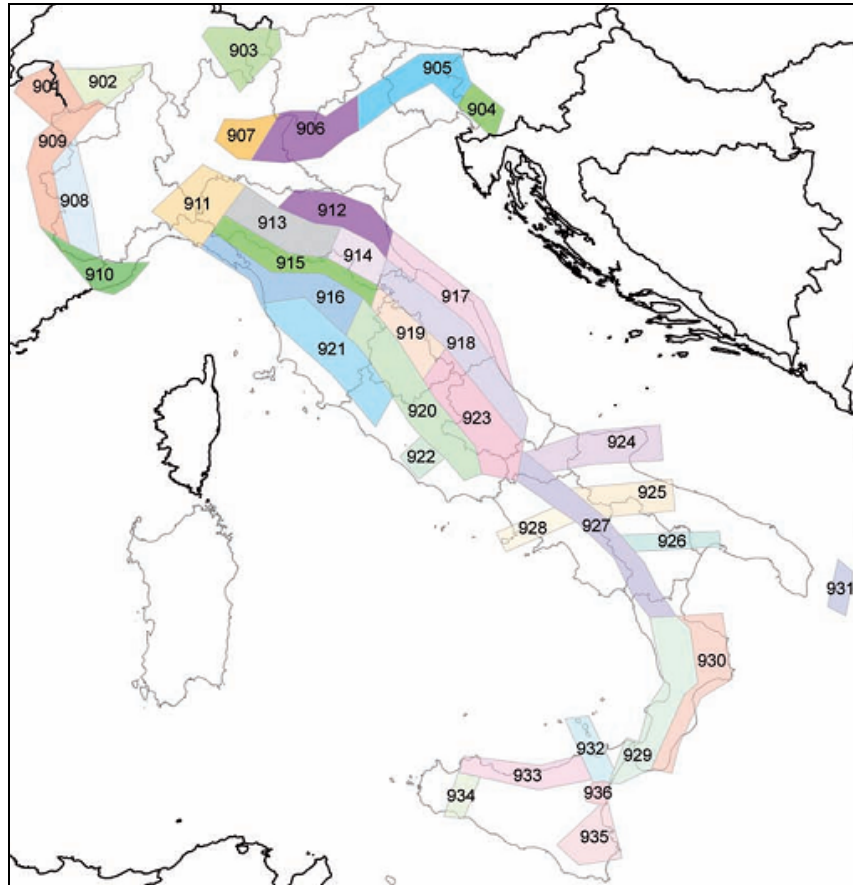


Figura 5 Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 6 Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche

3 - INQUADRAMENTO STRUTTURALE

Dal punto di vista tettonico-strutturale, nell'ambito del territorio comunale di Mercato Saraceno si manifesta la presenza di una catena a falde derivata dal corrugamento e dalla sovrapposizione di prismi sedimentari, depositatisi nel paleo oceano ligure-piemontese e sul margine continentale della microplacca dell'Adria. L'orogenesi, iniziata nell'Eocene medio e sviluppatasi soprattutto a partire dall'Oligocene, ha dato luogo a pieghe e a sovrascorrimenti lungo faglie inverse con spostamento generale verso nord-est. La tettonica del territorio emiliano-romagnolo, è contraddistinta da ampi fronti di scorrimento, che individuano alcune unità tettoniche fondamentali, e da importanti accavallamenti. Le strutture principali hanno andamento appenninico (NO-SE) che testimoniano la presenza di una tettonica prevalentemente compressiva con strutture plicative, prevalenti sulle disgiuntive ad andamento antiappenninico.

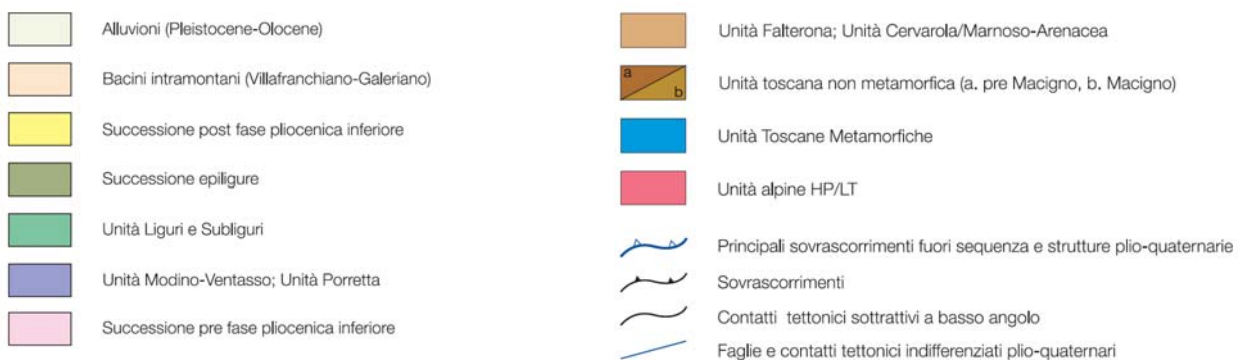
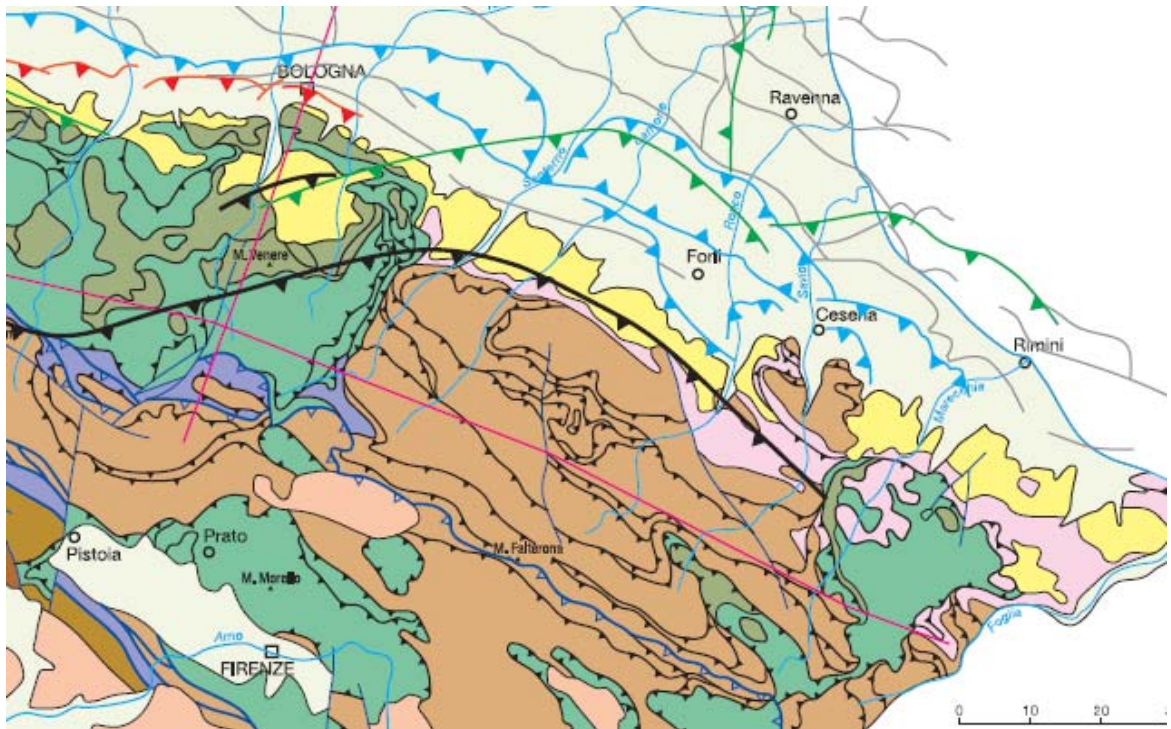
Nell'ambito del territorio comunale la stratificazione della marnoso-arenacea presenta un andamento monoclinale con immersione verso est - nord est con pendenze che si accentuano nella stessa direzione.

I terreni affioranti nell'area di studio appartengono a depositi alluvionali terrazzati ricoprenti il bedrock costituito da terreni della Serie Umbro-Marchigiano-Romagnola della Formazione Marnoso Arenacea. Tale Formazione rappresenta un deposito costituito da tobiditi pelitico arenacee di piana bacinale (Burdigaliano sup. – Tortoniano sup.), e da depositi di scarpata e di piattaforma (Tortoniano sup. - Messiniano inf.).

I depositi turbiditici sono suddivisi in interni (riempimento avanfossa Langhiana e Serravalliana) ed in esterni (riempimento avanfossa serravalliana sup. e Tortoniana).

La sismicità della zona, dal punto di vista generale, è legata al sistema di grandi faglie inverse che interessano la Formazione Marnoso Arenacea. Si nota infatti che gli epicentri si allineano lungo tali discontinuità ed in particolare lungo la faglia di S.Sofia-Quarto e Marradi-S.Benedetto in Alpe.

Si tratta di faglie che presentano gli stessi caratteri geometrici e meccanici delle fratture interessanti l'area di studio. Le profondità ipocentrali riscontrate sono in genere inferiori a 10 Km, con sollecitazioni superficiali a carico della copertura.



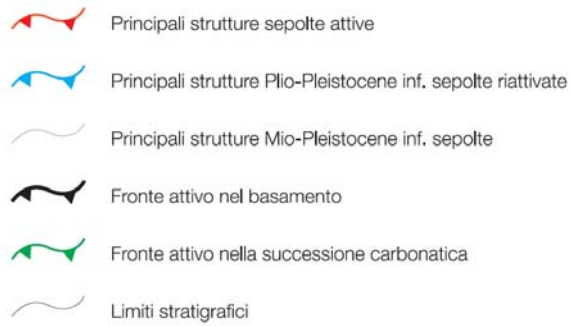
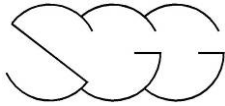


Figura 7 Schema tettonico tratto dalle note illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna

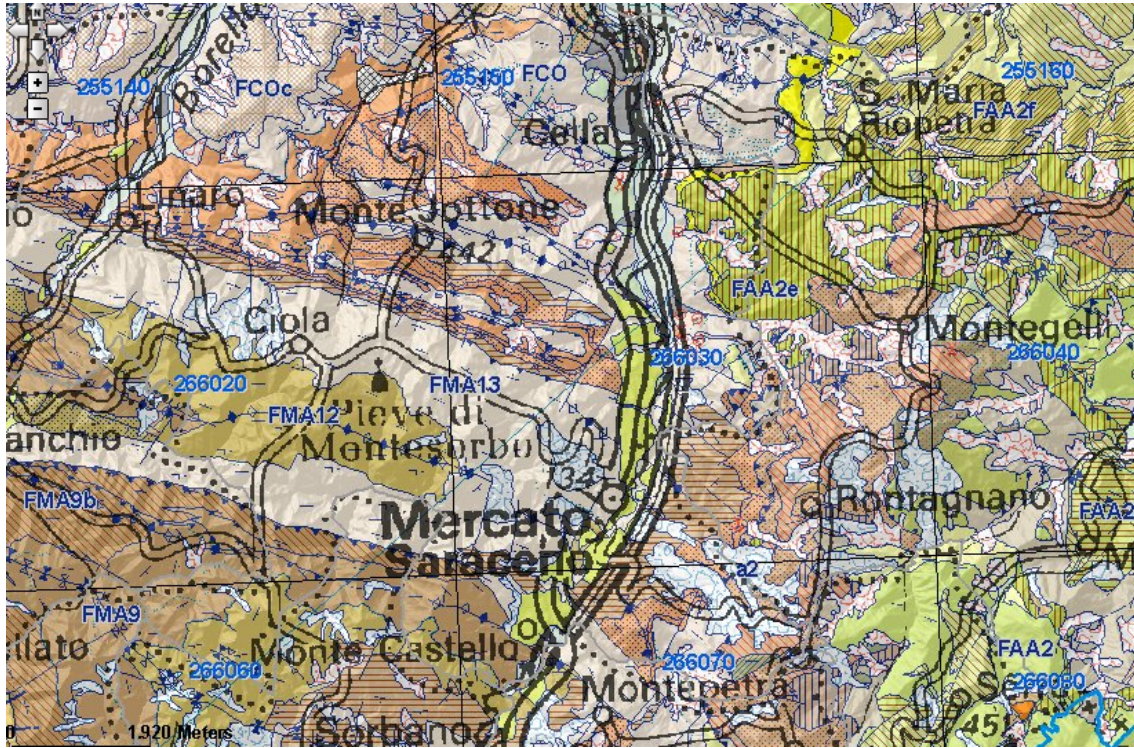
4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio del Comune di Mercato Saraceno è caratterizzato da un substrato geologico coincidente con la Formazione Marnoso-Arenacea (FMA) del Burdigaliano superiore - Tortoniano superiore. La Formazione marnoso-arenacea è un flysch, costituito da alternanze di arenarie e peliti torbiditiche e di subordinate marne emipelagiche, in cui talvolta si riscontrano anche livelli torbiditici carbonatici. Le sue successioni sono normalmente caratterizzate da pacchi di strati paralleli di enorme spessore e di grande estensione areale, in cui le arenarie, più o meno calcaree, si alternano ritmicamente a peliti e marne. Le dimensioni dei livelli arenitici raramente scendono a valori inferiori ai venti centimetri e altrettanto di rado superano lo spessore di un metro. Gli spessori della parte marnoso - pelitica sono invece assai variabili. Essa può ridursi in modo estremo, oppure assumere una netta prevalenza. In casi limite si hanno rocce quasi completamente arenacee oppure decisamente marnose.

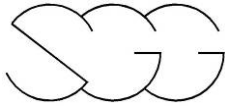
I vari membri della marnoso arenacea , come già detto, si distinguono in funzione della litofaces litoide (arenarie calcaree) e di quella pelitica. Nel territorio comunale i membri in cui prevale la litofaces litoide e quelli in cui prevale la litofaces pelitica sono circa equivalenti.

La Formazione Marnoso-Arenacea in vari settori del fondovalle, è coperta da depositi alluvionali recenti e terrazzati antichi dello spessore variabile; localmente sui versanti, la Formazione Marnoso-Arenacea è caratterizzata da numerosi corpi franosi di varia origine e dal diverso grado di attività. I depositi di frana, pur interessando marginalmente gli ambiti urbanizzati, rappresentano per questo territorio una problematica significativa.

La sottostante Carta Geologica (fig. 8) è prodotta dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna.



- Province
- Comuni
- Risorse e prospezioni (50K)**
 - ▲ cava attiva
 - ▼ cava inattiva
- Punti di osservaz. e misura (50K)**
 - ⊞ slumping intraformazionale non cartografabile
 - ⊞ stratificazione a polarità sconosciuta
 - ⊞ stratificazione contorta con valori medi di immersione ed inclinazione
 - ⊞ stratificazione dritta
 - + stratificazione orizzontale
 - stratificazione rovesciata
 - ⊞ stratificazione verticale a polarità sconosciuta
 - ⊞ stratificazione verticale con polarità
- Tracciati geologici (50k)**
 - traccia di sezione geologica
- Linee geomorf./antrop. (50K)**
 - orlo di terrazzo fluviale certo
 - - orlo di terrazzo fluviale incerto
 - + trincea di deformazione gravitativa profonda di versante certa
- Isolinee di unità del sottosuolo (50k)**
 - isobata della base del pliocene
- Elementi strutturali (50K)**
 - + traccia di superficie assiale di anticlinale con asse inclinato certa
 - ⊞ traccia di superficie assiale di anticlinale con asse orizzontale certa
 - ⊞ traccia di superficie assiale di anticlinale con asse orizzontale incerta
 - + traccia di superficie assiale di sinclinale con asse inclinato certa
 - + traccia di superficie assiale di sinclinale con asse orizzontale incerta
- Limiti di unità geologiche (50K)**
 - contatto stratigrafico o litologico certo
 - faglia certa
 - faglia diretta certa
 - - faglia incerta
 - ⊞ sovrascorrimento principale certo



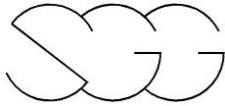
Ambienti deposiz. e litologie (50K)

- ⋯ ghiaia sabbioso-argillosa di piana alluvionale
- ⋯ limo argilloso-sabbioso di piana alluvionale
- ⋯ sabbia limoso-argillosa di piana alluvionale

Unità geologiche (50K)

- AES - Sintema emiliano-romagnolo superiore
- AES6 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Bazzano
- AES7 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Villa Verucchio
- AES8 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna
- AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
- ANT - Formazione di Antognola
- AQV - Formazione di Acquaviva
- AQVa - Formazione di Acquaviva - litofacies conglomeratica
- AVR - Argille varicolori della Val Marecchia
- BAbA - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-calcareo
- BAbB - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-arenacea
- CGE - Argille di Casa i Gessi
- FAA - Formazione delle Argille Azzurre
- FAA2 - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello
- FAA2a - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - litofacies arenaceo-pelitica
- FAA2b - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - litofacies arenacea
- FAA2c - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - litofacies grossolana bioclastica
- FAA2d - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - litofacies conglomeratica
- FAA2e - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - olistostroma di S. Maria di Riopetra
- FAA2f - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - breccia a blocchi di Sogliano
- FAA2g - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - breccia a matrice argillosa varicolorata
- FMA13b - Formazione Marnoso-Arenacea - Membro di Fontanelice - litofacies della Val Samoggia
- GES - Formazione delle Argille Azzurre - olistostromi della Formazione Gessoso-Solfifera
- IMO - Sabbie di Imola
- LAD - Arenarie di Lardiano
- MFU - Formazione di Monte Fumaiolo
- MLL - Formazione di Monte Morello
- SMN - Formazione di S. Marino
- SVG - Arenarie e argille di Savignano
- TCO - Marne di Corpolò
- a1 - Frana in evoluzione
- a2 - Frana quiescente
- a3 - Detrito di versante s.l.
- av - Formazione delle Argille Azzurre - argille varicolori
- gs - Membro delle arenarie di Borello - olistostroma di S. Maria di Riopetra - olistoliti di gesso
- i2 - Conoide torrentizia inattiva

Figura 8 - Estratto della Carta Geologica della Regione Emilia Romagna



5 - INDAGINI SVOLTE

5.1 Indagini pregresse

La prima fase di tale incarico si è basata sulla raccolta dei dati esistenti ed in particolare sul reperimento dei risultati delle indagini precedentemente svolte nel territorio del Comune di Mercato Saraceno. L'amministrazione comunale ci ha fornito i dati relativi a delle prove, identificabili come indagini dirette (prove penetrometriche e sondaggi geognostici) e come indagini indirette (prove geofisiche MASW, prove Re.Mi).

L'elevato numero di prove disponibili e l'esistenza di specifici elaborati geologici di dettaglio ha perciò permesso di limitare le nuove indagini; per quest'ultime sono state preferite le misure tomografiche, quelle sismiche e le prove penetrometriche realizzate nei settori più scoperti dalle precedenti indagini, nelle aree urbanizzate ed in quelli in cui sono previste della modifiche urbanistiche.

Complessivamente, le precedenti indagini sono così riassumibili:

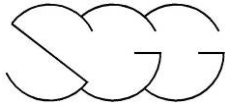
Indagini dirette

- n° 46 sondaggi geognostici
- n° 261 prove penetrometriche CPT

Indagini indirette

- n° 10 prove MASW
- n° 3 profili sismici
- n° 34 prove HVSR

Gli elaborati grafici di tali prove non verranno consegnati su formato cartaceo, ma fanno parte del database GIS secondo quanto previsto dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" Versione 2.0 (Giugno 2012).



Per ogni indagine puntuale o lineare è stato compilato il database, seguendo una maschera di immissione dati personalizzata.

Indagini_Puntuali		Indagini_Puntuali		
pkey_spu	pkey_indpu	classe_ind	tipo_ind	ID_INDP
1	1	GS	CPTU	40004P001CPTU01
id_indpuex	arch_ex			
B1 (1)	SPG			
note_ind				
prof_top	prof_bot		spessore	
	0		-8,8	8,8
quota_slm_top	quota_slm_bot		data_ind	doc_pag
	186		177,2	17/01/2011
doc_ind				
..\..\Indagini\Documenti\B1.pdf				

Ad ogni entità inserita nel database, che è stato popolato secondo i campi previsti dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” Versione2.0 (Giugno 2012), è stato collegato con un oggetto nello shapefile puntuale o lineare come indicato dagli stessi standard. Sono stati inoltre aggiunti alcuni nuovi campi per facilitare le funzioni di elaborazione grafica ed al fine di aumentare le informazioni ottenibili dagli shapefile.

5.2 Indagini attuali

La prospezione geofisica e le misure tomografiche sono state eseguite nei giorni dal 6 al 15 Marzo 2013. L'ubicazione complessiva delle indagini è riportata in dettaglio nell'elaborato “Carta delle indagini”.

L'indagine geofisica e geotecnica si è svolta attraverso l'esecuzione di 7 prove MASW per l'acquisizione delle onde superficiali di Rayleigh, con l'esecuzione di 8 misure HVSR (fig. 9) a stazione singola della durata di 20 minuti ciascuna e 4 prove penetrometriche.



Figura 9 – Misura HVSR

Le prove vengono riassunte nelle successive tabelle con la sigla con cui sono contraddistinte nella “Carta delle Indagini”

MASW 1	40020L009MASW09
MASW 2	40020L010MASW10
MASW 3	40020L011MASW11
MASW 4	40020L012MASW12
MASW 5	40020L013MASW13
MASW 6	40020L014MASW14
MASW 7	40020L015MASW15

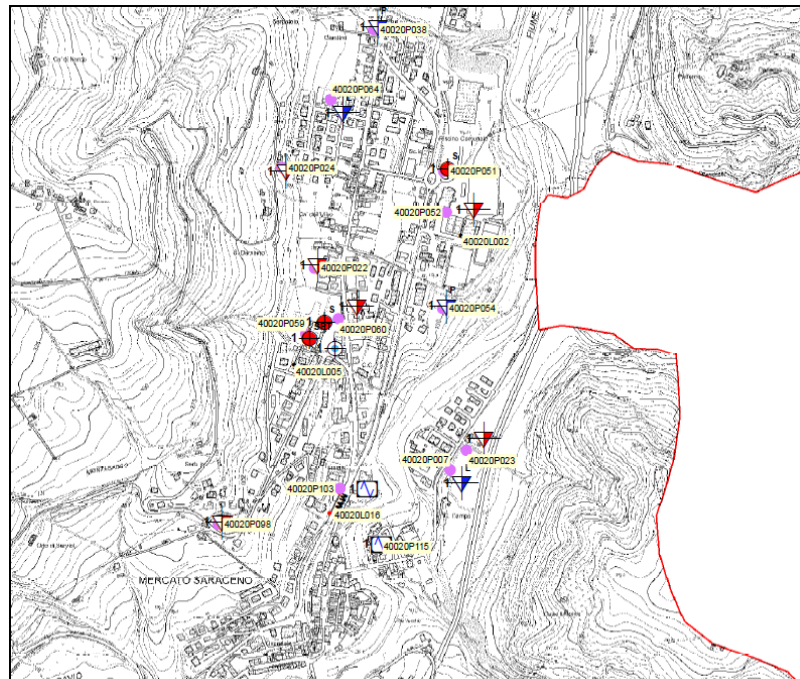
HVSR 1	40020P125HVSR244
HVSR 2	40020P126HVSR245
HVSR 3	40020P127HVSR246
HVSR 4	40020P128HVSR247
HVSR 5	40020P129HVSR248
HVSR 6	40020P130HVSR249

HVSR 7	40020P131HVSR250
HVSR 8	40020P132HVSR251

PROVA PENETROMETRICA 1	40020P133DP252
PROVA PENETROMETRICA 2	40020P134DP253
PROVA PENETROMETRICA 3	40020P135DP254
PROVA PENETROMETRICA 4	40020P136DP255

La carta delle indagini individua la posizione planimetrica di tutte le indagini svolte nell’ambito del progetto in esame. Tale carta, ed il relativo database, sono stati redatti, come già descritto in precedenza, secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” Versione2.0 (Giugno 2012).

Di seguito viene riportato un estratto e la legenda della Carta delle Indagini.



Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione simica
 Relazione tecnica

Legenda

Indagini precedenti

- Ubicazione delle indagini puntuali
- Tipologie di indagini puntuali**
- ◆ Sondaggio a carotaggio continuo
- ◆ Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
- ◆ Sondaggio con prelievo di campioni
- ◆ Sondaggio con piezometro
- ◆ Prova penetrometrica in foro (SPT)
- ◆ Prova penetrometrica dinamica pesante
- ◆ Prova penetrometrica dinamica leggera
- ◆ Prova penetrometrica statica
- ◆ Prova penetrometrica statica con piezocono
- ◆ Stazione microtremore a stazione singola
- Sezione geologica
- MW** Prove MASW

Indagini attuali

- Ubicazione delle indagini puntuali
- ◆ Stazione microtremore a stazione singola di nuova realizzazione
- ◆ Prova penetrometrica dinamica pesante di nuova realizzazione
- MW** Prove MASW di nuova realizzazione

Figura 10 – Estratto e legenda della Carta delle indagini

6 – ESECUZIONE DEI RILIEVI

Prove Multi-channel Analysis of Surface Waves (“MASW”)

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005). Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell’effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

La classificazione dei terreni è stata quindi svolta sulla base del valore della V_{sH} e della V_{s30} (il valore medio ponderato della VS nei primi 30m di profondità) definita dalla relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}} \quad \text{eq. (1)}$$

in cui V_{si} e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell’i-esimo strato

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidezza del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d’inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).

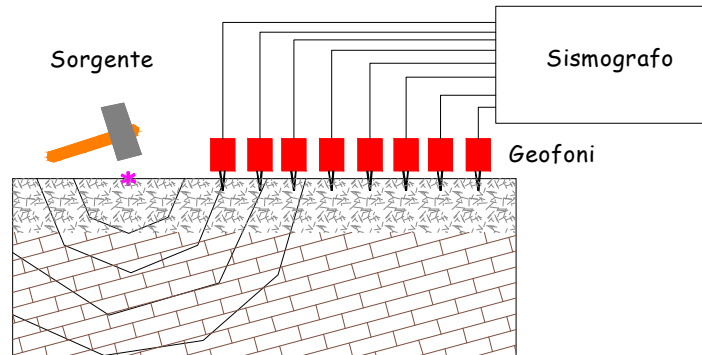


Figura 11 - Stendimento sismico

La prova consiste nel produrre in un punto sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori (fig. 11) le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

Curva HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V). L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente

L'idea di base è quella secondo cui il rapporto H/V consente in media di eliminare il ruolo delle variazioni di intensità delle sorgenti nel corso della registrazione mettendo in evidenza il ruolo della struttura.

In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza f_r relativa a quella

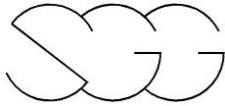
configurazione strutturale (con f_r circa uguale al rapporto fra la velocità media delle onde S fino alla profondità del salto di velocità e il quadruplo di questa profondità). Si osserva anche una certa correlazione (fortemente non lineare) fra l'entità della variazione di velocità responsabile dei fenomeni di risonanza e l'ampiezza del massimo della funzione H/V (maggiore è il contrasto di impedenza sismica, maggiore è l'entità del massimo).

La struttura del campo d'onde presente nel terreno (rumore sismico ambientale, microtremore, rumore sismico o seismic noise) è condizionata dalle caratteristiche delle sorgenti che lo determinano (siano esse naturali o antropiche) e dalle proprietà meccaniche dei terreni. Infatti, ciascuna sorgente genera un treno d'onde che raggiunge il punto di misura con caratteristiche che dipendono dall'entità delle sollecitazioni nelle componenti orizzontali e verticali del moto e dalle modalità di propagazione fra la sorgente e il sito in funzione dei fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione che hanno luogo in corrispondenza di variazioni delle proprietà meccaniche dei terreni nel sottosuolo. In genere, nel campo di rumore ambientale, saranno presenti sia onde di volume (P e S in quantità variabili) che onde superficiali (Love e Rayleigh).

Se si considera un intervallo di tempo opportunamente lungo (dell'ordine delle decine di minuti), le proprietà medie di un campo d'onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti differenti, distribuite casualmente attorno a un punto di misura, tendono ad avere un andamento che non dipende dalle singole sorgenti che hanno generato il campo, ma solo dalle proprietà del mezzo in cui le onde si propagano e dal livello energetico medio dell'attività antropica o naturale.

In particolare, si può immaginare che, in media, le componenti orizzontali e verticali del moto del suolo tendano a essere sollecitate in modo equivalente, con un'ampiezza media pari al livello medio del rumore in quell'intervallo temporale. In questa ipotesi, i rapporti fra le ampiezze verticali e orizzontali del moto (H/V) saranno statisticamente indipendenti dalle caratteristiche delle sorgenti.

Si può dimostrare che la frequenza di risonanza ν_0 di una copertura



sedimentaria di spessore H sovrapposta a un basamento rigido e in condizioni di stratificazione piana è data dal rapporto fra la velocità media delle onde S nel sedimento (V_s) e 4 volte lo spessore H ($v_0 = V_s/4H$). Utilizzando questa relazione è possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata allo spessore della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio o, viceversa a questa ultima se lo spessore H è noto.

Studi teorici mostrano che se il rumore è effettivamente dominato da onde di volume emergenti da direzioni sub-verticali, l'andamento e l'ampiezza della funzione H/V riflettono quelle della funzione di risposta del deposito sedimentario analizzato. In caso contrario si vede che l'ampiezza dei massimi della funzione H/V è correlata (ma non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica presente alla base della copertura.

L'assenza di massimi della funzione H/V suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza.

Le registrazioni di microtremiti, della durata di 20 minuti, sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO ENGY PLUS (specifiche tecniche su www.tromino.it), strumento appositamente progettato per questo scopo.

7 - ANALISI DELLA DISPERSIONE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Il metodo “MASW” consente di eseguire un’analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S.

Per l’interpretazione dei dati sperimentali è stato utilizzato uno specifico programma (winMASW Professional Version 4.1).

Il profilo verticale di V_s è ottenuto tramite l’inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

La procedura si sviluppa in due fasi:

- Determinazione dello spettro della velocità sulla quale si identifica la curva di dispersione
- Inversione della curva di dispersione attraverso l’utilizzo di algoritmi genetici.

L’elaborazione del segnale consiste inizialmente nel calcolo dello spettro di velocità dei dati sismici acquisiti in campagna (fig. 12).

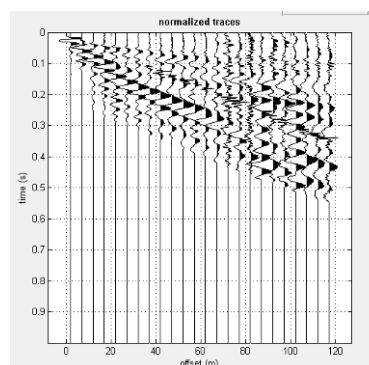


Figura 12: dati di campagna

Sullo spettro di velocità calcolato (fig. 13) è eseguito un “picking” della curva di dispersione (soprassegno con cerchietti) individuando un insieme di punti che appartengono ad un certo modo (in questo caso al modo fondamentale) di propagazione dell’onda superficiale di Rayleigh.

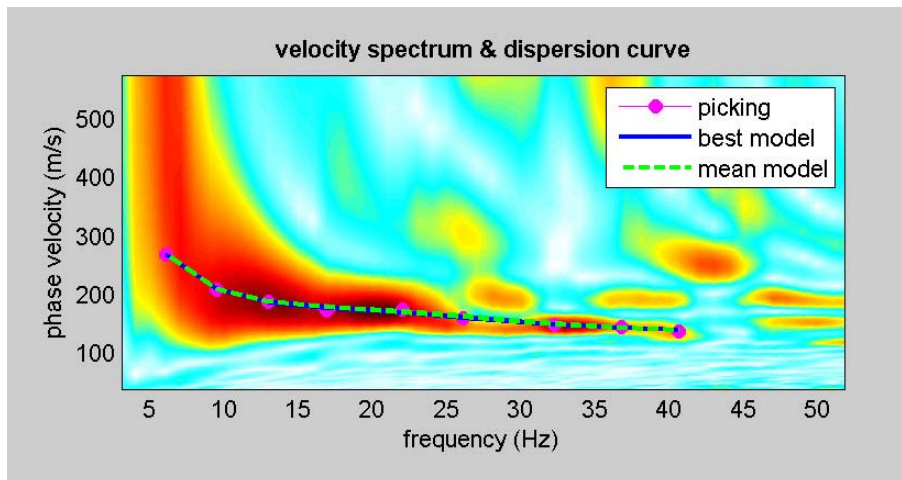


Figura 13: esempio di spettro di velocità tratto dalla prova MASW e relativo picking

Allo scopo di ottenere una prima valutazione del possibile modello del terreno è altresì effettuata una modellazione diretta del terreno tramite il calcolo di una curva di dispersione appartenente ad un modello a quattro strati, i cui valori di V_s e degli spessori sono definiti sulla base di osservazioni desunte e dalla tomografia sismica a rifrazione e delle stratigrafie delle prove penetrometriche.

Successivamente per ottenere il profilo verticale di V_s è eseguita l'inversione della curva di dispersione precedentemente individuata. Tale inversione è eseguita tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard.

L'operazione di inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di V_s e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione. Tali assunzioni sono fatte sulla base delle conoscenze geologiche del sito e delle informazioni derivate dalle prove penetrometriche e dai sondaggi geognostici.

Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono sia il numero di individui

(ossia il numero di modelli che costituiscono la popolazione che si evolverà verso soluzioni sempre migliori) sia il numero di generazioni al passare delle quali sono esplorati modelli sempre migliori.

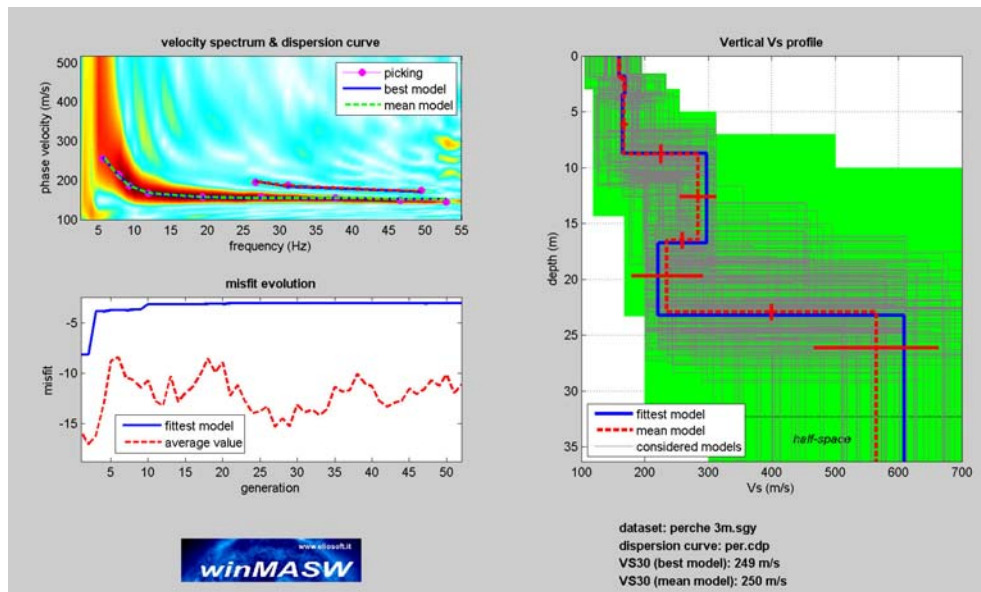


Figura 14: Esempio di risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" utile per la valutazione dei valori di deviazione standard tra il modello medio e quello migliore ai fini di verificare l'accettabilità del modello ottenuto (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

L'analisi dei dati attraverso l'uso di algoritmi genetici porta in ultima analisi alla definizione del profilo verticale della Vs (fig. 14) in funzione della profondità con associato il valore del V_{s30} o V_{sH} .

8 - ANALISI ED UTILIZZO DEI RAPPORTI SPETTRALI

La misura della funzione H/V è stata effettuata tramite l'acquisizione del rumore sismico ambientale in un punto per un tempo di venti minuti. Questa durata ha lo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato da una molteplicità di sorgenti dalle diverse direzioni dello spazio.

La misura è stata effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tri-direzionale caratterizzato da sufficiente sensibilità.

I risultati di ogni analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software GRILLA, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, la serie di rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 secondi) per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto. Su ciascuna di queste finestre viene calcolato lo spettro di ampiezza del segnale nelle tre componenti. In questa fase è stata applicato un sistema di lisciamento (smoothing) triangolare del 10% adottato per la determinazione dello spettro.

L'andamento dei rapporti spettrali è stato quindi ottenuto mediando i valori ottenuti per le diverse finestre temporali considerate. Per definire la qualità delle misure sono state anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura e fatta una stima del relativo intervallo di confidenza.

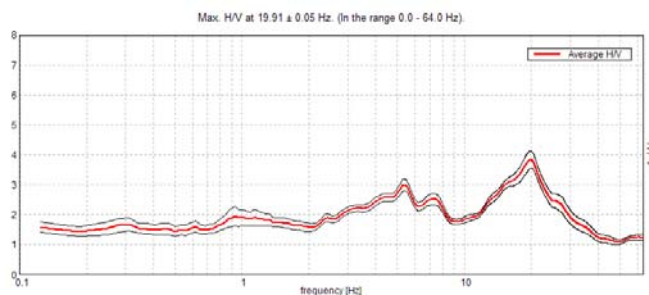
Di seguito sarà brevemente descritta la procedura di analisi seguita:

- Ciascuna delle tracce è suddivisa in segmenti o finestre di 20 secondi.
- In ogni finestra e per ciascuna delle tracce viene eseguita:
 - un'analisi preliminare: eliminazione di trend lineari (detrend) e tapering delle estremità.
 - la trasformata di Fourier (FFT)
 - il lisciamento degli spettri con finestra triangolare ampia una frazione della frequenza centrale (in questo lavoro generalmente il 10%).

- Le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali vengono mediate in modo geometrico, e vengono calcolati i rapporti HVSR (f), in ciascuna finestra temporale.
- Si calcolano i rapporti HVSR medi ed il relativo intervallo di confidenza al 95%. Alla frequenza di risonanza viene associata una stima dell'incertezza sperimentale.

Lo spettro relativo alla componente orizzontale viene ottenuto effettuando la media (solitamente geometrica) delle due componenti spettrali del rumore sul piano orizzontale. La combinazione delle stime ottenute nelle diverse finestre temporali viene poi utilizzata per costruire la funzione H/V finale e stimare il relativo intervallo di confidenza. In particolare, la funzione H/V è ottenuta facendo la media dei valori delle funzioni H/V calcolate in ogni finestra temporale.

Sperimentalmente, l'analisi di qualità della misura può essere effettuata confrontando le ampiezze spettrali medie del rumore misurato lungo le due componenti orizzontali, oppure calcolare diversi valori della funzione H/V di volta in volta proiettando lungo direzioni differenti le ampiezze spettrali ottenute sul piano orizzontale (fig. 14). La stazionarietà nel tempo, invece, può essere valutata rappresentando in funzione del tempo le funzioni H/V ottenute nelle diverse finestre temporali considerate (fig. 15).



H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V

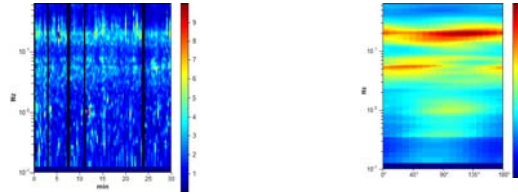


Figura 15: Esempio di risultati delle analisi di rumore sismico relative a una corretta misura H/V. In alto sono riportati i valori del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza con il relativo intervallo di confidenza al 95%. In basso a sinistra è riportato l'andamento nel tempo (ascissa) dei valori H/V (colori) in funzione della frequenza (ordinata). In basso a destra sono invece riportati i valori della funzione H/V (colore) in funzione della frequenza (in ordinata) al variare della direzione del segnale (ascissa)..

Ai fini dell'affidabilità e della chiarezza del massimo della funzione H/V, infine è effettuata una analisi secondo i criteri determinati nell'ambito del progetto europeo SESAME per l'eliminazione di massimi spuri della funzione H/V, la cui presenza è frutto delle caratteristiche del campo d'onde sismiche e non della struttura locale del sottosuolo.

Infine, un buon indicatore della qualità del picco H/V può essere ottenuto dall'esame degli spettri singoli. Infatti, massimi fisicamente significativi sono generalmente associati a valori di ampiezza spettrale minima sulla componente verticale. La curva sottostante può essere considerata come un esempio di picco H/V chiaro e fisicamente significativo (fig. 16).

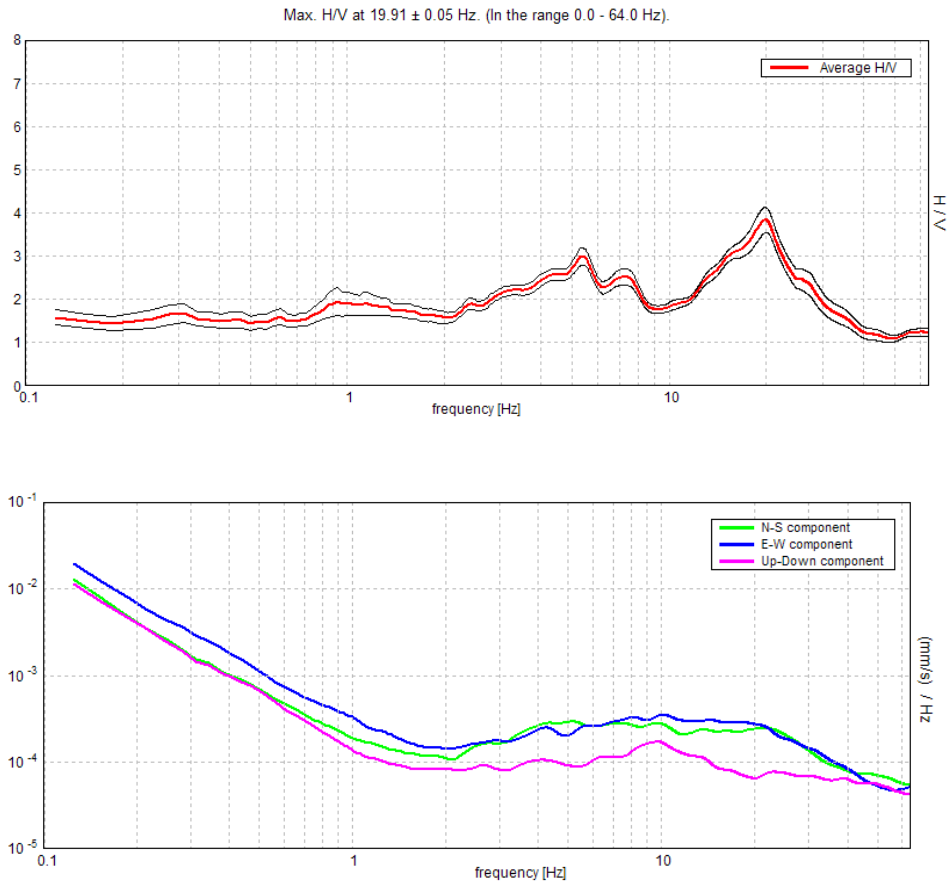
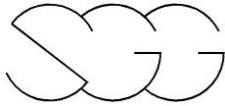


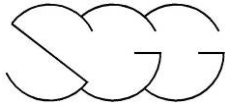
Figura 16: Esempio di andamento degli spettri relativi a una corretta misura H/V nella quale viene identificato un picco fisicamente significativo. Nella figura superiore è riportato l'andamento della curva H/V (curva rossa) e il relativo intervallo di confidenza (curve nere). Nella figura in basso sono riportati gli andamenti degli spettri di ampiezza del rumore sulla componente verticale (curva magenta) e sulle componenti orizzontali (curve verde e blu).

Come già ricordato, un picco chiaro e netto indica un buon contrasto di impedenza sismica; di conseguenza, un passaggio litologico significativo ad un litotipo avente spessori consistenti e che quindi può essere considerato sismicamente come il sub-strato.

Nel complesso le misure HVSR eseguite nel territorio del comune di Mercato Saraceno non sempre presentano picchi di ampiezza rilevante. I



picchi principali corrispondono a frequenze di risonanza fondamentali (F_0) comprese tra 3 e 7 Hz: Picchi meno netti coprono un range di frequenze più ampio passando da 4 a 13 Hz. Le misure 40020P127 e 40020P128 individuano, inoltre, una frequenza di risonanza secondaria rispetto alla fondamentale (F_1). Le misure hanno pertanto evidenziato frequenze di risonanza del sottosuolo corrispondenti ad uno o più passaggi litologici significativi; solo in taluni casi (misure 40020P131, e relativamente 40020P132) la curva HVSR mostra un andamento più o meno piatto corrispondente a situazioni litologiche caratterizzate dall'assenza di passaggi litologici netti nel sottosuolo.



9 - ANALISI DEI RISULTATI E RELATIVA CARTOGRAFIA

9.1 Introduzione

Come specificato negli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” Versione2.0”, tutti gli elaborati GIS sono stati georeferenziati nel sistema WGS84UTM33N, e sono stati redatti in scala 1:5000 e 1: 10.000.

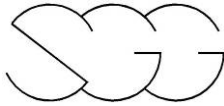
I progetti GIS sono stati realizzati utilizzando il software ArcMap v.10 della ESRI; gli shapefiles sono stati organizzati in geodatabase secondo quanto previsto dagli standard. Per ogni shapefile è stato comunque creato un file con estensione “.lyr” che permetterà la ricostruzione delle simbologie indipendentemente dalla versione di ArcMap utilizzata.

La topografia di base è stata fornita dalla committenza e, dopo le opportune modifiche, è stata inserita nella cartella denominata “Basi_Dati”

9.2 Carta geologico-tecnica

La carta geologico-tecnica rappresenta il documento di sintesi di tutti gli elementi geologici e geomorfologici che possono produrre modificazioni locali del moto sismico in superficie. In tale elaborato, redatto alla scala 1:5.000, sono state distinte le aree instabili con indicazione del grado di attività e della tipologia di movimento, i terreni di copertura e le aree caratterizzate dall'affioramento del substrato geologico. I terreni di copertura comprendono i depositi olocenici e pleistocenici, i depositi detritici di versante e di conoide.

TERRENI DI COPERTURA	
Unità di Modena	GM
Deposito alluvionale in evoluzione	GM
Subsistema di Ravenna	SP
Deposito di versante	fd (GM)
Conoide torrentizia in evoluzione	ca (GP)
Subsistema di Villa Verucchio	GM



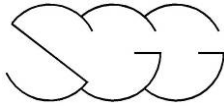
Deposito eluvio-colluviale	ec (GM)
Detrito di falda	fd (GP)
Subsistema di bazzano	GM
Deposito alluvionale in evoluzione fissato da vegetazione	GM
Travertini	Zz
Deposito antropico	RI

Il territorio del Comune di Mercato Saraceno è prevalentemente caratterizzato da un substrato geologico coincidente con la Formazione Marnoso-Arenacea (FMA) del Burdigaliano superiore-Tortoniano superiore. La Formazione marnoso-arenacea è un flysch, costituito da alternanze di arenarie e peliti torbiditiche e di subordinate marne emipelagiche, in cui talvolta si riscontrano anche livelli torbiditici carbonatici. Le sue successioni sono normalmente caratterizzate da pacchi di strati paralleli di enorme spessore e di grande estensione areale, in cui le arenarie, più o meno calcaree, si alternano ritmicamente a peliti e marne. In casi limite si hanno rocce quasi completamente arenacee oppure decisamente marnose.

Una parte subordinata del territorio si imposta su un substrato prevalentemente argilloso pliocenico.

Il substrato geologico talvolta non corrisponde con il substrato sismico ed è proprio per tale motivo che l'attribuzione geologico-tecnica, in diverse delle formazioni sotto riportate coincide con un substrato non rigido (NRS); tale assegnazione è legata al fatto che, nonostante queste formazioni costituiscono uno dei litotipi di base con caratteristiche geologiche da basamento, sono caratterizzate da velocità delle onde S Vs inferiori a 800 m/sec.

SUBSTRATO GEOLOGICO	
FCOa - Formazione a Colombacci - litofacies arenacea	ALS
FMA12a - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio - litofacies arenacea	ALS
FCOc - Formazione a Colombacci - litofacies pelitico-arenacea	ALS
FMA13 - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Fontanelice	ALS
FMA9a - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Civitella di Romagna - litofacies arenacea	ALS
FMA12b - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio - litofacies arenaceo-pelitica	ALS



GES - Formazione Gessoso Solifera	NRS
FMA13c - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Fontanelice - litofacies arenacea	ALS
FAA2p - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies pelitico-arenacea	ALS
SMN - Formazione di San Marino	LPS
FAA2e - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies a brecce di Santa Maria Riopetra	NRS
SNEa - Formazione di Monte Senario - litofacies arenacea	ALS
MLL - Formazione di Monte Morello	ALS
FCO - Formazione a Colombacci	NRS
FMA14 - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Borgo Tossignano	NRS
cl - Strato guida Colombaccio	NRS
FMA14a - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Borgo Tossignano - litofacies pelitico-arenacea	ALS
AVS - Argille Varicolori della Val Samoggia	NR
FCOb - Formazione a Colombacci - litofacies conglomeratica	NR
BABa - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-calcareo	NRS
BABd - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-argillosa	NRS
GHL - Formazione dei Ghioli di Letto	NRS
BABb - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-arenacea	ALS
FAA2ap - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies arenaceo-pelitica	ALS
gh - Olistoliti di GHL	NRS
FMA12c - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio - litofacies pelitico-arenacea	ALS
BABc - Formazione del Barbotto - litofacies arenacea	ALS
FMA9c - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Civitella di Romagna - litofacies pelitico-arenacea	ALS
TRP - Tripoli e Marne tripolacee	NRS
GHLa - Formazione dei Ghioli di Letto - litofacies pelitico-arenacea	ALS
CEA - Marne di Cella	NRS
GHLb - Formazione dei Ghioli di Letto - litofacies marnosa-tripolacea	ALS
FMA13b - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Fontanelice - litofacies pelitico-arenacea	ALS
ge - Olistoliti di GES	NRS
GHTar - Formazione di Tetto - litofacies arenacea	ALS
tf - Tufite	ALS
rc - Riempimenti di canali arenacei	ALS
lu - Calcari con Lucine	LPS
SIL - Formazione di Sillano	NRS
MFU - Formazione del Monte Fumaiolo	ALS
FMA12 - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio	ALS
GHT - Formazione di Tetto	NRS

FMA9d - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Civitella di Romagna - litofacies pelitica di Sarsina	NRS
FMA12d - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio - litofacies pelitica	NRS
FMA9 - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Civitella di Romagna	ALS
sl - Orizzonti caotici intraformazionali	NRS
FAA - Argille Azzurre	NRS
co - Strato Colombara	ALS
AQV - Formazione di Acquaviva	ALS
AQVg - Formazione di Acquaviva - litofacies conglomeratica	NR
GHTd - Formazione di Tetto - litofacies di Pieve Rivoschio	NR

Legenda

Terreni di copertura

	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita

Substrato geologico

	NR	Substrato geologico non rigido
	ALS	Alternanza di litotipi stratificato
	NRS	Substrato geologico non rigido stratificato

Instabilità di versante

	Crollo o ribaltamento - attiva
	Scorrimento - attiva
	Colamento - attiva
	Complessa - attiva
	Non definito - attiva
	Scorrimento - quiescente
	Colamento - quiescente
	Complessa - quiescente
	Non definito - quiescente

Forme di superficie e sepolte

	Conoide alluvionali
	Falda detritica

Faglie attive e capaci

	Trascorrente/obliqua (certa)
	Trascorrente/obliqua (presunta)

Elementi lineari

	Orlo di terrazzo fluviale
	Traccia di sinclinale
	Traccia di anticlinale
	Traccia della sezione geologica

Faglie non attive

	Diretta/contatto tettonico (certa)
	Diretta/contatto tettonico (presunta)
	Inversa (certa)
	Trascorrente/obliqua/sovrascorrimento (certa)
	Trascorrente/obliqua/sovrascorrimento (presunta)

Elementi geologici e idrogeologici

	Giacitura strati	Giacitura strati
	21	Profondità (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo
	22	Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido

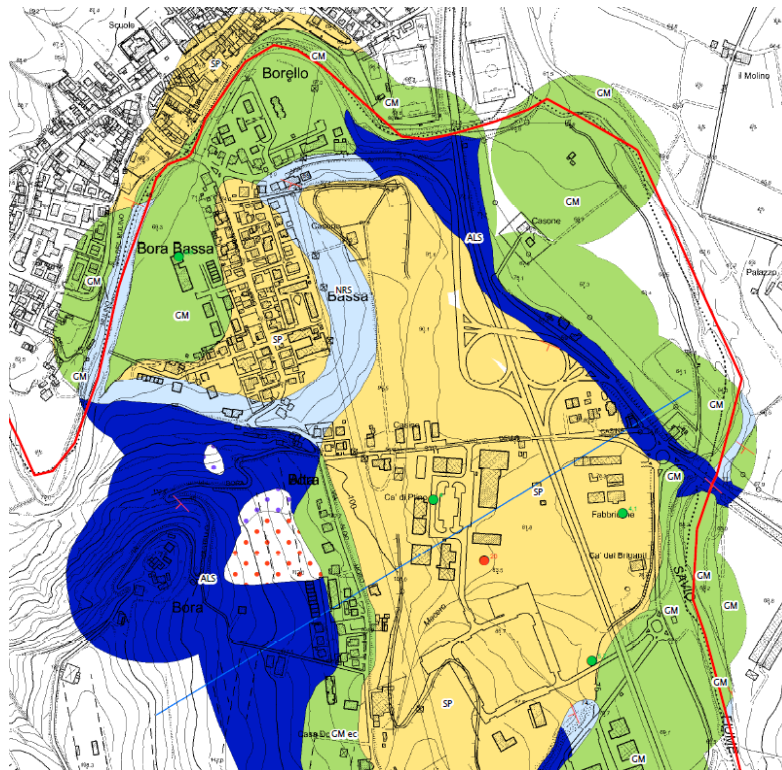


Figura 17 – Legenda ed estratto della Carta Geologico-tecnica

Le sezioni riportate in tale cartografia sono alla scala 1:2.500.

9.3 Carta delle frequenze

I risultati delle prove HVSR basate su registrazioni del rumore di fondo vengono sintetizzati nella Carta delle Frequenze.

Per ciascun sito di misura identificato dalla denominazione HVSR e da un numero progressivo, si riportano i valori delle frequenze di risonanza associate a picchi significativi della curva HVSR.

Con la denominazione F_0 (frequenza di risonanza fondamentale) sono state identificate le frequenze associate al picco principale della curva HVSR.



Nel caso in cui la curva HVSR abbia evidenziato un ulteriore picco significativo, questa frequenza di risonanza è stata identificata con la denominazione F_1 .

Per ciascuna prova tromografica, si riporta la frequenza di risonanza F_0 con relativa ampiezza del picco della curva HVSR e, quando presente, la frequenza di risonanza F_1 .

Misura HVSR	F0 (Hz)	Ampiezza	F1 (Hz)
40020P103	6,25	>3	9,50
40020P104	7,31	<3	
40020P105	2,50	<3	
40020P106	4,56	>3	2,50
40020P107	4,81	>3	
40020P108	2,88	>3	
40020P109	2,31	>3	
40020P125	7,16	>3	
40020P126	5,94	>3	
40020P127	3,09	>3	2,2
40020P128	4,16	>3	3,1
40020P129	3,97	>3	
40020P130	13,13	<3	
40020P131	assente	/	
40020P132	5,94	<3	
40020P110	2,44	<3	
40020P111	7,50	<3	
40020P112	6,88	>3	
40020P113	6,88	>3	
40020P114	assente	/	
40020P115	10,00	>3	
40020P116	11,88	>3	
40020P117	2,38	>3	
40020P118	2,88	<3	
40020P119	2,80	>3	
40020P120	4,00	<3	
40020P121	6,20	>3	2,50
40020P122	8,75	>3	

40020P123	10,81	>3	
40020P124	assente	/	
40020P035	assente	/	
40020P076	assente	/	
40020P102	assente	/	

Come già ricordato, i risultati delle prove HVSr basate su registrazioni del rumore di fondo vengono sintetizzati nella Carta delle Frequenze. Questo elaborato, così come tutti gli altri, vengono presentati sia in formato pdf che in formato vettoriale (shapefile).

Nella Carta delle Frequenze, redatta alla scala 1:10.000, sono stati riportati tutti i punti di misura con una simbologia tale da evidenziare i diversi valori delle frequenze di risonanza, espressa in Hz, e le relative ampiezze dei picchi.

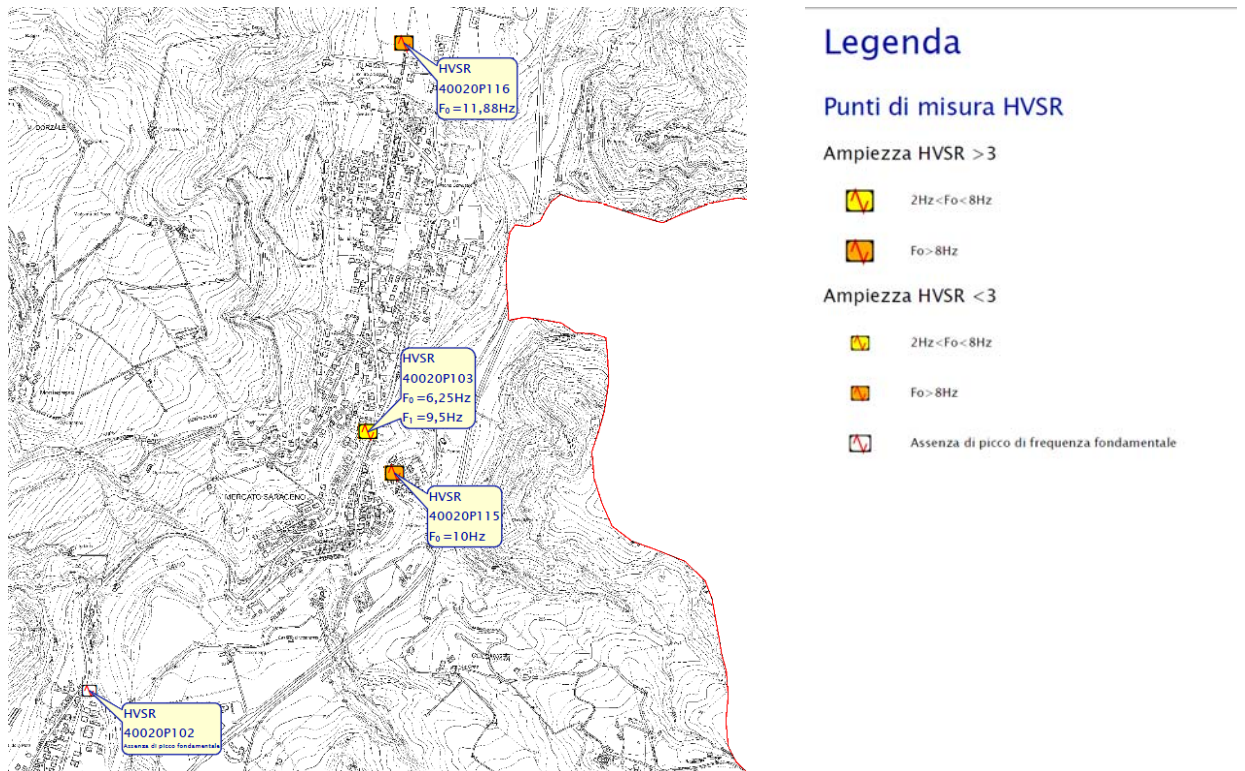
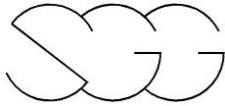


Figura 18 – Estratto e legenda della Carta delle frequenze



I differenti colori indicano l'intervallo di frequenza in cui ricade il punto di misura; la dimensione del simbolo indica l'ampiezza del picco. Nel caso in cui sia presente una seconda frequenza di risonanza oltre al valore di F_0 , è stato riportato anche il valore di F_1 .


9.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Questa cartografia rappresenta il documento fondamentale del livello 1 di microzonazione. In tale elaborato, redatto alla scala 1:5.000, sono individuate le aree omogenee dal punto di vista sismico e per le quali dovranno essere effettuate le indagini in applicazione al II° livello di microzonazione. Nell'intero territorio comunale sono presenti delle "zone stabili", delle "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali" e delle "zone suscettibili di instabilità".


Tutte le aree omogenee in cui è stato suddiviso il territorio comunale cartografato sono evidenziate nella successiva legenda.

Legenda

Zone stabili

 Alternanze di litotipi

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 Zona 1

 Zona 2

 Zona 3

 Zona 4


 Zona 5


 Zona 6


 Zona 7

 Zona 8


Zone suscettibili di instabilità

 Instabilità di versante: Attiva; 3011

 Instabilità di versante: Quiescente; 3031


 Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci


Forme di superficie e sepolte

 Conoide alluvionali


 Falda detritica

Faglie attive e capaci

 Trascorrente/obliqua (certa)

 Trascorrente/obliqua (presunta)

Altri elementi lineari

 Orlo di terrazzo fluviale


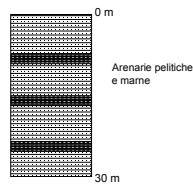
 Traccia di sezione topografica

Figura 19 – Legenda della Carta MOPS

Ognuna delle aree in cui è stato suddiviso il territorio e riportate nella soprastante legenda fanno riferimento ad una successione stratigrafica tipo che viene riportata di seguito.

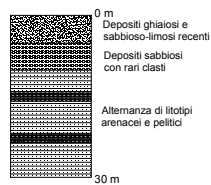
ZONE STABILI

 Alternanza di litotipi stratificati

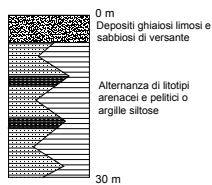


ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

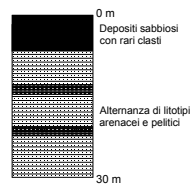
 Zona 1



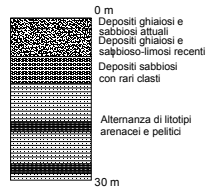
 Zona 2



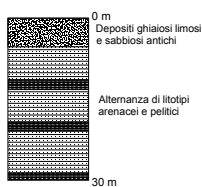
 Zona 3



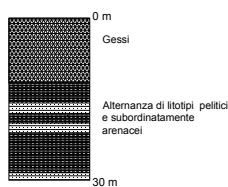
 Zona 4



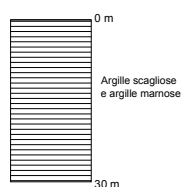
 Zona 5



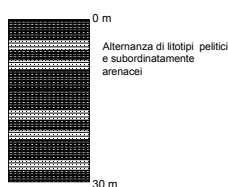
 Zona 6



 Zona 7



 Zona 8



Le limitate zone stabili lasciano uno spazio prevalente alle zone stabili suscettibili ad amplificazione; le zone suscettibili di instabilità sono

riconducibili a frane attive ed a frane quiescenti.

Tra le zone stabili suscettibili di amplificazione locale le zona 3, 2 ed in maniera subordinata la zona 1, sono le prevalenti delle varie zone di fondo valle relativamente pianeggianti. Negli altri settori la zona stabile suscettibile di amplificazione 8 rappresenta la maggioranza delle aree cartografate.

9.5 Carta della velocità delle onde di taglio S (Vs)

L'esecuzione della nuova campagna di indagini consistenti in 7 prove sismiche MASW e 8 misure HVSR, insieme alle altre indagini sismiche esistenti hanno permesso, per le verticali indagate, la ricostruzione della velocità delle onde S (Vs) con il variare della profondità.

Le curve HVSR caratterizzate da picchi chiari e netti sono stati utilizzate ai fini della definizione del profilo di Vs, attraverso il processo di inversione implementato nel software GRILLA, esclusivamente nelle aree del territorio comunale non coperte da altre indagini sismiche.

In appendice sono riportati i risultati delle prove MASW e delle misure HVSR utilizzate ai fini della definizione del profilo verticale di Vs.

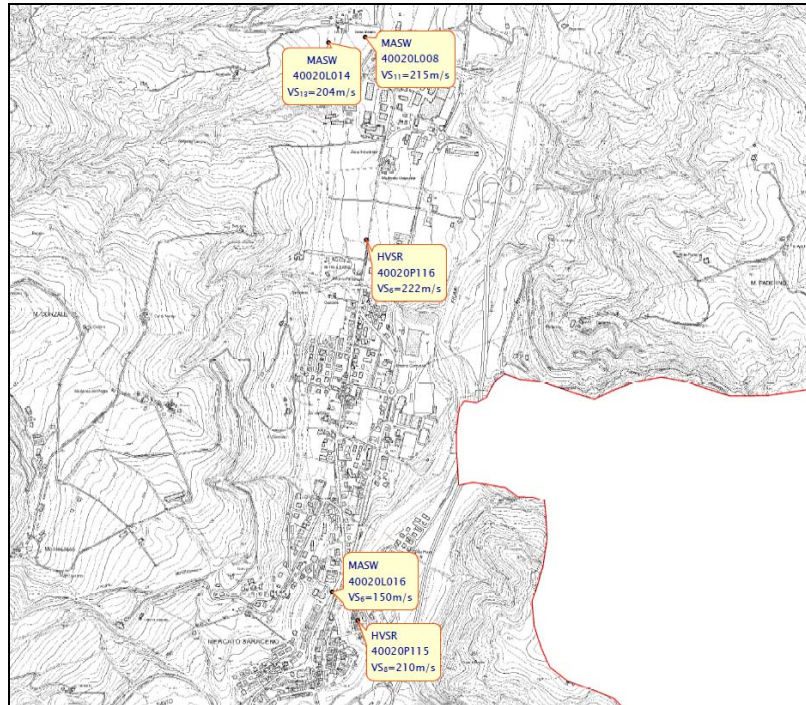
Non essendo la Carta delle velocità delle onde di taglio (Vs) prevista nelle specifiche redatte dalla Protezione Civile, si è cercato di creare una struttura del database che fosse omogenea con gli standard nazionali.

Nella Carta della velocità delle onde S viene riportata, per ogni prova sismica il valore del V_{s30} nel caso in cui non ci siano contrasti di impedenza significativi (substrato profondo) o il valore di V_{sH} dove H è lo spessore della copertura posta al di sopra del substrato.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con i risultati delle prove sismiche, espressi in termini di V_{s30} o di V_{sH} .



Indagine	Tipologia indagine	Vs
40020L009	masw	Vs11 = 309
40020L010	masw	Vs12 = 154
40020L011	masw	Vs30 = 298
40020L012	masw	Vs15 = 243
40020L013	masw	Vs10 = 214
40020L014	masw	Vs13 = 204
40020L015	masw	Vs10 = 232
40020L004	masw	Vs4 = 200
40020L006	masw	Vs7 = 200
40020L008	masw	Vs11 = 215
40020L016	masw	Vs6 = 150
40020L017	masw	Vs17 = 255
40020L018	masw	Vs40 = 356
40020P130	HVSR	Vs4 = 171
40020P102	HVSR	Vs30 = 533
40020P104	HVSR	Vs19 = 321
40020P106	HVSR	Vs20 = 242
40020P108	HVSR	Vs26 = 255
40020P109	HVSR	Vs35 = 292
40020P110	HVSR	Vs40 = 350
40020P112	HVSR	Vs10 = 221
40020P113	HVSR	Vs10 = 206
40020P114	HVSR	Vs5 = 200
40020P115	HVSR	Vs8 = 210
40020P116	HVSR	Vs6 = 222
40020P117	HVSR	Vs30 = 300
40020P118	HVSR	Vs40 = 309



Legenda

- Punto di misura delle VS con indicazione del tipo di indagine, del codice identificativo e del valore della velocità riferito alla profondità del substrato

Figura 20 – Estratto e legenda della Carta della velocità delle onde di taglio S

10 - DETERMINAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA

Il calcolo dell'amplificazione sismica ed in particolare dei fattori di amplificazione, sono stati effettuati secondo quanto stabilito nell'Atto di Indirizzo e Coordinamento Tecnico n. 112/2007, ovvero utilizzando le metodologie concordate dal servizio preposto dalla Regione Emilia Romagna.

Per la determinazione dei fattori di amplificazione sono state utilizzate le tabelle dell'allegato A2 contenute nell'atto sopra citato, facendo riferimento ai valori riferiti all'ambito "APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO" di seguito riportate.

Appennino e Margine Appenninico – Padano

In caso di substrato caratterizzato da $V_s < 800$ m/s

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

In caso di substrato affiorante caratterizzato da $V_s < 800$ m/s

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

F.A. P.G.A.

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0

Per le varie prove sismiche, conoscendo la stratigrafia puntuale, è stato scelto caso per caso il valore di V_{sH} o di V_{s30} . Utilizzando le tabelle relative all'ambito individuato è possibile trovare il valore del fattore di amplificazione, al variare della V_s che può essere relativa ad un preciso spessore H (V_{sH}) o ai primi 30 metri di profondità (V_{s30}).

11 - CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO (FATTORE DI AMPLIFICAZIONE)

L'elaborato conclusivo dello studio di microzonazione sismica di II° livello del comune di Mercato Saraceno, è costituito dalla realizzazione delle carte dei *fattori di amplificazione* espressi sia in termini di P.G.A. sia in termini di Intensità di Housner.

La definizione dei fattori di amplificazione sismica è stata eseguita mediante l'applicazione delle tabelle in funzione dei valori di V_{sH} e V_{s30} ottenuti elaborando i dati delle prove sismiche (MASW, HVSR). Questi fattori sono stati espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia in termini di Intensità di spettrale per intervalli di tempo compresi tra $0.1s < T_0 < 0.5s$ e $0.5s < T_0 < 1.0s$.

Il risultato finale è costituito pertanto nella produzione di tre carte di microzonazione, dove tramite campitura in colori diversi, è stata attribuita a ciascuna porzione di territorio comunale urbanizzato ed urbanizzabile il valore del fattore di amplificazione locale.

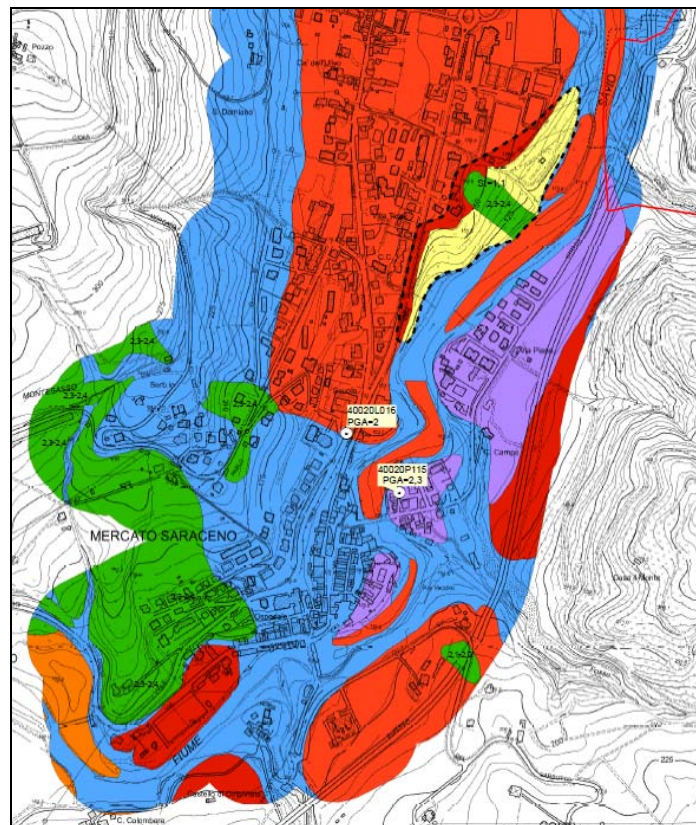
L'attribuzione dei fattori di amplificazione è stato effettuato sulla base delle microzone omogenee in prospettiva sismica individuate nel primo livello di approfondimento, attraverso i valori derivati dalle indagini puntuali. Sono stati valutati statisticamente i valori di FA per le diverse zone omogenee, preferendo per l'attribuzione il criterio della distanza rispetto a quello della media del valore; nei casi in cui non si aveva uno specifico valore per una certa area, l'attribuzione è stata determinata in riferimento alla corrispondente zona omogenea ed in particolare riferendosi alle zone con caratteristiche di successione stratigrafica e di dimensione simili a quella in esame.

Nella successiva tabella sono riportati i fattori di amplificazione, in coincidenza delle varie prove, per la PGA e per i due intervalli di intensità spettrale ($0,1s < T_0 < 0,5s$) e ($0,5s < T_0 < 1,0s$).




Indagine	PGA	0,1<To< 0,5	0,5<To< 1,0
40020L009	1,8	1,7	1,4
40020L010	2,3	2,2	1,6
40020L011	2,0	2,3	2,4
40020L012	2,2	2,2	1,7
40020L013	2,3	2,2	1,6
40020L014	2,5	2,6	1,9
40020L015	2,0	1,9	1,5
40020L004	2,0	1,7	1,4
40020L006	2,0	1,7	1,4
40020L008	2,3	2,2	1,6
40020L016	2,0	1,7	1,4
40020L017	2,2	2,2	1,7
40020L018	1,8	2,3	2,3
40020P130	2,0	1,7	1,4
40020P102	1,5	1,6	1,4
40020P104	2,1	2,2	1,7
40020P106	2,2	2,5	1,9
40020P108	2,0	2,4	2,1
40020P109	2,0	2,3	2,7
40020P110	1,8	2,3	2,3
40020P112	2,3	2,2	1,6
40020P113	2,0	1,8	1,0
40020P114	1,0	1,0	1,0
40020P115	2,3	2,2	1,6
40020P116	2,0	1,7	1,4
40020P117	2,0	2,3	2,4
40020P118	2,0	2,3	2,8

L'elaborazione di tali valori ha permesso la redazione delle carte tematiche nelle quali si evidenzia il fattore di amplificazione a cui è soggetta una determinata porzione di territorio. Nel caso specifico, di seguito, viene riportata la legenda utilizzata nella carta di microzonazione sismica Livello 2 (F_{aPGA}) (fig. 21).




Legenda

Zone stabili

 Zone stabili ($F_{PGA}=1,0$)

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (F_{PGA})

 1,1 - 1,2

 1,3 - 1,4

 1,5 - 1,6


 1,7 - 1,8

 1,9 - 2,0


 2,1 - 2,2


 2,3 - 2,4


 2,5 - 2,6

 Zone suscettibili ad amplificazione topografica con relativo fattore S_t

Zone suscettibili di instabilità

 Instabilità di versante e relativo valore di amplificazione locale

 Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci

 Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti


 Indagine di sito con relativo fattore di amplificazione derivato

Figura 21: Estratto e legenda della Carta del fattore di amplificazione PGA

12 - TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

12.1 Introduzione ed inquadramento area

Secondo le normative vigenti ed in riferimento agli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica”, gli approfondimenti di terzo livello riguardano le zone soggette ad un carico urbanistico e che sono state identificate nel livello precedente come “zone suscettibili di instabilità”. Nel caso specifico del comune in esame, interessano particolarmente le aree instabili o potenzialmente instabili.

Per l’approfondimento del terzo livello, in accordo con l’Amministrazione comunale, è stata scelta in’area ubicata a monte del centro storico di Mercato in prossimità della Via P. Neruda.

Tale area, così come evidenziato nella figura sottostante, coincide con una frana quiescente che partendo dai rilievi adiacenti arriva ad interessare l’abitato di Mercato e la S.P. 138.

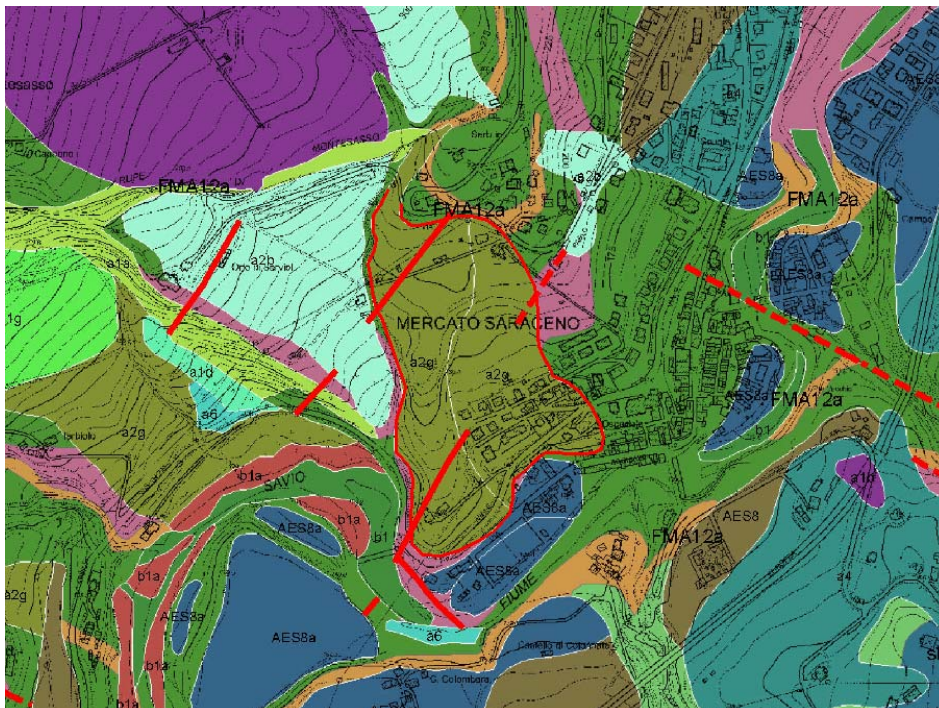


Figura 22: Estratto della Carta Geologica Regione Emilia Romagna

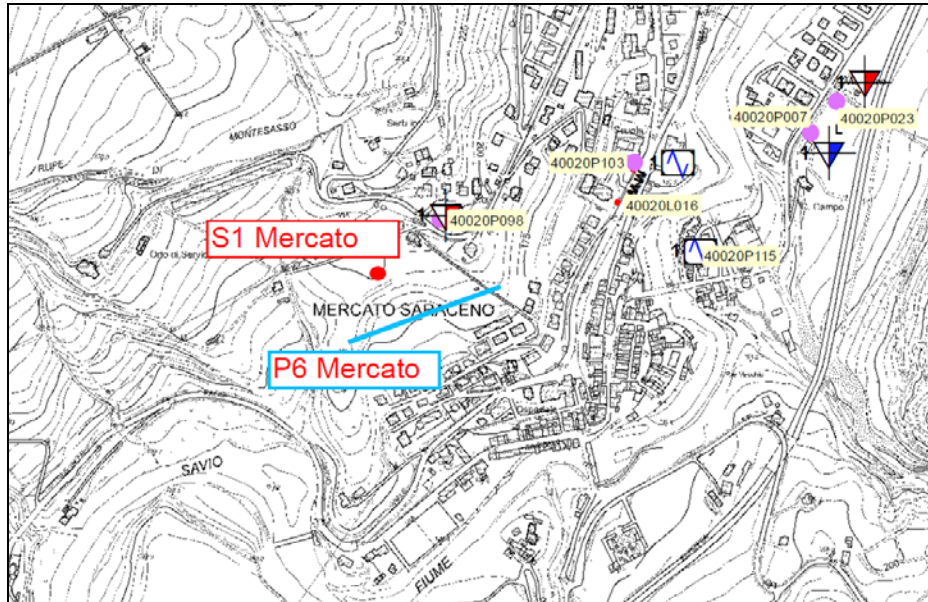
12.2 Indagini integrative per il III° livello

Per poter eseguire gli approfondimenti richiesti, oltre alle indagini raccolte ed a quelle eseguite nell'ambito dei precedenti livelli, sono state eseguite delle ulteriori indagini.



Figura 23: Sonda posizionata per l'esecuzione del sondaggio geognostico

In particolare è stato eseguito un profilo sismico di 240 m (P6 Mercato), ubicato sulla frana ed un sondaggio geognostico utile per la ricostruzione stratigrafica e per il prelievo dei campioni da sottoporre a specifiche prove di laboratorio. In contemporanea al profilo sismico è stata eseguita una prova MASW ed una misura HVSR eseguita al centro del profilo stesso.



Profilo sismico

● Sondaggio geognostico

Figura 24: Estratto della Carta delle indagini comprensiva delle indagini integrative per il III° livello

Il prove sismiche integrative hanno permesso di evidenziare meglio le caratteristiche della frana quiescente. E' stato perciò individuato un passaggio tra la parte potenzialmente instabile ed i livelli sottostanti stabili posto ad una profondità tra i 8 e 10 metri, come risulta evidente dal profilo sotto riportato.

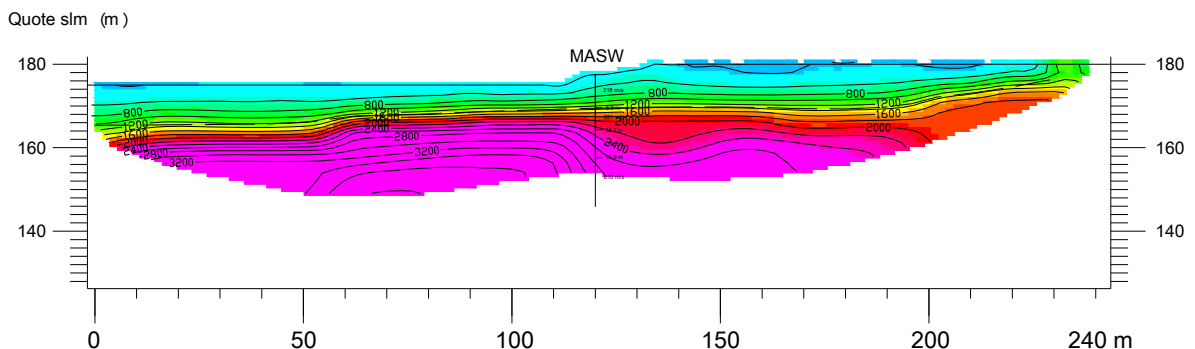


Figura 25: Profilo sismico (P6 Mercato Saraceno) eseguito a monte del centro storico

12.3 Dati di base

In riferimento alla Delibera dell'Assemblea Leg. dell'Emilia Romagna n°112 ed ogg. n°3121 del 2 maggio 2007, con attenzione all'allegato A4, l'analisi di risposta sismica locale di terzo livello e' stata svolta impiegando:

- il valore di a_{refg} assegnato al Comune di Mercato Saraceno dalla Regione Emilia Romagna pari a 0.195 g;
- lo spettro di risposta al bedrock normalizzato per un periodo di ritorno di anni 475 (con smorzamento del 5%) per l'Emilia Romagna (fig.26) e lo spettro di risposta a probabilità uniforme per il Comune di Mercato Saraceno (fig.27);
- i fattori di amplificazione sismica relativi al caso di Appennino e margine appenninico padano con un substrato caratterizzato da $V_s < 800$ m/sec con V_sH pari a 400 m/sec ed un valore H pari a m 20;
- i n.3 accelerogrammi di riferimento, assegnati al Comune di Mercato Saraceno dagli atti di indirizzo della Regione Emilia Romagna.

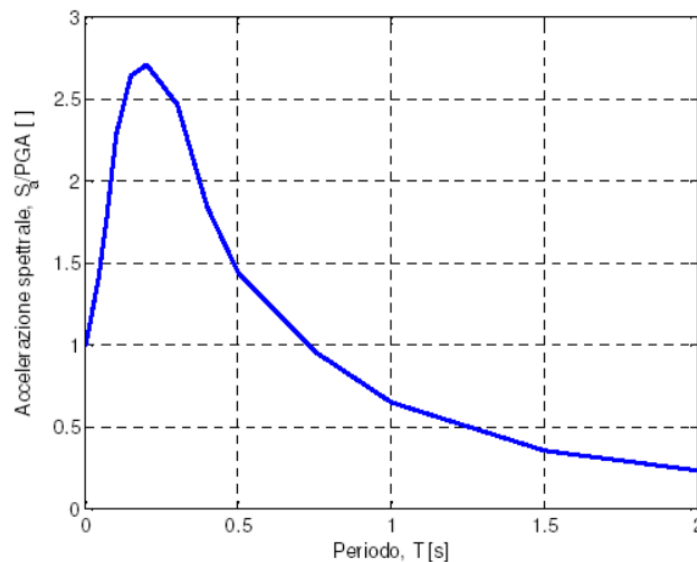


Fig.26: Spettro di risposta normalizzato ($T_r = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia Romagna

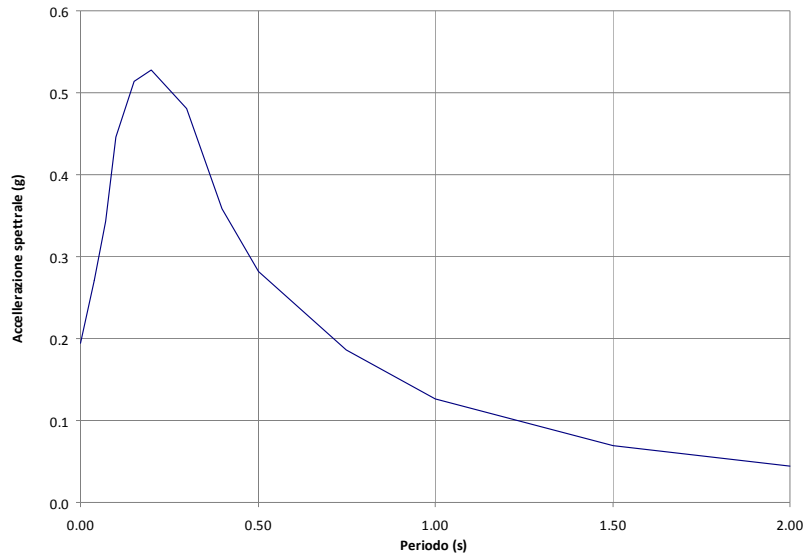
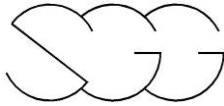


Fig.27: Spettro di risposta a probabilità uniforme ($T_r = 475$ anni, smorzamento = 5%) per il Comune di Mercato Saraceno

In riferimento all'allegato A2 della Delibera n°112, la valutazione dei fattori di amplificazione sismica a livello II di approfondimento risulta definito dallo scenario previsto per “APPENNINO e MARGINE APPENNINICO-PADANO”, nel caso di substrato marino caratterizzato da una V_s minore di 800 m/sec ed indicato dalle seguenti tabellazioni:

**F.A. P.G.A.**

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

dove nel caso in esame ricorre la condizione $V_{sH} = 400$ m/sec ed H media = m 20.

I fattori di amplificazione del caso sono pertanto indicati, nella fase di primo approfondimento della risposta sismica di sito, in

FA (PGA) = 1.7

FA IS (0.1-0.5 sec) = 1.7

FA IS (0.5-1.0 sec) = 1.4

Per quanto attiene l'analisi di livello superiore, l'analisi di risposta sismica locale è stata eseguita tramite modellazioni numeriche che simulano il

processo di propagazione delle onde sismiche attraverso il substrato ed i depositi superficiali.

L'analisi adottata è del tipo lineare equivalente ed è stata eseguita con il codice di calcolo Shake 91, tramite il software EERA (Equivalent-linear Earthquake Response Analysis), nel quale la procedura iterativa impiegata simula il comportamento non lineare del terreno.

Il codice calcola la risposta di un terreno stratificato composto da strati piano paralleli sovrapposti ad un semispazio uniforme.

Il comportamento dinamico dei terreni del modello geofisico di riferimento viene descritto dalla relazione sforzi / deformazioni di tipo isteretico in un modello lineare equivalente espresso dalla coppia di parametri modulo di taglio (Shear Modulus) e smorzamento (Damping Ratio) espressa in funzione dello stato tensionale del suolo.

Nel caso in esame la stratigrafia di riferimento è composta dalle differenti litologie delle "Formazione marnoso arenacea", e distinte nelle seguenti litofacies:

- a) materiale in frana costituito da sabbie limose fino a 2,5m e limi sabbiosi con blocchi arenacei fino a profondità di 8,5 m
- b) Alternanza di livelli argillosi con subordinate sabbie e torba, e di livelli limoso sabbiosi con inclusi arenacei fino a profondità di circa 20 m
- c) Substrato Marnoso arenaceo

Dal punto di vista litotecnico, nella profondità' di interesse per la Microzonazione Sismica, il comportamento dinamico del terreno è stato descritto tramite le seguenti curve di degrado/smorzamento.

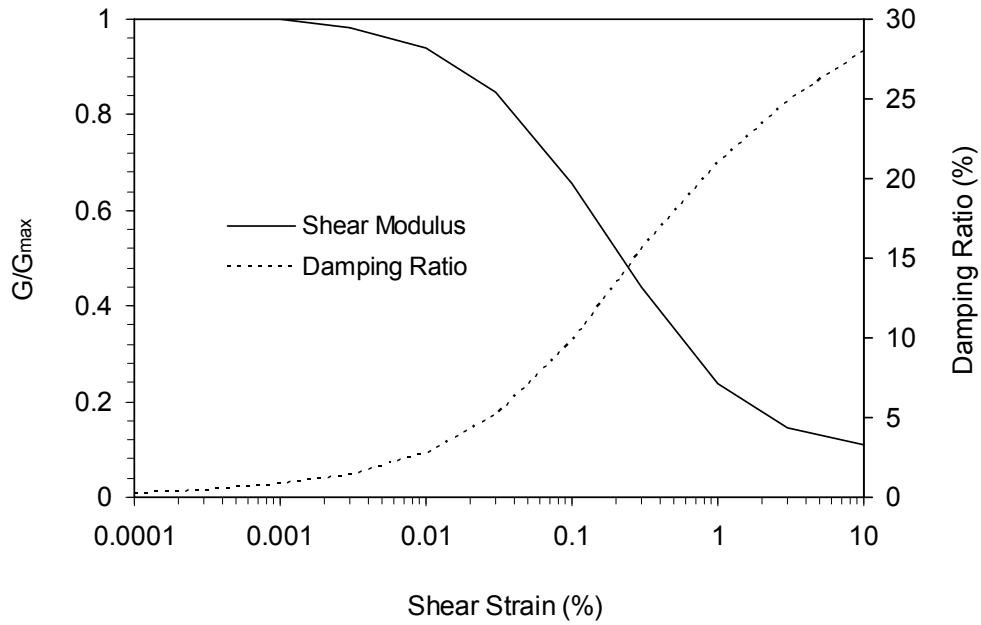


Figura 28: Curve di degrado e smorzamento per argille (Seed and Sun, 1989)

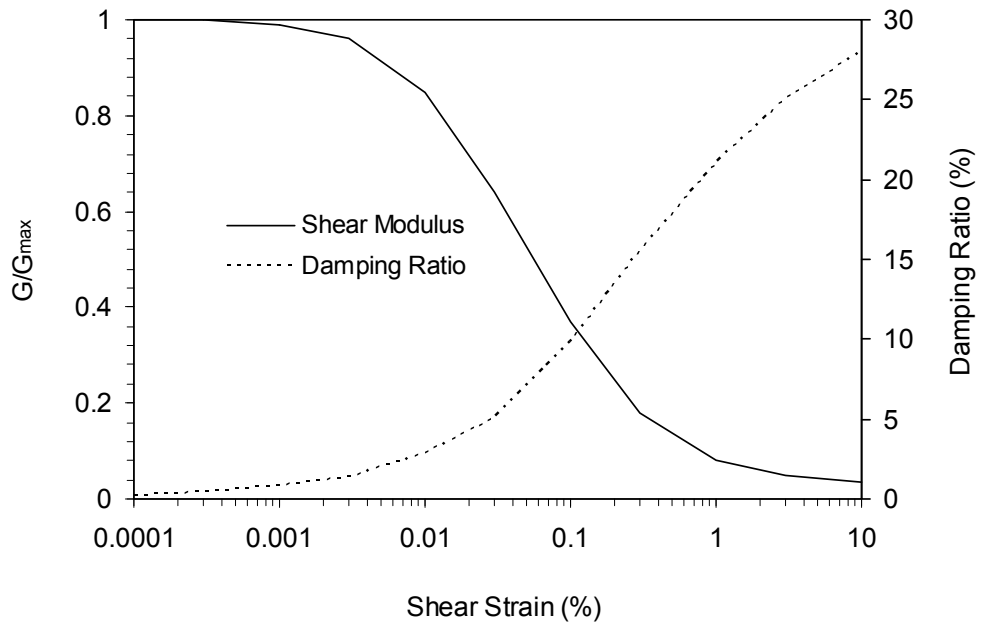


Figura 29: Curve di degrado e smorzamento per sabbie (Seed and Idriss, 1970 mod 1990)

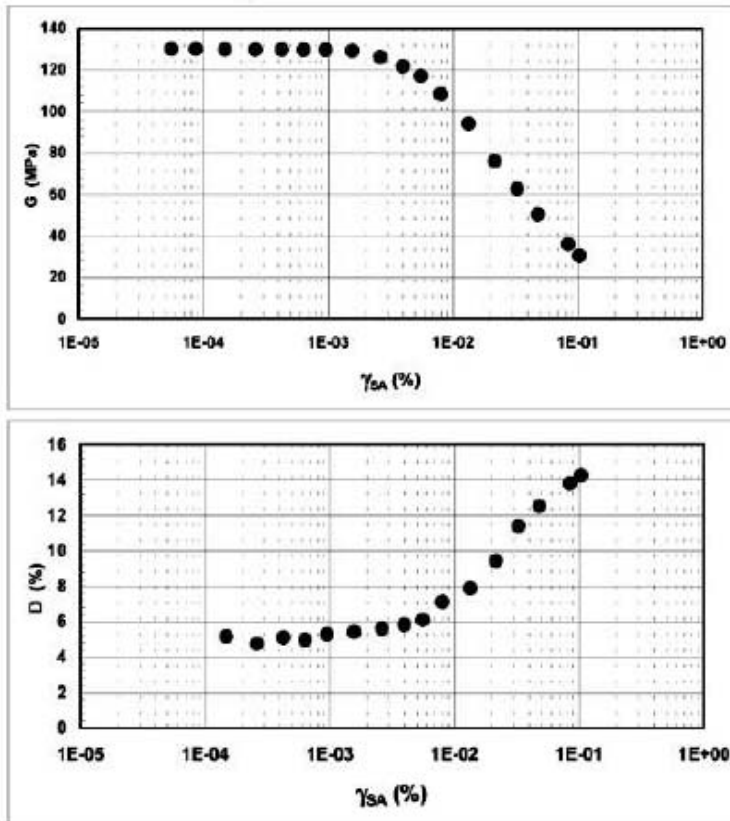
rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/09/05	Angeloni	Airoldi

Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
 N° certificato di prova:
 N° verbale di accettazione: 94/2005

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	STIA (AR)
Sondaggio:	51'
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	1.80 - 1.90
Prova:	RC
Provino:	1
Data prova:	08/09/05

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati di prova										Informazioni generali	
ϕ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	tipo di provino	
mm	mm	kN/m ³	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m ³	%	-	metodo di preparazione	
50.00	96.00	20.17	17.3	0.540	120.0	120.0	1.0	300.0	0.48	50.00	96.00	20.61	19.8	0.540	superficie di appoggio	PIETRA POROSA
															eccitazione	TORSIONALE



Legenda:
 ϕ = diametro del provino
 H = altezza del provino
 γ_w = peso di volume umido
 w = contenuto d'acqua
 e = indice dei vuoti
 σ' = tensioni efficaci
 K = σ'_r / σ'_a
 B.P. = back pressure
 B = coefficiente di Skempton
 G = Modulo di taglio
 γ_{SA} = deformazioni di taglio in singola empiezza
 D = Rapporto di smorzamento di taglio
 Subscritto 'a' = assiale
 Subscritto 'r' = radiale

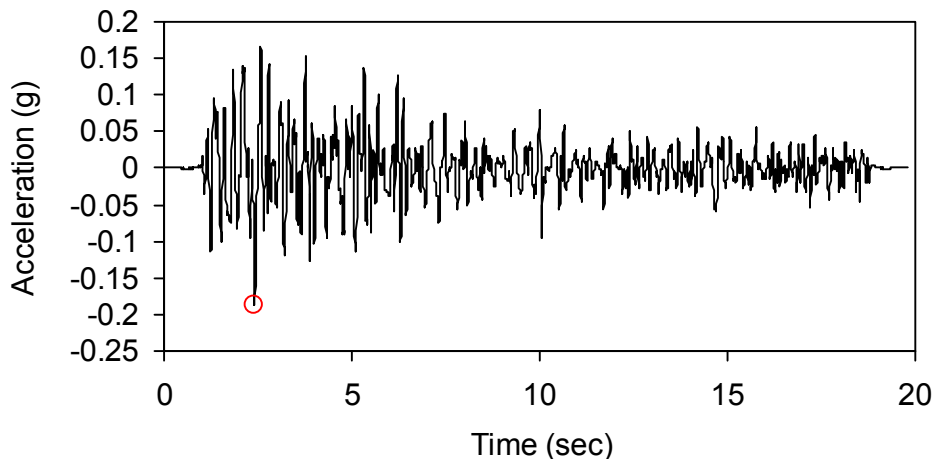
Figura 30: Curve di degrado e smorzamento disponibili da Progetto VEL. Sondaggio S1 Comune di Stia. Campione costituito da sabbia eterogenea con ghiaia

Il moto di input, che viene assegnato al tetto del semispazio che rappresenta il substrato di riferimento, e' rappresentato da onde S incidenti verticalmente, ed e' applicato alla profondita' alla quale, in relazione al gradiente di velocita' del locale substrato, si raggiunge il valore di velocita' delle onde S di 800 m/sec.

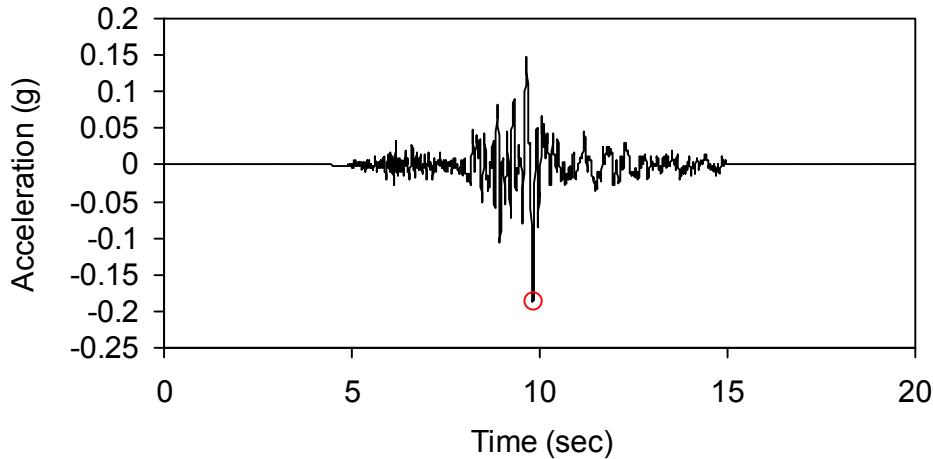
Di seguito si riportano i segnali di riferimento per il comune di Mercato Saraceno ovvero i 3 accelerogrammi selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database " attraverso una procedura che valuta la similarita' tra una forma spettrale di riferimento e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ISESD. I segnali di riferimento vengono forniti dalla Regione Emilia Romagna, gia' scalati per il comune di riferimento, all'indirizzo

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/gli-indirizzi-per-gli-studi-di-microzonazione-sismica-in-emilia-romagna-per-la-pianificazione-territoriale-e-urbanistica>.

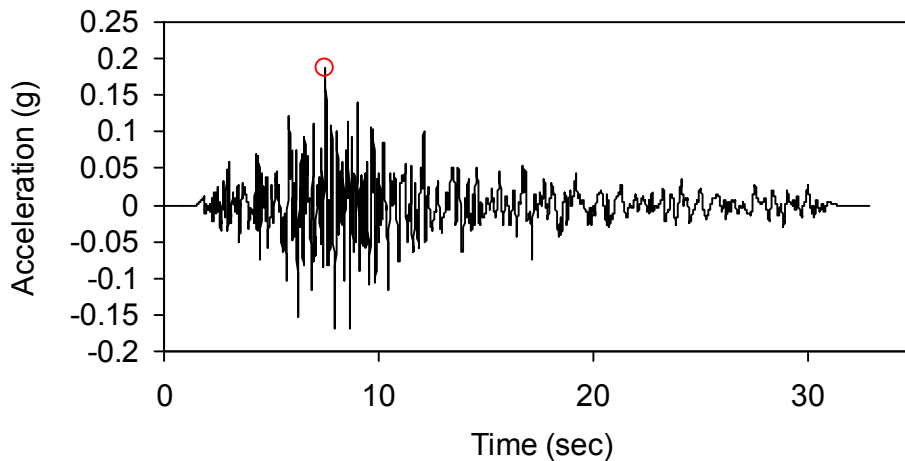
000046xa_040020MercatoSaraceno



000126xa_040020MercatoSaraceno

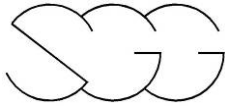


000354xa_040020MercatoSaraceno



12.4 Analisi di risposta sismica locale

L'analisi di risposta sismica locale, intesa a definire il fattore di amplificazione relativo all'area in esame ed accertare eventuali condizioni di criticità, e' stata condotta mediante l'impiego del codice Shake-91, applicando alla profondità' alla quale il bedrock sismico raggiunge il valore di velocità' delle onde S di 800 m/sec, il moto di riferimento rappresentato dai 3 accelerogrammi assegnati al Comune di Mercato Saraceno.



Il modello sismo-stratigrafico di riferimento per la verifica della risposta sismica locale, derivato dalle indagini eseguite e coerenti tra loro, risulta definito come segue:

Fundamental period (s) = 0.19
Average shear wave velocity (m/sec) = 419.25
Total number of sublayers = 6

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	2	2.5	124.24		19.50	250			1.3	24.38
	2	4	6.0	208.77		20.00	320			5.5	108.75
	3	1	2.5	639.35		20.00	560			9.8	193.75
	4	4	3.0	685.83		20.00	580			12.5	248.75
	5	1	6.0	412.84		20.00	450			17.0	338.75
Bedrock	6	3		1471.38		22.00	810	Outcrop		20.0	398.75

Lo spettro di risposta al sito e' stato confrontato con quello derivato dal II° livello di approfondimento, al fine di analizzare le differenze tra la risposta di un modello semplificato con quello di dettaglio indicato per il sito in esame.

Lo sforzo e la deformazione degli strati, restituita dalla funzione di trasferimento per ogni layer e sublayer in cui e' stato discretizzato il sottosuolo dalla quota dell'input del moto sismico alla superficie, e' stata analizzata alla quota del piano campagna, e rapportata a quella di un modello con substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, al fine di definire il fattore di amplificazione determinato dalla particolare successione stratigrafica del sottosuolo dell'area di studio.

Lo spettro di risposta sismica locale medio è stato determinato quale valore medio di quelli calcolati in riferimento a ciascuno degli accelerogrammi assegnati al Comune, e raffrontato a quello relativo al medesimo scenario di sito proposto con l'analisi di secondo livello.

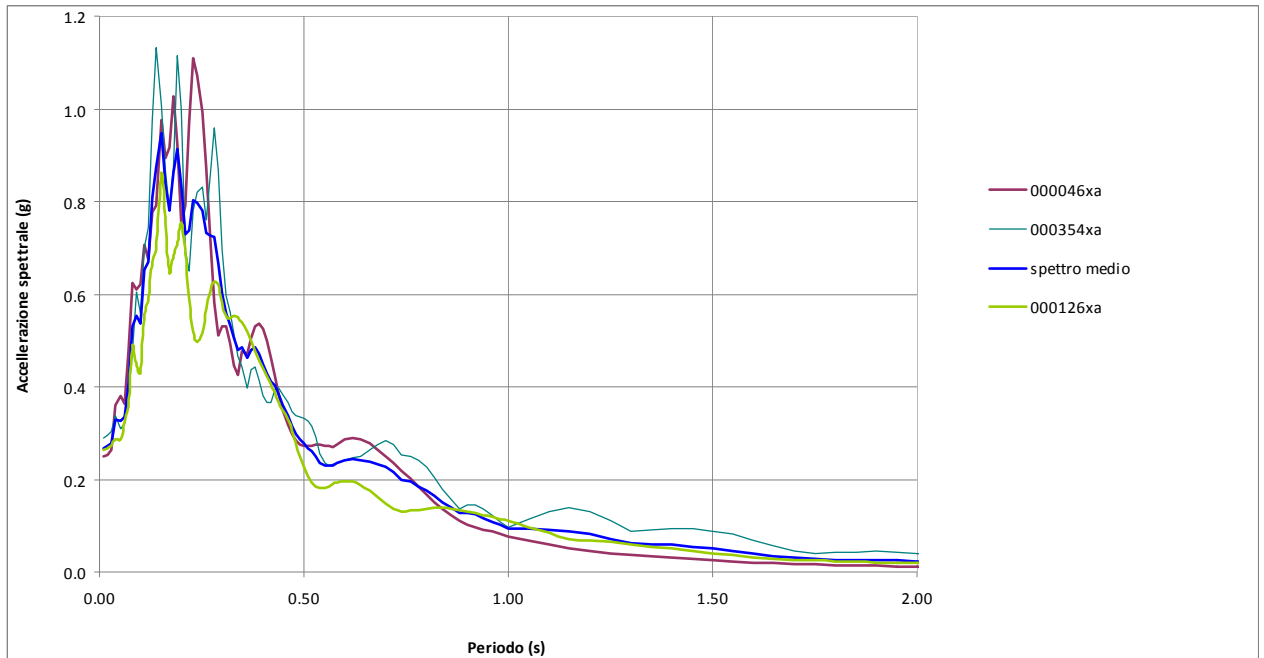


Figura 31: Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Mercato Saraceno (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio

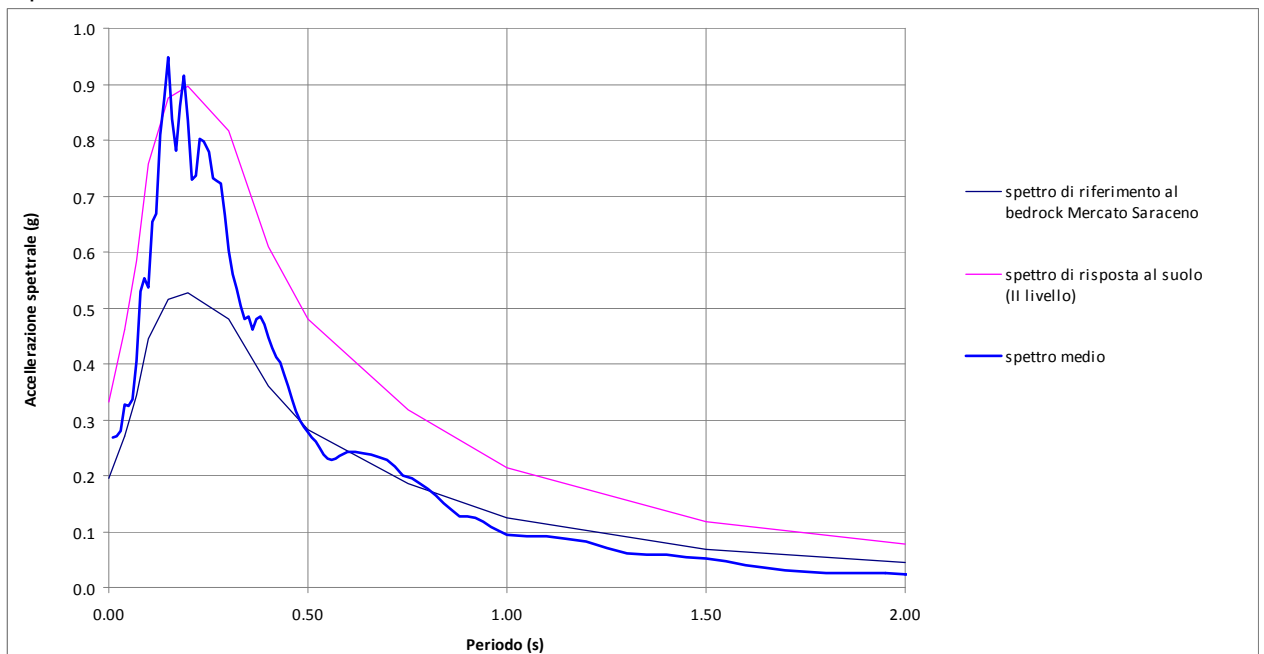
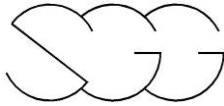


Figura 32: Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall' analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Mercato Saraceno e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento



L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **0.948 g** al periodo di 0.15 sec, localmente più' elevato del massimo relativo allo scenario di analisi di secondo livello, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di a_{g_0} di **0.268 g**.

Lo spettro di risposta del moto atteso al piano campagna, mediato su quelli derivati da ciascuno dei n.3 accelerogrammi di input, costituisce lo spettro di riferimento derivato dall' analisi di risposta locale, che rapportato allo spettro determinato nelle medesime condizioni di sollecitazione dinamica per un substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, consente di indicare, nei rapporti caratteristici, i fattori di amplificazione al sito.

In particolare si tabellano i rapporti caratteristici di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) al p.c., e di Intensità spettrale di Housner (SI/SI0), negli intervalli di periodo di sec 0.1-0.5 e sec 0.5-1.0.

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,1-0,5s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	1052.08	713.22	1.48
000126xa	918.33	660.65	1.39
000354xa	1057.28	720.74	1.47
		media	1.44

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	614.95	549.61	1.12
000126xa	492.34	455.74	1.08
000354xa	681.55	623.59	1.09
		media	1.10

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)

accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0.249	0.195	1.28
000126xa	0.265	0.195	1.36
000354xa	0.290	0.195	1.49
		media	1.37



Di seguito si riportano i valori tabellari degli Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Mercato Saraceno (000046xa, 000354xa e 000126xa) e dello spettro di risposta sismica in accelerazione medio.

000046xa		000126xa		000354xa		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0.01	0.2491	0.01	0.2651	0.01	0.2900	0.01	0.2681
0.02	0.2528	0.02	0.2674	0.02	0.2941	0.02	0.2714
0.03	0.2629	0.03	0.2718	0.03	0.3033	0.03	0.2794
0.04	0.3606	0.04	0.2875	0.04	0.3365	0.04	0.3282
0.05	0.3813	0.05	0.2864	0.05	0.3079	0.05	0.3252
0.06	0.3634	0.06	0.3229	0.06	0.3217	0.06	0.3360
0.07	0.4760	0.07	0.3581	0.07	0.3792	0.07	0.4044
0.08	0.6241	0.08	0.4876	0.08	0.4764	0.08	0.5294
0.09	0.6091	0.09	0.4450	0.09	0.6041	0.09	0.5527
0.10	0.6221	0.10	0.4301	0.10	0.5601	0.10	0.5374
0.11	0.7051	0.11	0.5549	0.11	0.7003	0.11	0.6534
0.12	0.6765	0.12	0.5848	0.12	0.7436	0.12	0.6683
0.13	0.7767	0.13	0.6693	0.13	0.9791	0.13	0.8084
0.14	0.7924	0.14	0.6949	0.14	1.1325	0.14	0.8733
0.15	0.9758	0.15	0.8636	0.15	1.0059	0.15	0.9484
0.16	0.8935	0.16	0.7517	0.16	0.8661	0.16	0.8371
0.17	0.9151	0.17	0.6463	0.17	0.7817	0.17	0.7810
0.18	1.0270	0.18	0.6840	0.18	0.8728	0.18	0.8613
0.19	0.9236	0.19	0.7055	0.19	1.1155	0.19	0.9149
0.20	0.7507	0.20	0.7555	0.20	0.9989	0.20	0.8350
0.21	0.7912	0.21	0.6984	0.21	0.6951	0.21	0.7282
0.22	0.9704	0.22	0.5904	0.22	0.6488	0.22	0.7365
0.23	1.1082	0.23	0.5199	0.23	0.7800	0.23	0.8027
0.24	1.0735	0.24	0.4966	0.24	0.8202	0.24	0.7968
0.25	0.9927	0.25	0.5154	0.25	0.8318	0.25	0.7800
0.26	0.8708	0.26	0.5670	0.26	0.7597	0.26	0.7325
0.27	0.7208	0.27	0.6046	0.27	0.8554	0.27	0.7269
0.28	0.5817	0.28	0.6277	0.28	0.9585	0.28	0.7226



0.29	0.5100	0.29	0.6199	0.29	0.8683	0.29	0.6661
0.30	0.5305	0.30	0.5826	0.30	0.6946	0.30	0.6026
0.31	0.5305	0.31	0.5527	0.31	0.5959	0.31	0.5597
0.32	0.4936	0.32	0.5478	0.32	0.5627	0.32	0.5347
0.33	0.4444	0.33	0.5534	0.33	0.5143	0.33	0.5040
0.34	0.4249	0.34	0.5505	0.34	0.4664	0.34	0.4806
0.35	0.4753	0.35	0.5379	0.35	0.4415	0.35	0.4849
0.36	0.4702	0.36	0.5194	0.36	0.3967	0.36	0.4621
0.37	0.5043	0.37	0.4984	0.37	0.4359	0.37	0.4795
0.38	0.5305	0.38	0.4770	0.38	0.4439	0.38	0.4838
0.39	0.5361	0.39	0.4571	0.39	0.4156	0.39	0.4696
0.40	0.5245	0.40	0.4391	0.40	0.3798	0.40	0.4478
0.41	0.4982	0.41	0.4228	0.41	0.3653	0.41	0.4287
0.42	0.4624	0.42	0.4064	0.42	0.3673	0.42	0.4120
0.43	0.4228	0.43	0.3873	0.43	0.3952	0.43	0.4018
0.44	0.3834	0.44	0.3656	0.44	0.3971	0.44	0.3820
0.45	0.3481	0.45	0.3494	0.45	0.3823	0.45	0.3599
0.46	0.3190	0.46	0.3277	0.46	0.3646	0.46	0.3371
0.47	0.2975	0.47	0.3028	0.47	0.3470	0.47	0.3158
0.48	0.2833	0.48	0.2766	0.48	0.3365	0.48	0.2988
0.49	0.2755	0.49	0.2505	0.49	0.3350	0.49	0.2870
0.50	0.2726	0.50	0.2266	0.50	0.3315	0.50	0.2769
0.51	0.2722	0.51	0.2066	0.51	0.3250	0.51	0.2679
0.52	0.2731	0.52	0.1922	0.52	0.3148	0.52	0.2600
0.53	0.2739	0.53	0.1839	0.53	0.2935	0.53	0.2504
0.54	0.2742	0.54	0.1810	0.54	0.2553	0.54	0.2368
0.55	0.2733	0.55	0.1819	0.55	0.2341	0.55	0.2297
0.56	0.2718	0.56	0.1850	0.56	0.2309	0.56	0.2293
0.57	0.2700	0.57	0.1887	0.57	0.2332	0.57	0.2307
0.58	0.2762	0.58	0.1923	0.58	0.2359	0.58	0.2348
0.60	0.2857	0.60	0.1965	0.60	0.2424	0.60	0.2416
0.62	0.2887	0.62	0.1949	0.62	0.2455	0.62	0.2430
0.64	0.2854	0.64	0.1874	0.64	0.2484	0.64	0.2404
0.66	0.2772	0.66	0.1755	0.66	0.2637	0.66	0.2388
0.68	0.2652	0.68	0.1613	0.68	0.2748	0.68	0.2338
0.70	0.2507	0.70	0.1475	0.70	0.2850	0.70	0.2277
0.72	0.2347	0.72	0.1369	0.72	0.2761	0.72	0.2159
0.74	0.2178	0.74	0.1301	0.74	0.2515	0.74	0.1998
0.76	0.2006	0.76	0.1340	0.76	0.2495	0.76	0.1947



0.78	0.1835	0.78	0.1324	0.78	0.2407	0.78	0.1856
0.80	0.1669	0.80	0.1358	0.80	0.2267	0.80	0.1765
0.82	0.1510	0.82	0.1384	0.82	0.2047	0.82	0.1647
0.84	0.1361	0.84	0.1386	0.84	0.1801	0.84	0.1516
0.86	0.1222	0.86	0.1366	0.86	0.1566	0.86	0.1385
0.88	0.1093	0.88	0.1323	0.88	0.1372	0.88	0.1263
0.90	0.1029	0.90	0.1313	0.90	0.1458	0.90	0.1267
0.92	0.0973	0.92	0.1288	0.92	0.1454	0.92	0.1238
0.94	0.0921	0.94	0.1233	0.94	0.1364	0.94	0.1172
0.96	0.0870	0.96	0.1180	0.96	0.1219	0.96	0.1090
0.98	0.0823	0.98	0.1147	0.98	0.1065	0.98	0.1011
1.00	0.0777	1.00	0.1105	1.00	0.0967	1.00	0.0950
1.05	0.0676	1.05	0.0978	1.05	0.1133	1.05	0.0929
1.10	0.0589	1.10	0.0839	1.10	0.1312	1.10	0.0913
1.15	0.0517	1.15	0.0722	1.15	0.1400	1.15	0.0880
1.20	0.0460	1.20	0.0684	1.20	0.1292	1.20	0.0812
1.25	0.0411	1.25	0.0642	1.25	0.1095	1.25	0.0716
1.30	0.0368	1.30	0.0597	1.30	0.0883	1.30	0.0616
1.35	0.0331	1.35	0.0550	1.35	0.0918	1.35	0.0600
1.40	0.0299	1.40	0.0500	1.40	0.0948	1.40	0.0582
1.45	0.0271	1.45	0.0450	1.45	0.0933	1.45	0.0551
1.50	0.0246	1.50	0.0402	1.50	0.0877	1.50	0.0508
1.55	0.0225	1.55	0.0359	1.55	0.0813	1.55	0.0465
1.60	0.0206	1.60	0.0322	1.60	0.0690	1.60	0.0406
1.65	0.0189	1.65	0.0291	1.65	0.0559	1.65	0.0347
1.70	0.0175	1.70	0.0267	1.70	0.0458	1.70	0.0300
1.75	0.0162	1.75	0.0249	1.75	0.0402	1.75	0.0271
1.80	0.0150	1.80	0.0234	1.80	0.0413	1.80	0.0266
1.85	0.0140	1.85	0.0222	1.85	0.0438	1.85	0.0266
1.90	0.0131	1.90	0.0212	1.90	0.0440	1.90	0.0261
1.95	0.0123	1.95	0.0202	1.95	0.0423	1.95	0.0249
2.00	0.0115	2.00	0.0194	2.00	0.0393	2.00	0.0234
2.05	0.0108	2.05	0.0185	2.05	0.0355	2.05	0.0216
2.10	0.0103	2.10	0.0177	2.10	0.0316	2.10	0.0199
2.15	0.0098	2.15	0.0169	2.15	0.0298	2.15	0.0189
2.20	0.0094	2.20	0.0161	2.20	0.0280	2.20	0.0178
2.25	0.0090	2.25	0.0154	2.25	0.0262	2.25	0.0168
2.30	0.0086	2.30	0.0146	2.30	0.0263	2.30	0.0165
2.35	0.0082	2.35	0.0139	2.35	0.0259	2.35	0.0160



2.40	0.0079	2.40	0.0133	2.40	0.0248	2.40	0.0153
2.50	0.0073	2.50	0.0121	2.50	0.0217	2.50	0.0137
2.60	0.0068	2.60	0.0111	2.60	0.0192	2.60	0.0123
2.70	0.0063	2.70	0.0102	2.70	0.0182	2.70	0.0116
2.80	0.0059	2.80	0.0094	2.80	0.0182	2.80	0.0112
2.90	0.0055	2.90	0.0088	2.90	0.0185	2.90	0.0109
3.00	0.0051	3.00	0.0082	3.00	0.0178	3.00	0.0104
3.10	0.0048	3.10	0.0076	3.10	0.0166	3.10	0.0097
3.20	0.0045	3.20	0.0071	3.20	0.0170	3.20	0.0095
3.30	0.0043	3.30	0.0066	3.30	0.0162	3.30	0.0090
3.40	0.0041	3.40	0.0062	3.40	0.0142	3.40	0.0081
3.50	0.0039	3.50	0.0058	3.50	0.0117	3.50	0.0071
3.60	0.0037	3.60	0.0054	3.60	0.0107	3.60	0.0066
3.70	0.0035	3.70	0.0051	3.70	0.0104	3.70	0.0063
3.80	0.0033	3.80	0.0047	3.80	0.0100	3.80	0.0060
3.90	0.0032	3.90	0.0044	3.90	0.0096	3.90	0.0057
4.00	0.0030	4.00	0.0042	4.00	0.0091	4.00	0.0054
4.10	0.0029	4.10	0.0039	4.10	0.0087	4.10	0.0052
4.20	0.0028	4.20	0.0037	4.20	0.0082	4.20	0.0049
4.30	0.0027	4.30	0.0035	4.30	0.0078	4.30	0.0047
4.40	0.0026	4.40	0.0034	4.40	0.0074	4.40	0.0044
4.50	0.0025	4.50	0.0032	4.50	0.0070	4.50	0.0042
4.60	0.0024	4.60	0.0031	4.60	0.0065	4.60	0.0040
4.70	0.0023	4.70	0.0029	4.70	0.0061	4.70	0.0038
4.80	0.0022	4.80	0.0028	4.80	0.0058	4.80	0.0036
4.90	0.0021	4.90	0.0027	4.90	0.0054	4.90	0.0034
5.00	0.0021	5.00	0.0026	5.00	0.0051	5.00	0.0032
5.10	0.0020	5.10	0.0025	5.10	0.0048	5.10	0.0031
5.20	0.0019	5.20	0.0024	5.20	0.0045	5.20	0.0029
5.40	0.0018	5.40	0.0023	5.40	0.0040	5.40	0.0027
5.60	0.0017	5.60	0.0022	5.60	0.0035	5.60	0.0025
5.80	0.0016	5.80	0.0020	5.80	0.0032	5.80	0.0023
6.00	0.0015	6.00	0.0019	6.00	0.0029	6.00	0.0021
6.20	0.0014	6.20	0.0018	6.20	0.0027	6.20	0.0020
6.40	0.0014	6.40	0.0018	6.40	0.0025	6.40	0.0019
6.60	0.0013	6.60	0.0017	6.60	0.0023	6.60	0.0018
6.80	0.0012	6.80	0.0016	6.80	0.0022	6.80	0.0017
7.00	0.0012	7.00	0.0016	7.00	0.0021	7.00	0.0016
7.20	0.0011	7.20	0.0015	7.20	0.0020	7.20	0.0015

7.40	0.0011	7.40	0.0014	7.40	0.0019	7.40	0.0015
7.60	0.0010	7.60	0.0014	7.60	0.0018	7.60	0.0014
7.80	0.0010	7.80	0.0014	7.80	0.0017	7.80	0.0013
8.00	0.0010	8.00	0.0013	8.00	0.0016	8.00	0.0013
8.50	0.0009	8.50	0.0012	8.50	0.0014	8.50	0.0012
9.00	0.0008	9.00	0.0011	9.00	0.0013	9.00	0.0011
9.50	0.0008	9.50	0.0010	9.50	0.0012	9.50	0.0010
10.00	0.0007	10.00	0.0010	10.00	0.0011	10.00	0.0009

Per quanto riguarda le frequenze di risonanza del sito, ovvero le frequenze in corrispondenza delle quali in caso di terremoto ci si attende la maggiore amplificazione del sisma, oltre ai risultati dell'analisi di risposta sismica locale è necessario fare riferimento alle misure del rumore sismico ambientale T25 e T26 eseguite nell'ambito del terzo livello di approfondimento.

Entrambi le misure eseguite, la cui ubicazione è riportata in appendice, rilevano una frequenza di risonanza caratteristica del profilo stratigrafico analizzato prossima a 5.3Hz, corrispondente ad una discontinuità a profondità di circa 20 metri riconducibile al passaggio dalle argille al substrato marnoso-arenaceo.

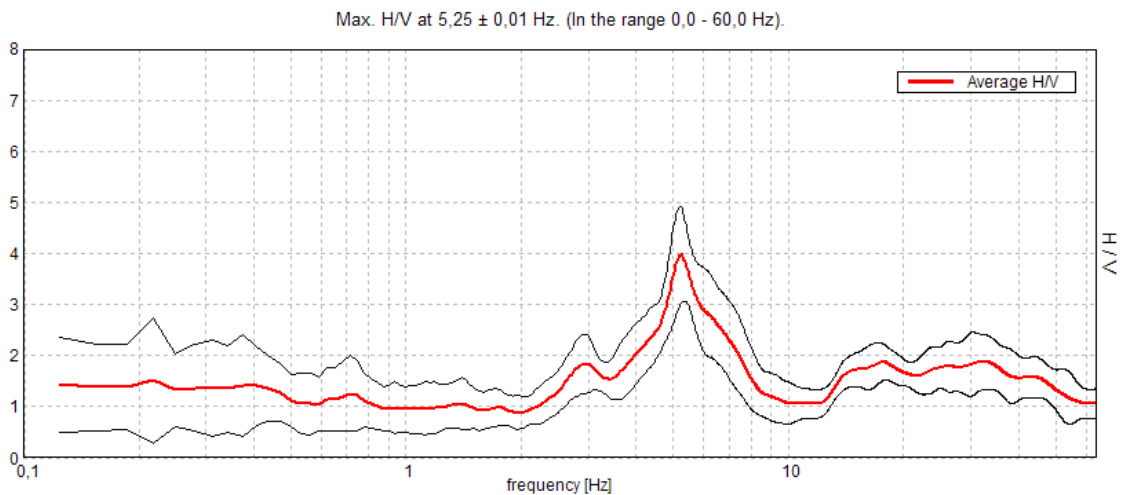


Figura 33: Misura HVRS T26 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento

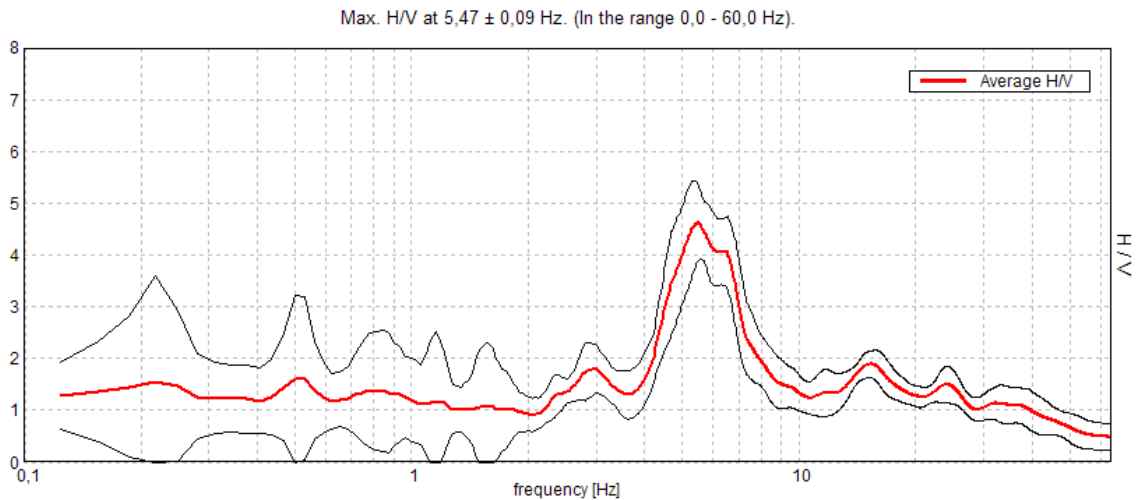


Figura 34: Misura HVRS T25 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento

L'area analizzata, trattandosi di un'area caratterizzata dalla presenza di una frana quiescente, è presumibilmente esclusa da previsioni di nuove edificazioni. Nel caso in cui vengano comunque previste delle nuove strutture, le frequenze di risonanza di sito dovranno essere tenute nella adeguata considerazione al fine di evitare il fenomeno della doppia risonanza tra terreno e strutture. Lo spettro di progettazione dovrà tenere conto dei risultati dell'analisi di risposta sismica locale di terzo livello, dato che per talune frequenze risulta maggiore dello spettro derivato dall'analisi semplificata di secondo livello e quindi maggiormente cautelativo.

12.5 Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti

Tra i vari requisiti che dovranno essere forniti con il terzo livello di approfondimento, vi è il grado di stabilità e gli spostamenti attesi del corpo franoso.

Per valutare il grado di stabilità sono state eseguite delle verifiche in condizioni sismiche secondo il metodo pseudo-statico.

Le verifiche sono state eseguite sulla base di una caratterizzazione geotecnica dei terreni ottenuta dalle indagini attualmente eseguite per il III° livello di approfondimento.

Le verifiche di stabilità e la parametrizzazione dei terreni vengono eseguite sulla base delle norme tecniche per le costruzioni (D. M. 14 gennaio 2008). Secondo tale normativa le verifiche di stabilità vengono di norma eseguite secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) che rispetto alle altre combinazioni è la più severa nella parametrizzazione geotecnica. Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi presenti nell'area.

- Limi sabbiosi con blocchi arenacei (frana quiescente):

peso di volume	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 0,5 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 30^\circ$

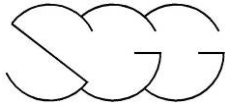
- Limi sabbiosi con inclusi arenacei e livelli argillosi:

peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 3 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 27^\circ$

- Alternanza di peliti e livelli arenacei:

peso di volume	$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 20 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 30^\circ$

Entrando nel dettaglio dei calcoli, le verifiche sono state eseguite per mezzo di un programma computerizzato predisposto dalla *Geo&Soft*; tale software valuta la stabilità tramite il metodo "Sarma" basato sulla ricerca delle condizioni di equilibrio, attraverso il calcolo del coefficiente di sicurezza di superfici di scivolamento definite arbitrariamente. Nel caso specifico viene considerata come metodologia quella di una superficie planare coincidente con l'ipotizzato piano di scivolamento.



Il coefficiente di sicurezza coincide con il valore che assume un parametro riduttivo Pr delle caratteristiche geotecniche reattive (tangente dell'angolo di attrito e coesione) quando esso porta all'annullamento dell'accelerazione critica. Le superfici di scivolamento definite arbitrariamente sono considerate stabili quando il coefficiente di sicurezza $> 1,1$ (colore verde); si considerano prossime alla instabilità con il fattore di sicurezza compreso tra 1 e 1,1 (colore giallo) e instabili con il coefficiente di sicurezza < 1 (colore rosso).

Il territorio del Comune di Mercato Saraceno, secondo la normativa sismica vigente, è inserito in zona 2.

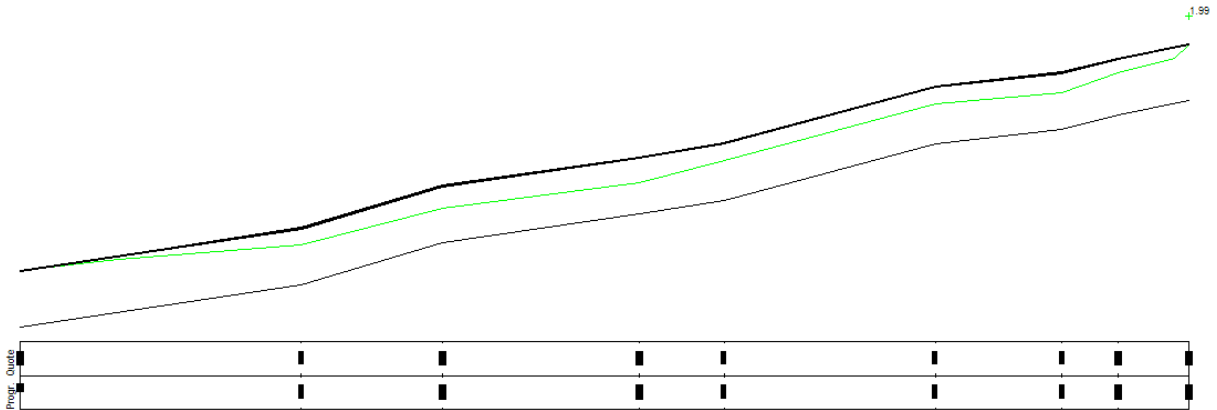
La determinazione dell'accelerazione orizzontale massima è stata eseguita con l'analisi di risposta sismica, sulla base del profilo stratigrafico locale ed utilizzando come moto di input gli accelerogrammi di riferimento per il Comune di Sogliano al Rubicone.

Il valore ottenuto dovrà essere corretto con un fattore topografico (S_T), che nel caso specifico viene considerato in modo cautelativo pari a 1,2 (T2).

Per determinare la componente sismica orizzontale, cioè il parametro da inserire nel programma di calcolo, l'accelerazione sismica prevista per il sito in esame deve essere ridotta per mezzo di un coefficiente di riduzione sismica anche dipendente della categoria di suolo. Nel caso specifico il coefficiente riduttivo è pari a 0,28.

In riferimento a tutto quanto sopra, le verifiche di stabilità sono state effettuate utilizzando la componente sismica orizzontale pari a 0,090 e quella verticale pari a 0,045, essendo convenzionalmente la metà di quella orizzontale.

Per ciò che riguarda la sezione analizzata e considerando la superficie di scivolamento planare, emerge che il coefficiente di sicurezza è pari a 1,99.



Complessivamente, si può perciò affermare che l'area analizzata risulta stabile.

Per il calcolo degli spostamenti attesi viene adottato uno dei metodi semplificati ed in particolare l'approccio originario di Newmark, dove lo spostamento S è il prodotto di S_0 (spostamento di un blocco rigido equivalente al corpo di frana su un piano orizzontale) ed A (fattore di forma che dipende dalle geometria del versante, dalle caratteristiche del sistema e dalla forma della superficie di scorrimento)

$$S = S_0 \cdot A$$

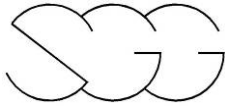
ovvero

$$S = S_0 \frac{\cos(\phi - \alpha)}{\cos \phi}$$

dove

α = inclinazione della superficie di scorrimento

ϕ = angolo di resistenza al taglio del terreno



$$S_{0(max)} = \frac{v_{max}^2}{2a_c} (a_{max} / a_c)$$

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

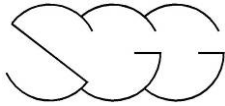
v_{max} = velocità massima del moto alla base (cm/sec)

$a_c = K_c g$ accelerazione critica

Dai calcoli effettuati risulta che, per la frana in esame, lo spostamento atteso S in caso di evento sismico è pari a 1,9 cm.

Siena, Settembre 2013

Dr. Geol. Antonio Maria Baldi



Appendice

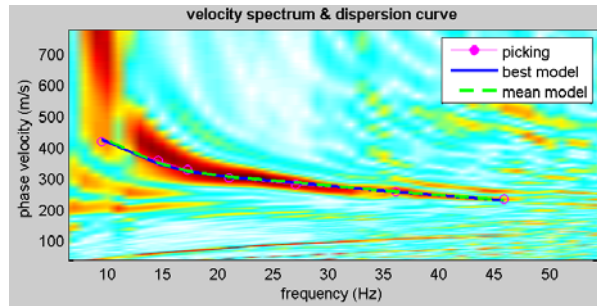
Indagini I° e II° livello

- | | |
|--------------------------------|---------|
| - Prove MASW | Pag. 78 |
| - Misure HVSR | Pag. 86 |
| - Prove penetrometriche | Pag. 95 |

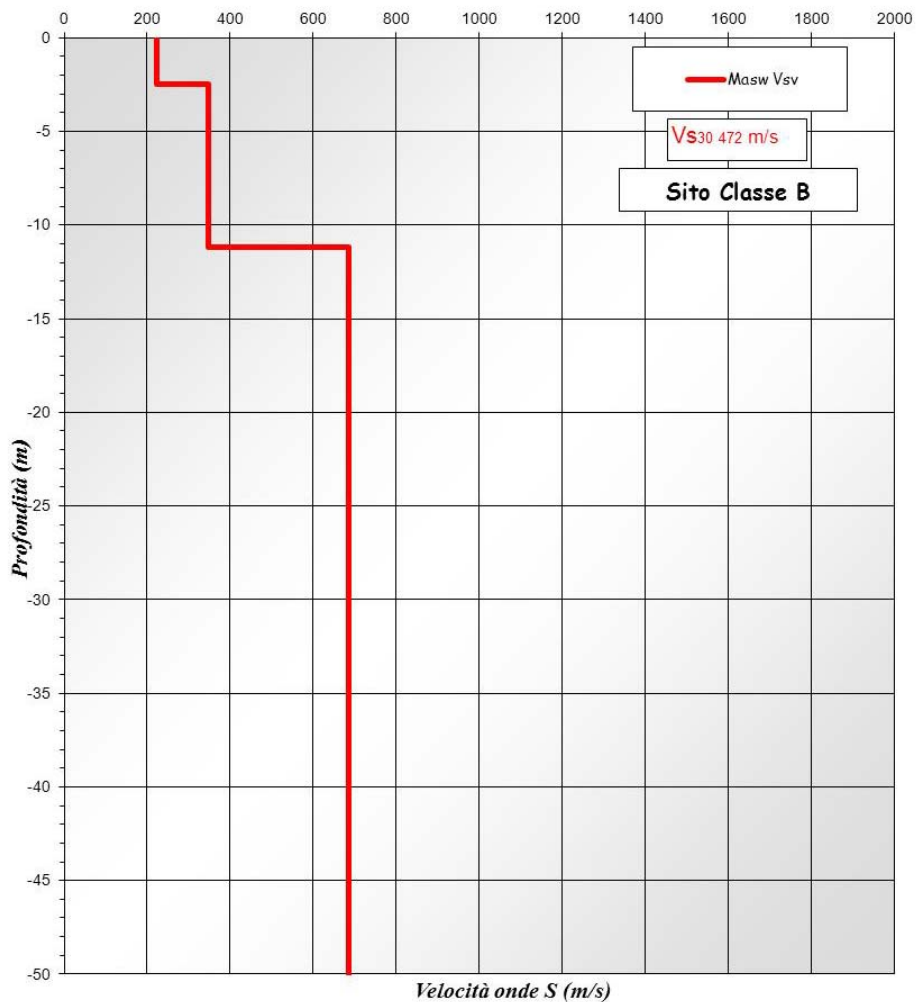


PROVE MASW

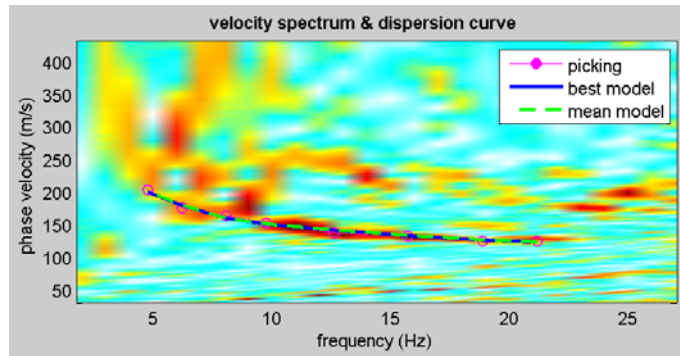
40020L009MASW09



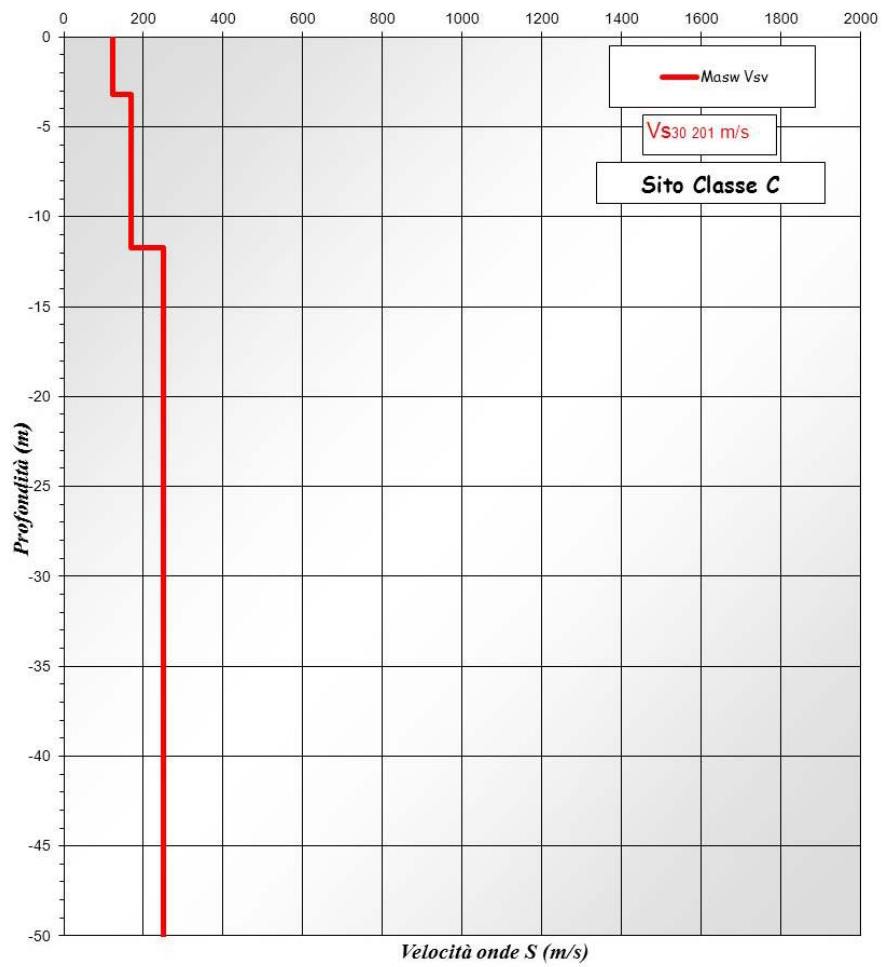
Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



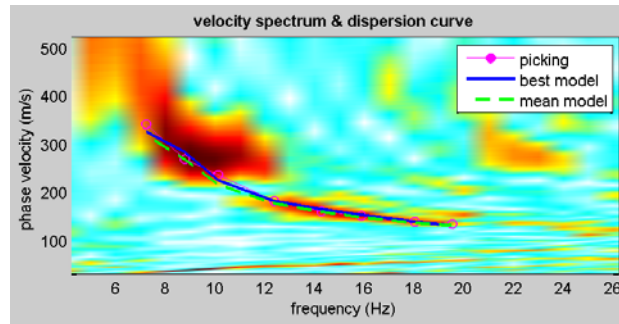
40020L010MASW10



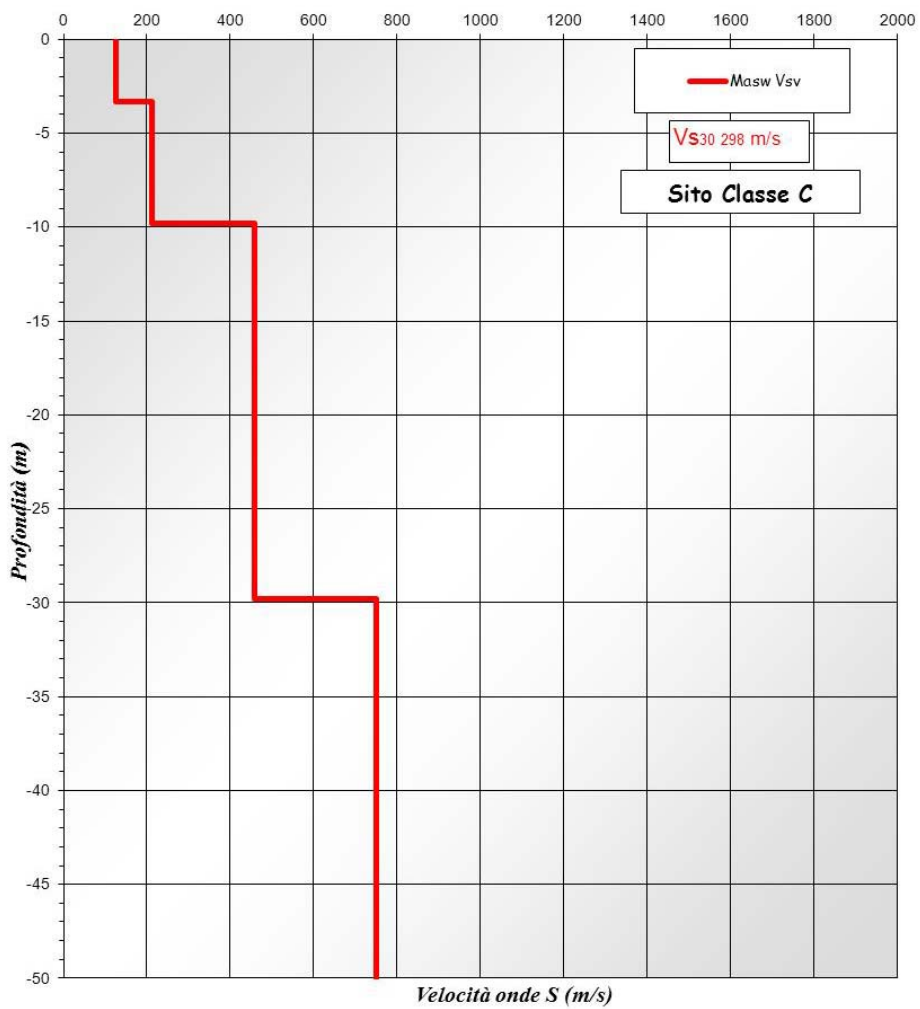
Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



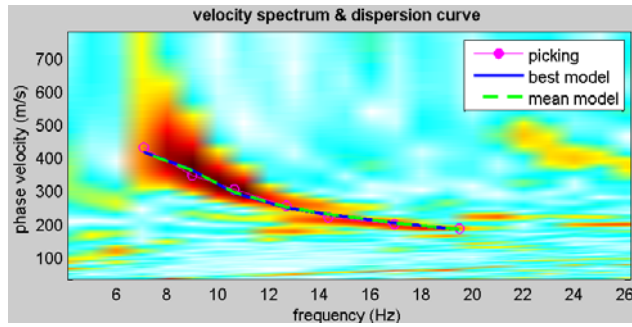
40020L011MASW11



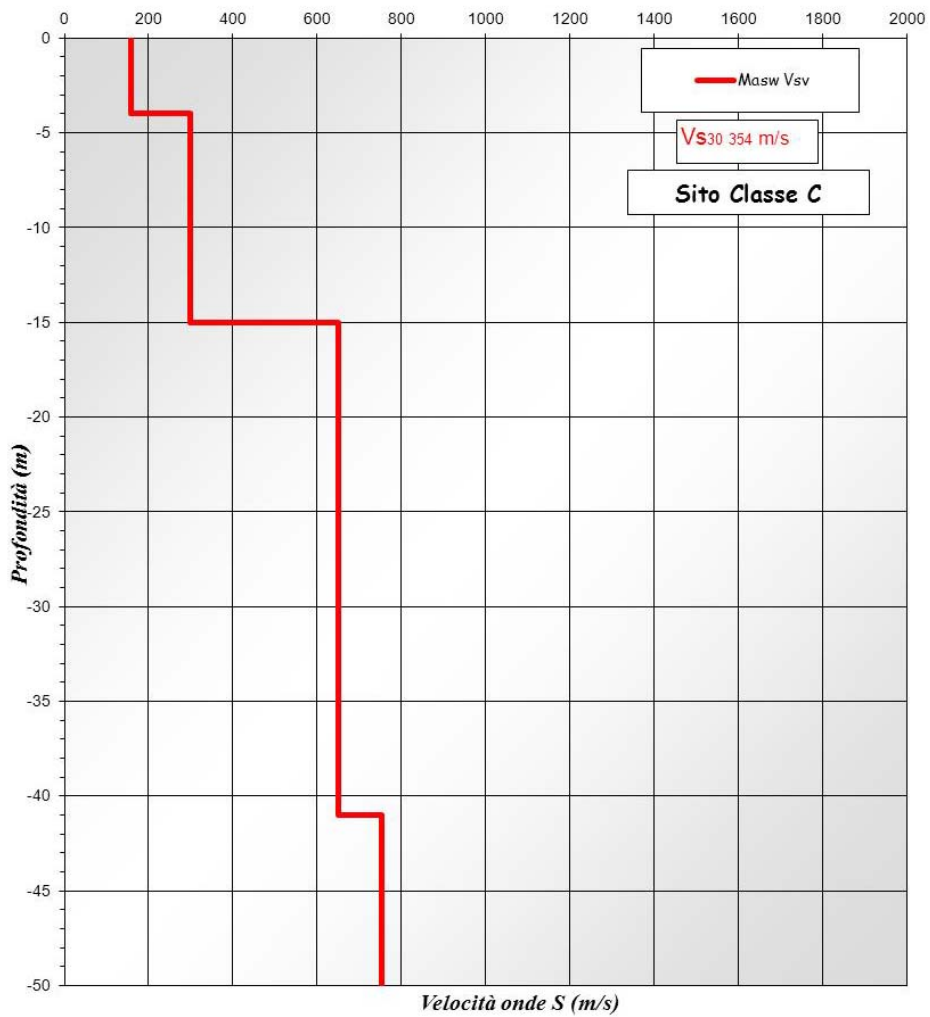
Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



40020L012MASW12

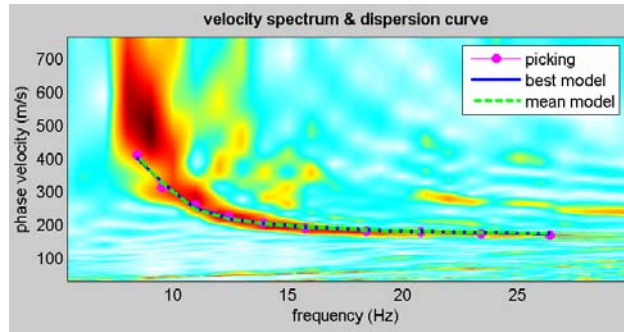


Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves

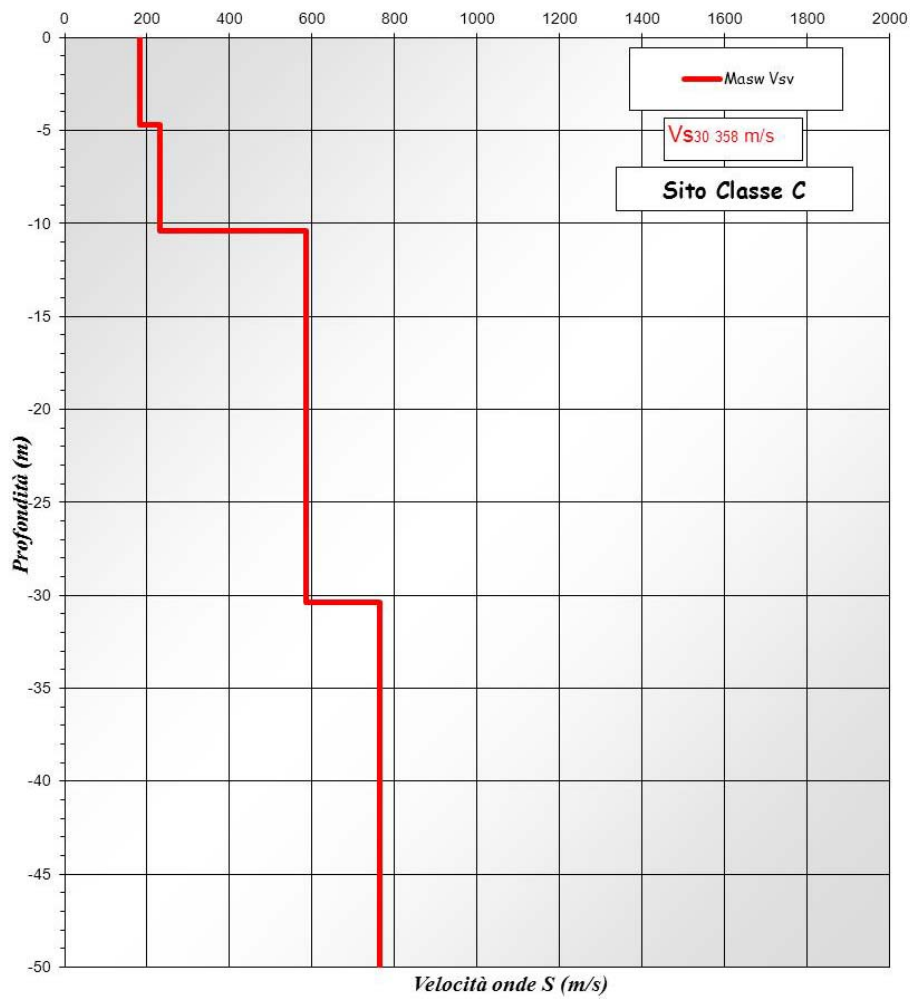


Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

40020L013MASW13

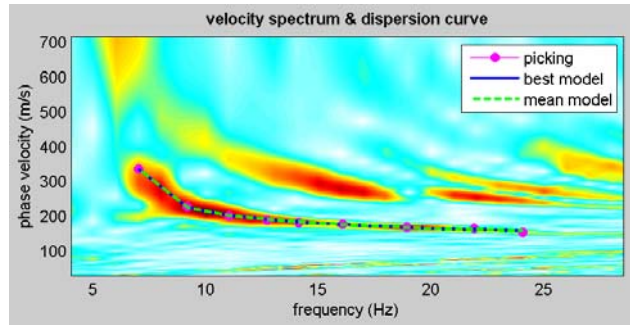


Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves

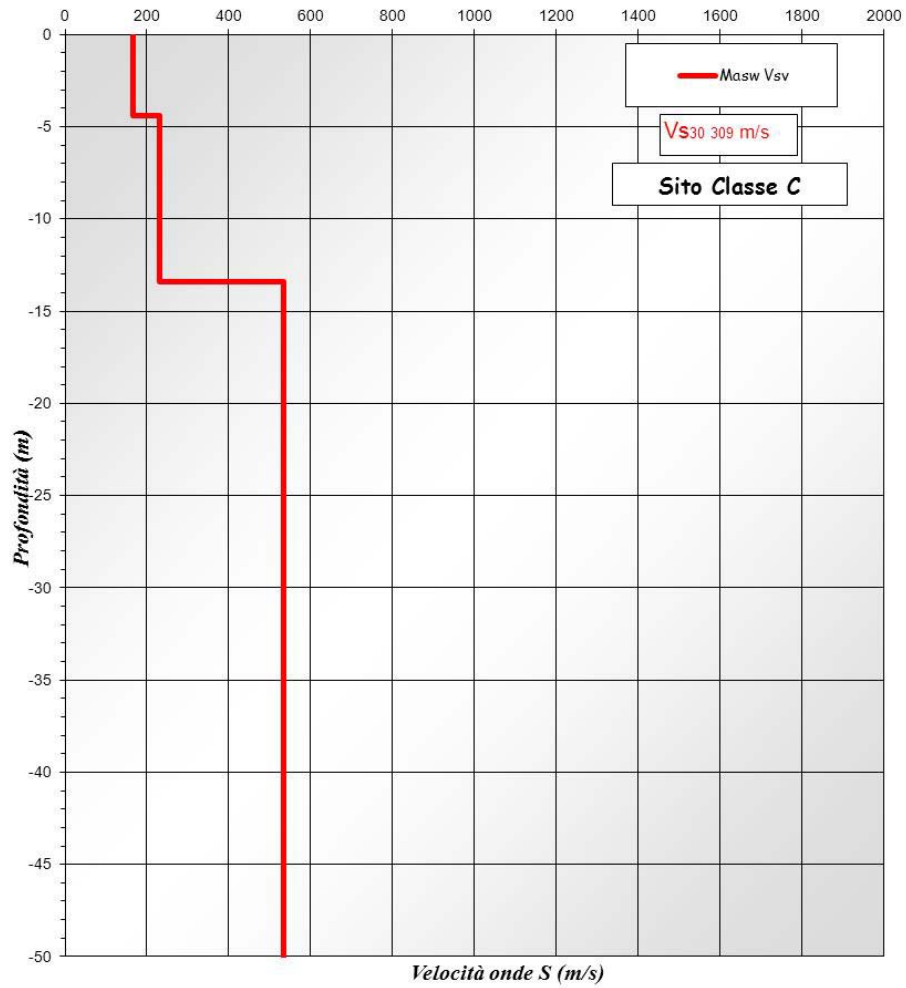


Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

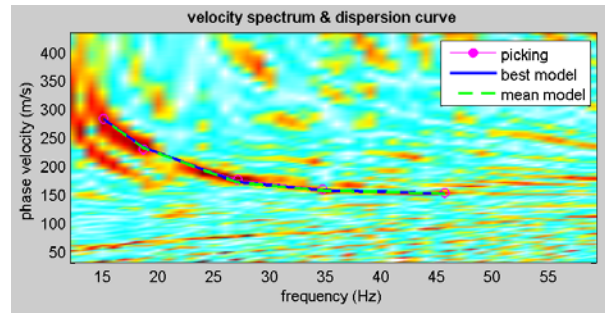
40020L014MASW14



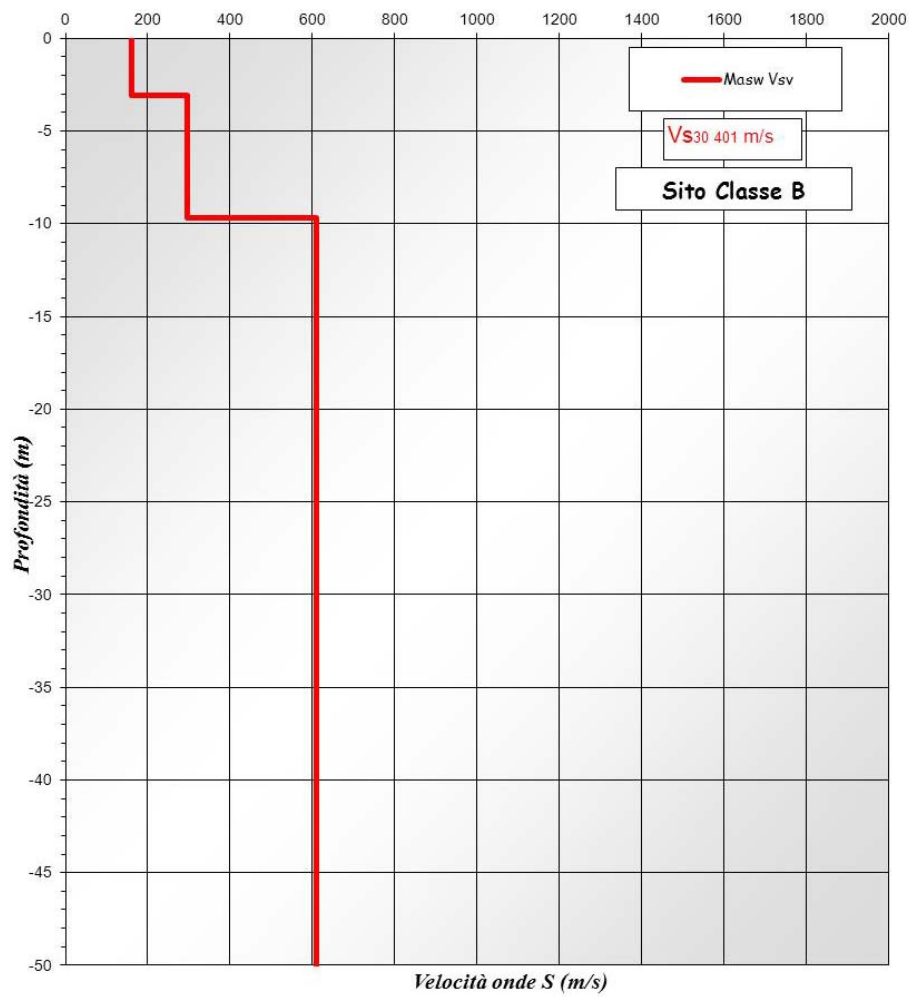
Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



40020L015MASW15



Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



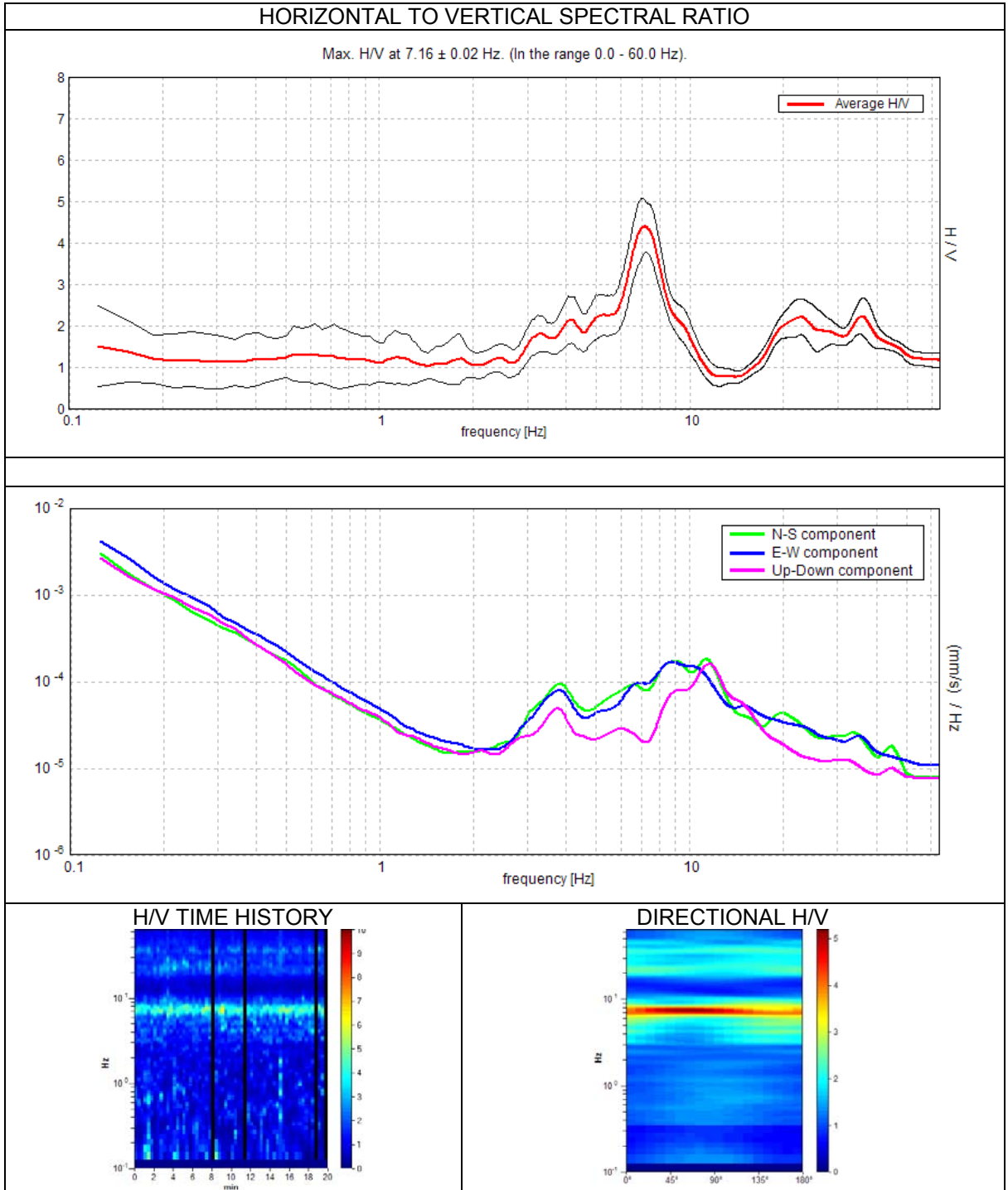
Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica



PROVE HVSR

Misura 40020P125HVSR244

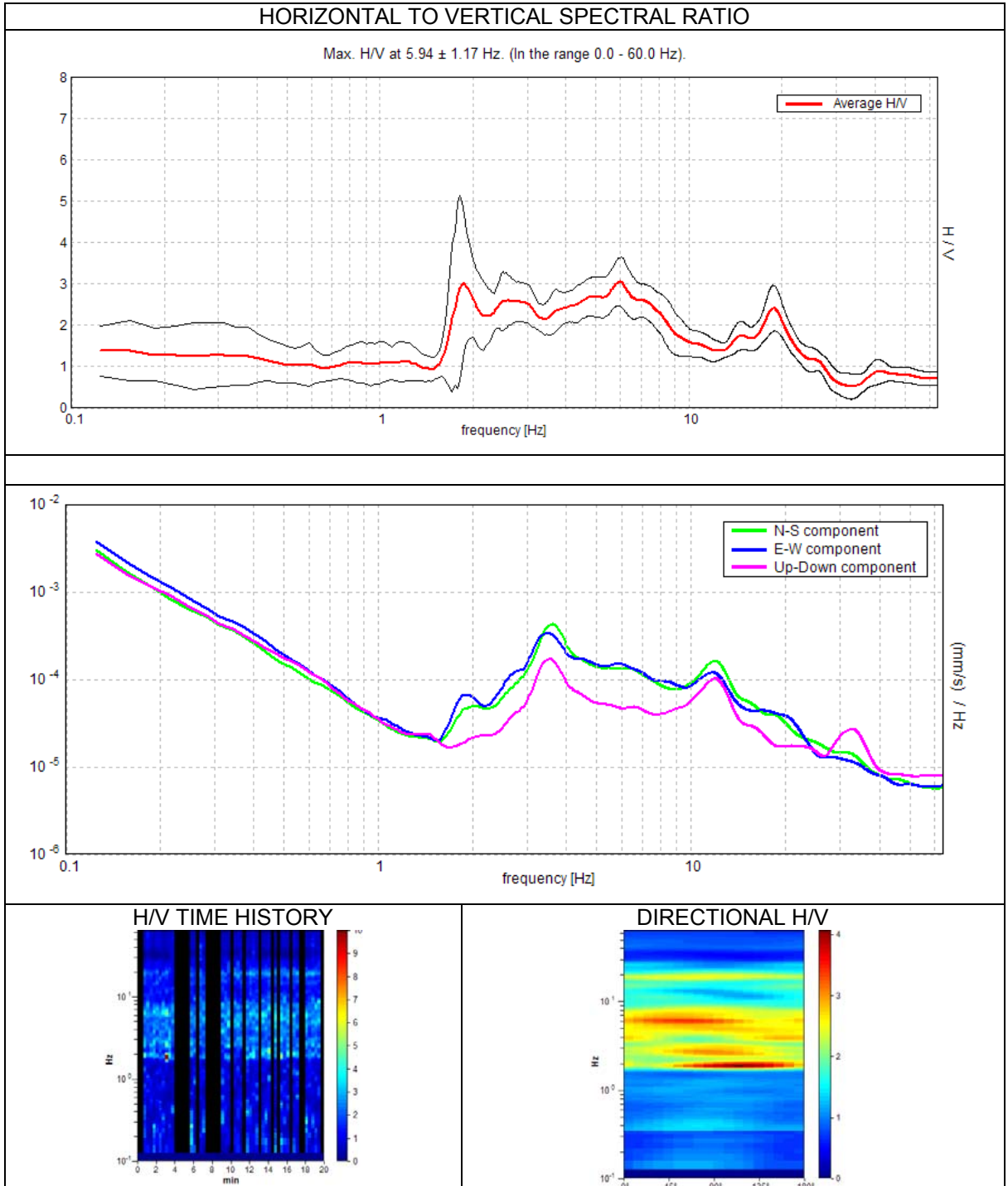
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



f_0 (Hz)
7,16

Misura 40020P126HVSR245

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

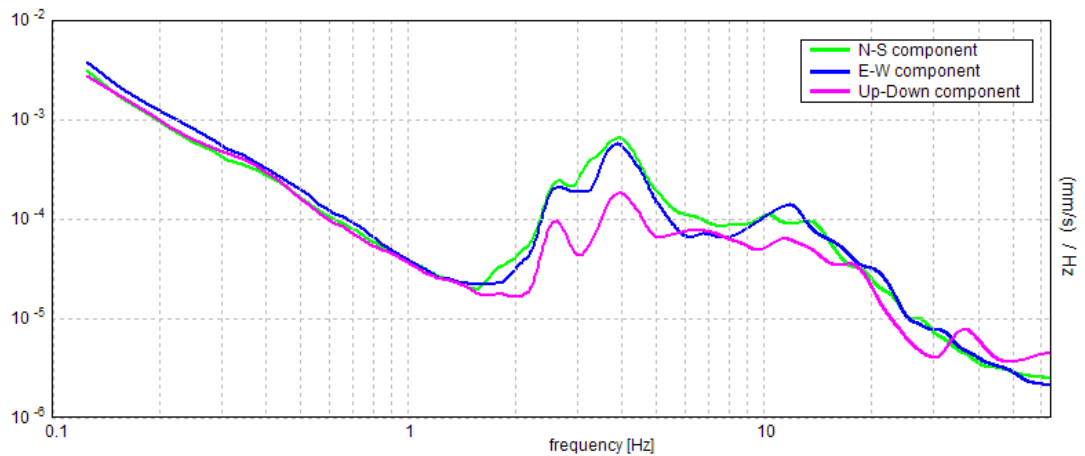
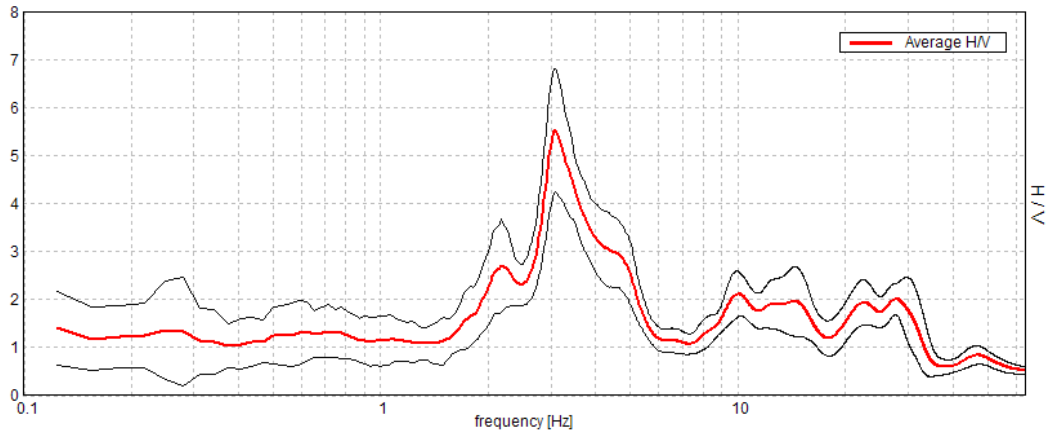


f_0 (Hz)
5,94

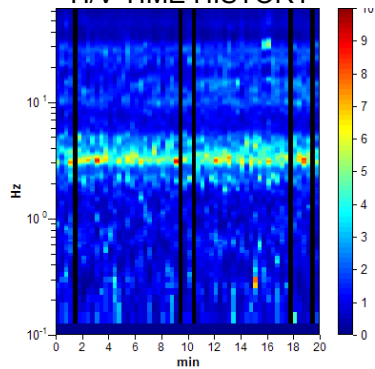
Misura 40020P127HVSR246

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

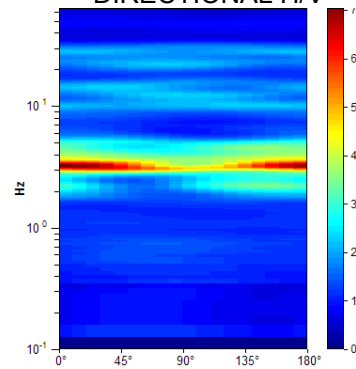
Max. H/V at 3.09 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



f_0 (Hz)

3,09

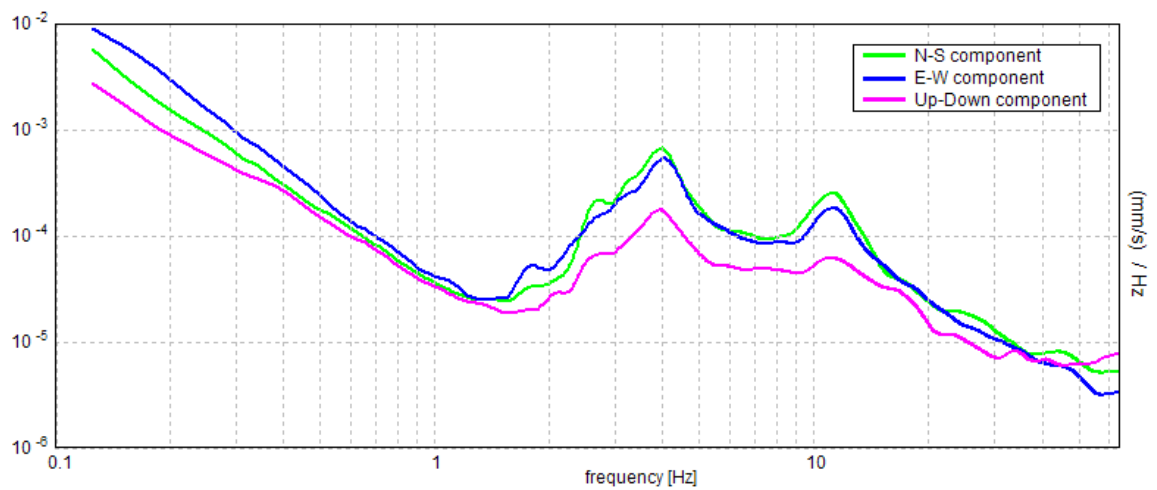
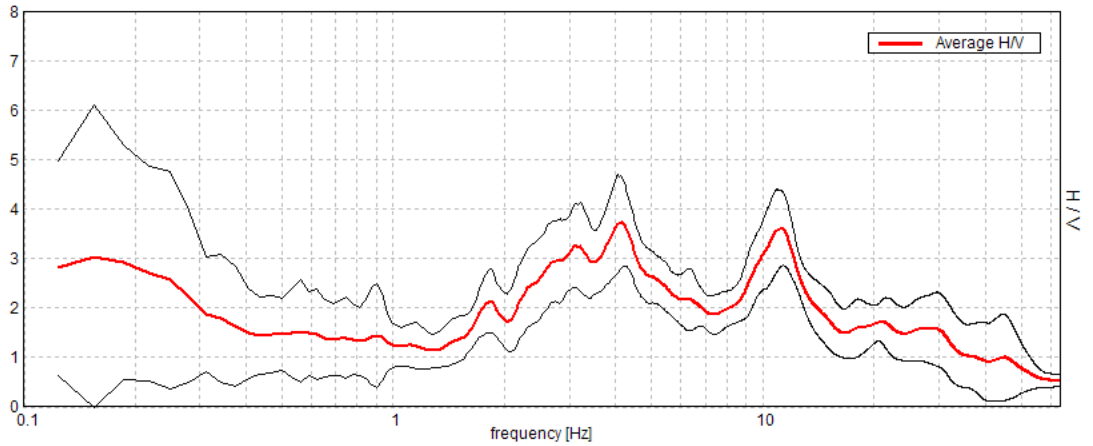
f_1 (Hz)

2,2

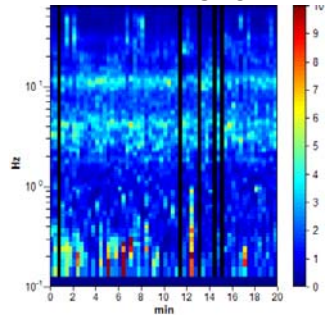
Misura 40020P128HVSR247

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

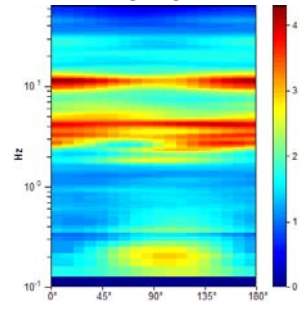
Max. H/V at 4.16 ± 0.71 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



f_0 (Hz)

4,16

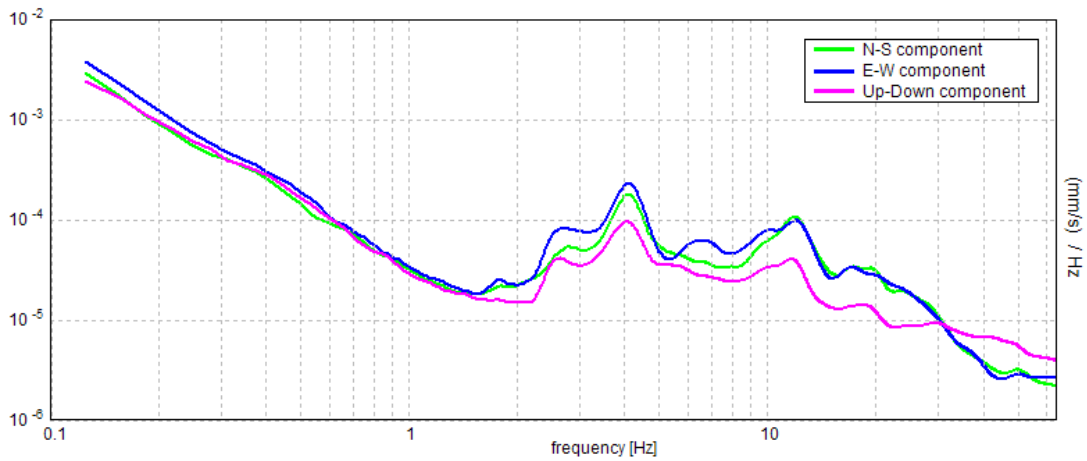
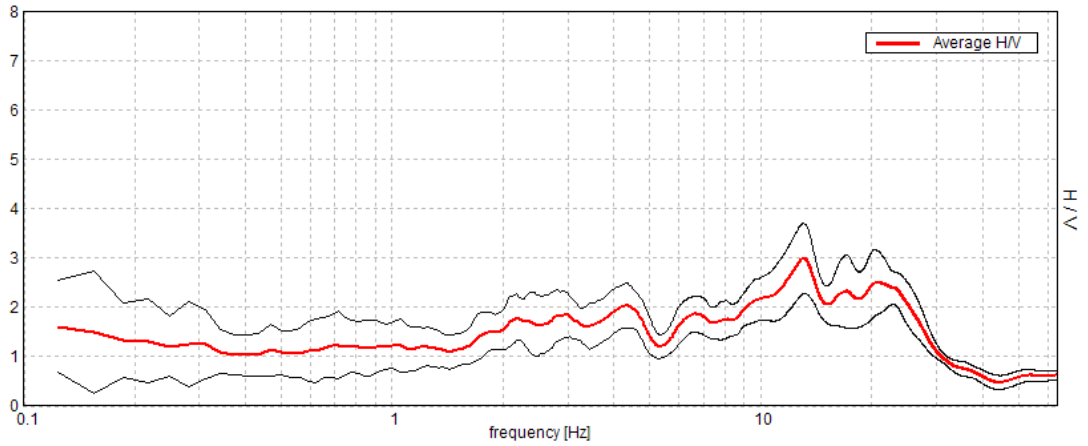
f_2 (Hz)

3,1

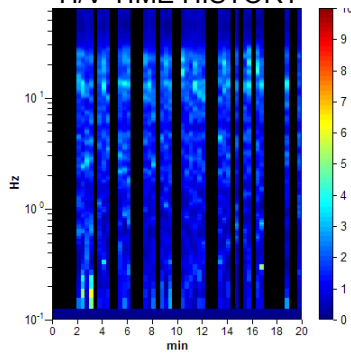
Misura 40020P129HVSR248

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

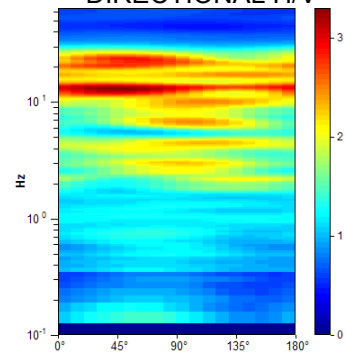
Max. H/V at 13.13 ± 1.19 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



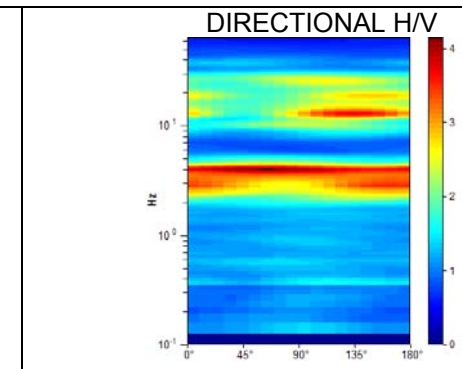
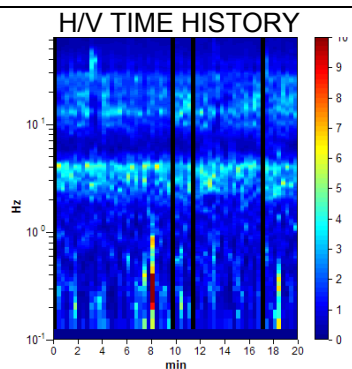
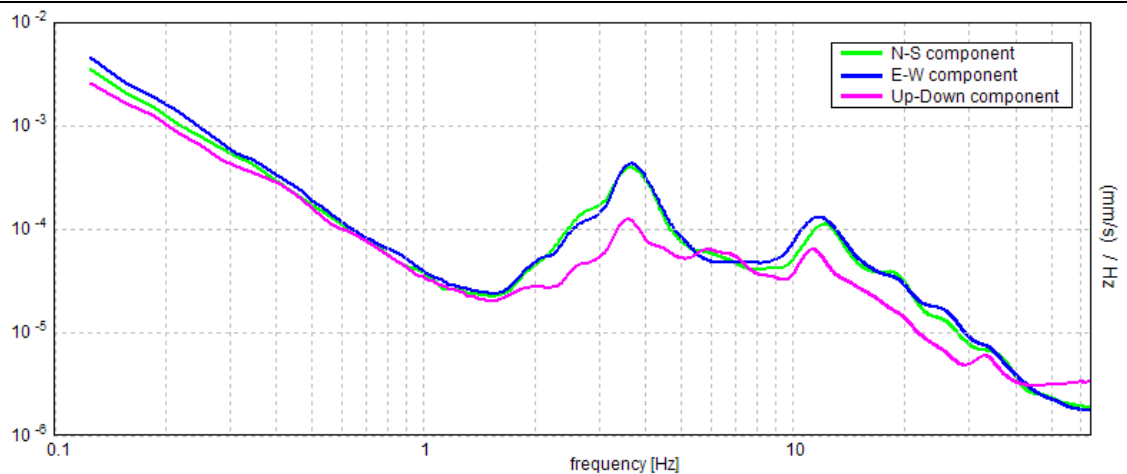
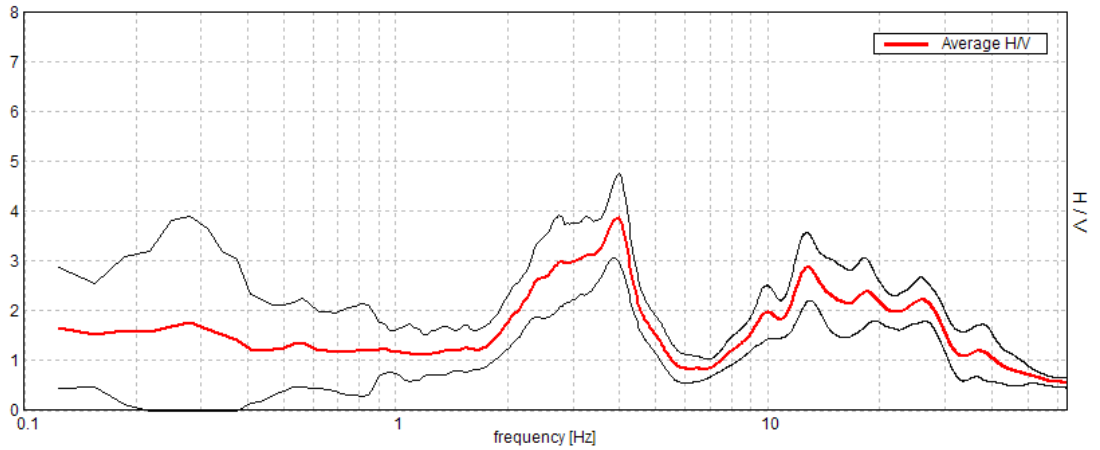
f_0 (Hz)

13,13

Misura 40020P130HVSR249

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 3.97 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).

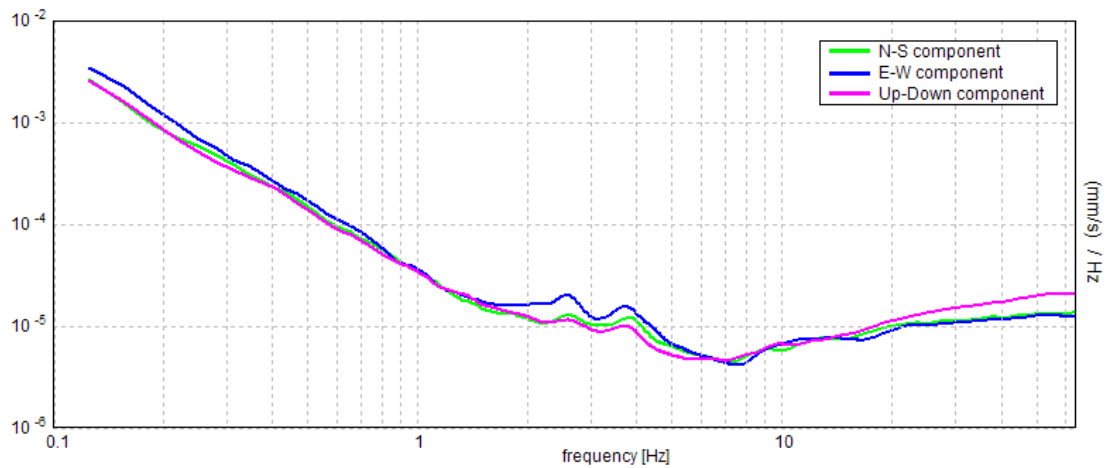
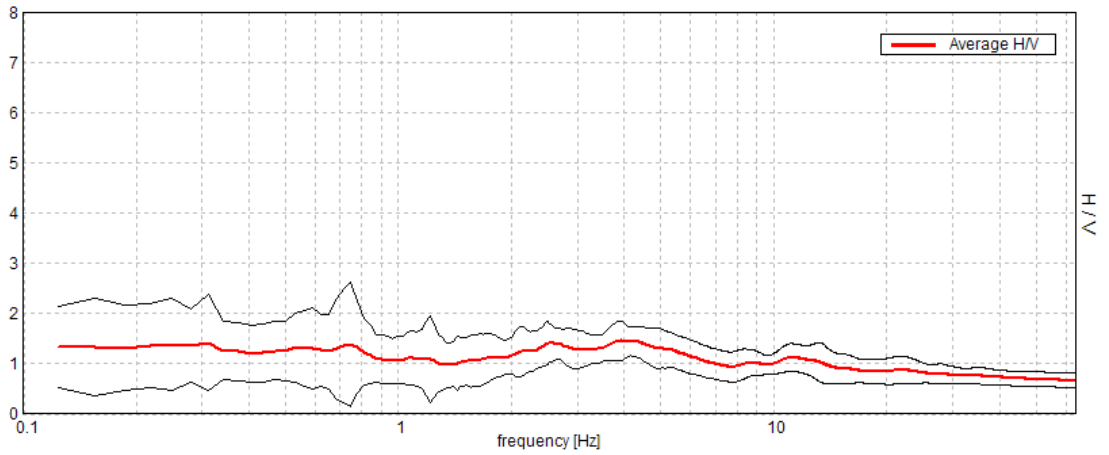


f_0 (Hz)
3,97

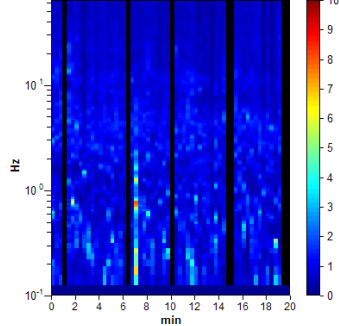
Misura 40020P131HVSR250

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

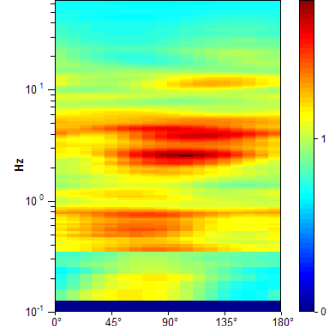
Max. H/V at 3.94 ± 0.89 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



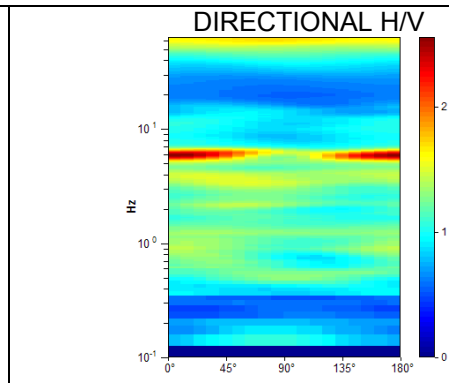
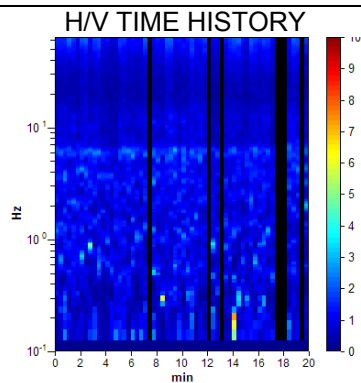
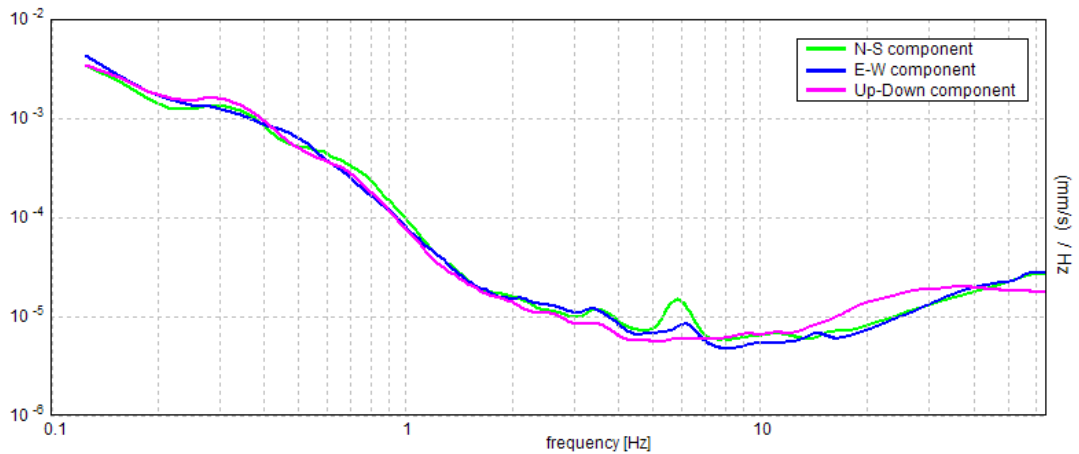
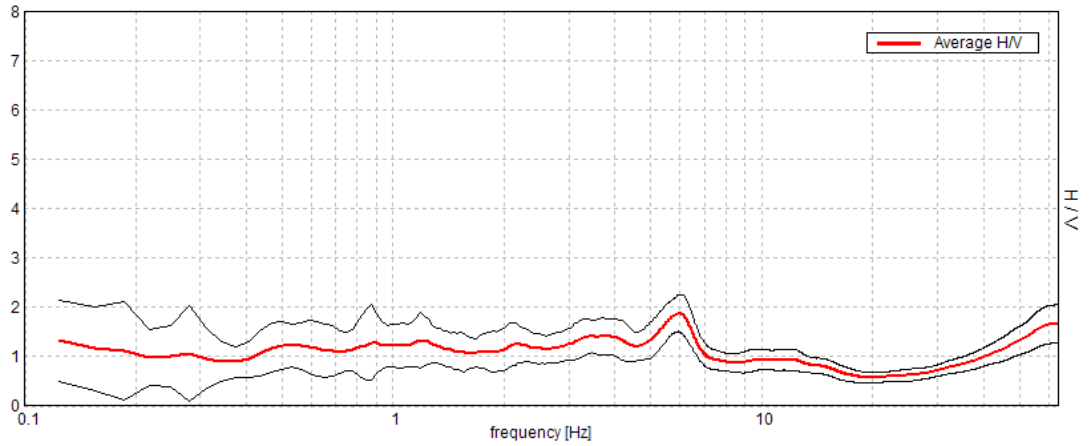
f_0 (Hz)

/

Misura 40020P132HVSR251

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 5.94 ± 0.21 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



f_0 (Hz)
5,94

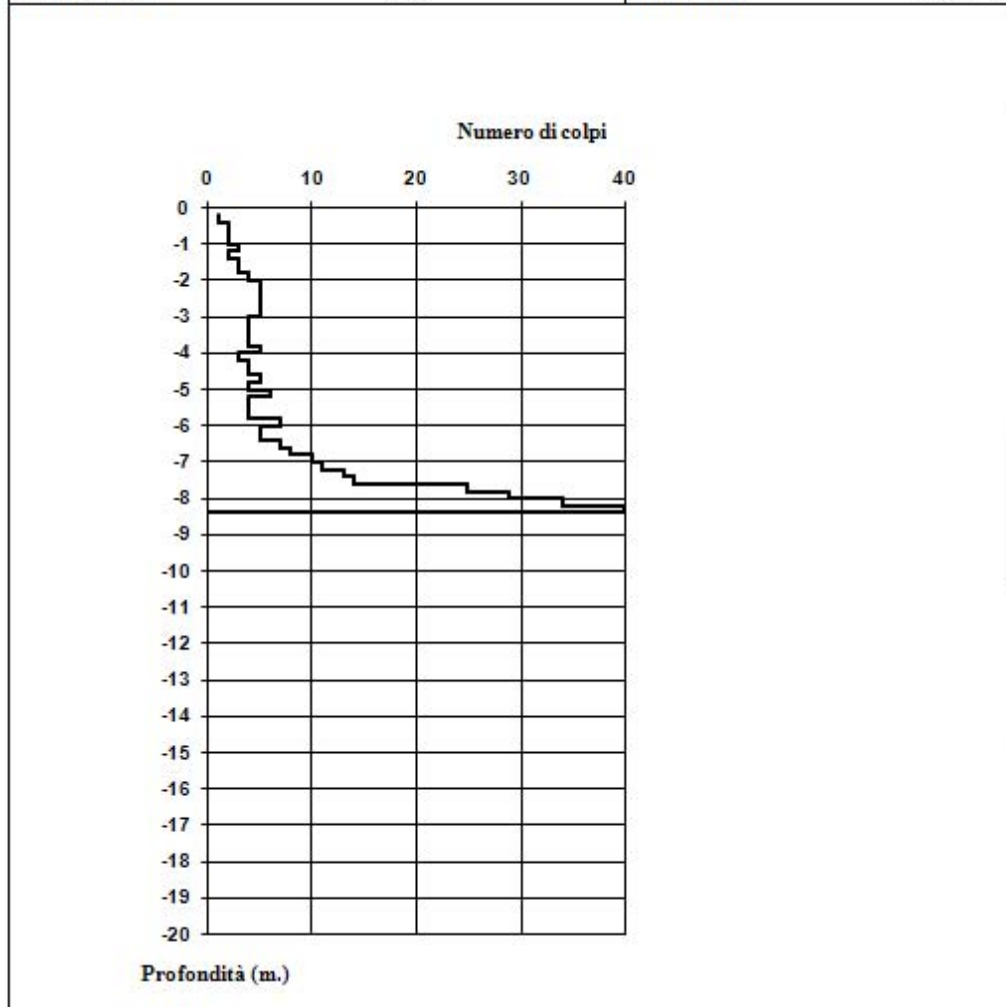


PROVE PENETROMETRICHE

40020P133DP252

 www.geocoter.com	GEOECOTER s.c.a.r.l. - Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613	

PROVA DINAMICA DPSH 101 ms		Caratteristiche del penetrometro	
Committente	Studio di geologia e geofisica srl	Peso del maglio	63,5
Cantiere	Monte Castello	Altezza di caduta	75 cm
Località	Mercato Saraceno	Angolo punta conica	60°
Data	11-03-2013	Sezione punta conica	20,43 cmq
Quota	piano campagna	Diametro aste	32 mm
Livello Falda	4.00	Peso aste	6,31 Kg/ml



Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

40020P134DP253

 GEOECO TER associated engineers	GEOECOTER s.c.a.r.l. - Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

PROVA DINAMICA DPSH 102 ms		Caratteristiche del penetrometro	
Committente	Studio di geologia e geofisica srl	Peso del maglio	63,5
Cantiere	Taibo	Altezza di caduta	75 cm
Località	Mercato Saraceno	Angolo punta conica	60°
Data	11-03-2013	Sezione punta conica	20,43 cmq
Quota	piano campagna	Diametro aste	32 mm
Livello Falda	3.00	Peso aste	6,31 Kg/ml

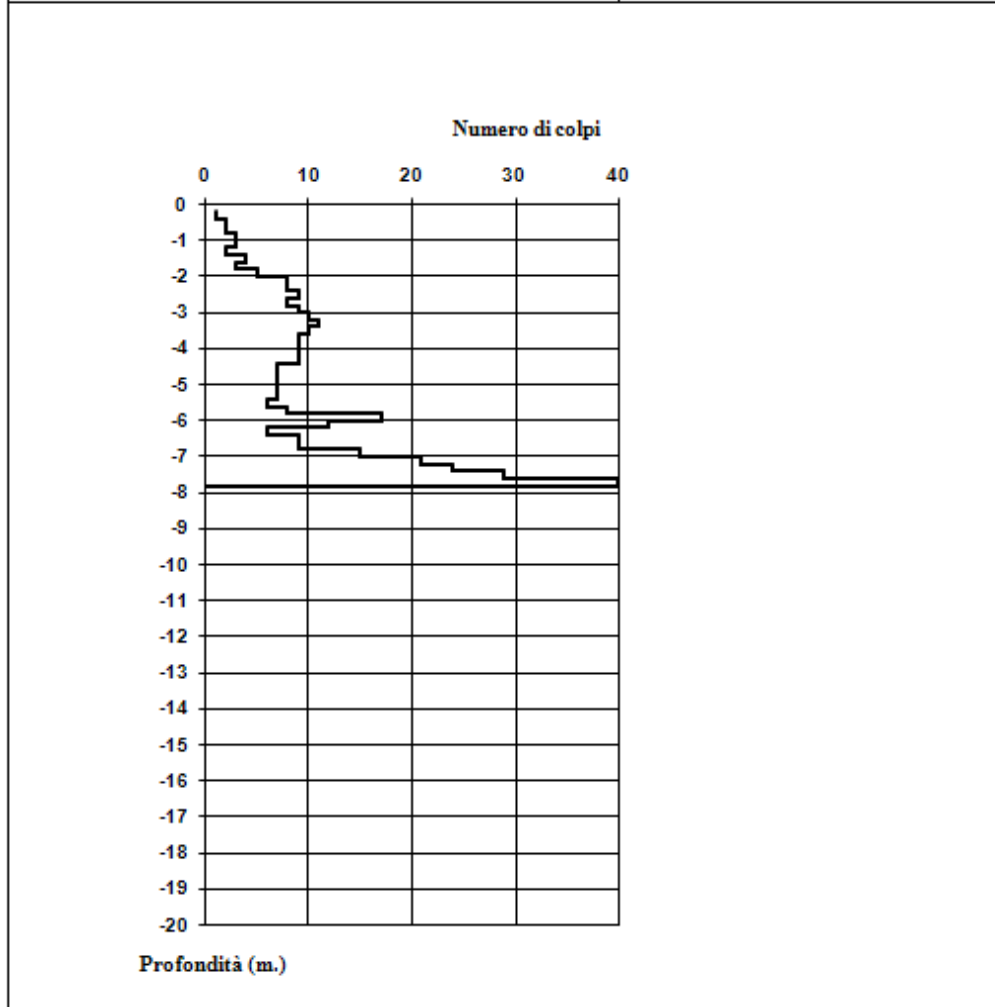
Numero di colpi

Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

40020P135DP254

	GEOECOTER s.c.a.r.l. - Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

PROVA DINAMICA DPSH 105 ms		Caratteristiche del penetrometro	
Committente	Studio di geologia e geofisica srl	Peso del maglio	63,5
Cantiere	Ponte Giorgi	Altezza di caduta	75 cm
Località	Mercato Saraceno	Angolo punta conica	60°
Data	11-03-2013	Sezione punta conica	20,43 cmq
Quota	piano campagna	Diametro aste	32 mm
Livello Falda	3.00	Peso aste	6,31 Kg/ml

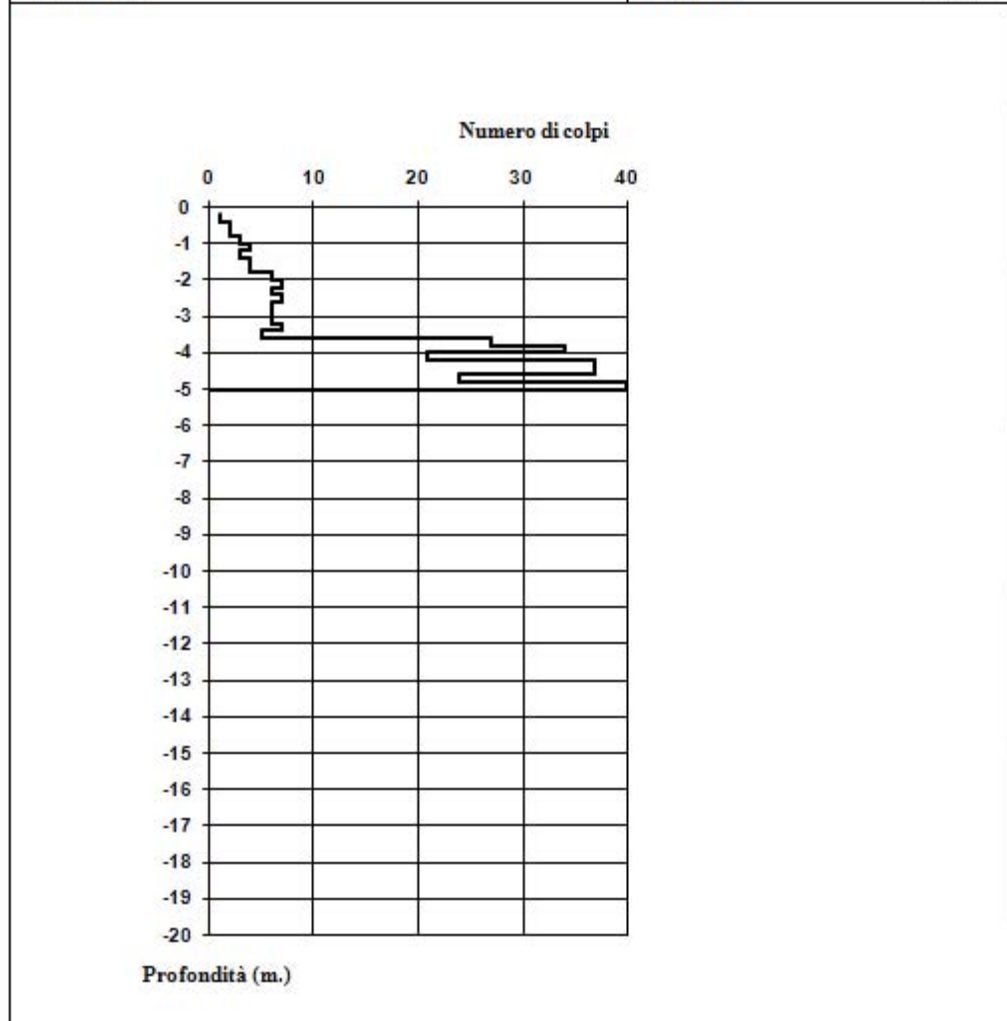


Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

40020P136DP255

 <small>associated engineers</small>	GEOECOTER s.c.a.r.l. - Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613


PROVA DINAMICA DPSH 107 ms		Caratteristiche del penetrometro	
Committente	Studio di geologia e geofisica srl	Peso del maglio	63,5
Cantiere	Bora	Altezza di caduta	75 cm
Località	Mercato Saraceno	Angolo punta conica	60°
Data	11-03-2013	Sezione punta conica	20,43 cmq
Quota	piano campagna	Diametro aste	32 mm
Livello Falda		Peso aste	6,31 Kg/ml

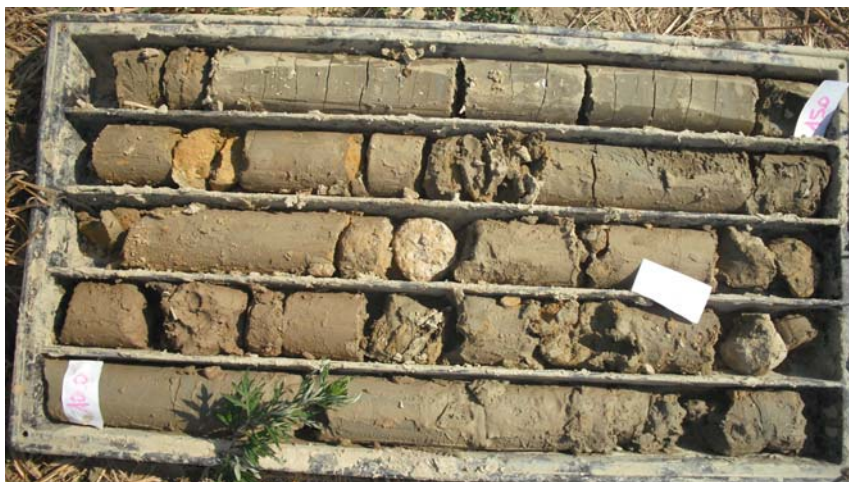


Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica



Indagini III° livello

 GEOECO TER associated engineers <small> Liv. Trabocchi - MontePetro basso 47030 Sogliano di R. (FC) Tel. e Fax 0547/95903 C.F./P. I. Reg. Imprese Forlì-Cesena n. 0264920405 n. REA 33409 Istr. Abbi Soc. Coopive n. A106433 </small>		MACCHINA PERFORATRICE: PC DRILL 830 METODO DI PERFORAZIONE: CAROTAGGIO CONTINUO RIVESTIMENTO: ATTREZZO DI PERFORAZIONE: Cotoniere diamantato NOTE: Profondità raggiunta 15,00 m		S1 PROFONDEA m 15,00							
Committente : Sgg Cantiere: Mercato Saraceno Via Pablo Neruda (FC)				DATA: 06/09/2013							
CAMPIONI: disturbato (d) - indisturbato (i) A - da carotiere semplice (d) B - da carotiere doppio (i)		C - da carotiere triplo (i) D - da S.P.T. (d)		E - da carotiere a pistone (i) F - da Shelby (i)							
				OPERATORE: Dott. Geol. Mario B. Gabrieli ASSISTENTE: Lorenzo Gabrieli							
Pocket Penetrometer <small>kg/cm²</small>	Vane test <small>kg/cm²</small>	Profondità <small>m</small>	Simbolo Stratigrafico	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		<small> Recupero (%) R.S.D. (%) SPT SPT SPT </small>	Prof. acqua Data lettura	Profondità N. colpi	Profondità SPT SPT	Profondità SPT SPT	Profondità SPT SPT
		1		<u>Coltre detritica</u> Sabbie limose marroni essiccate							
		2		presenza laterizi							
		3									
		4									
		5		Limi sabbiosi ocra saturi in acqua con presenza di blocchi arenacei della Formazione FMA - conoidi di detrito e di falda della Rupe di Montessaso; piccole emergenze idriche a - 3,20 m, - 3,70 m, 4,50 m e a 5,70 m		5,5					
		6				6,0					
		7									
		8									
		9									
		10		Argille plastiche grigio azzurre finemente laminate con clasti carbonatici e calcinelli con livelli sabbiosi e torbosi a - 9,80 m; deposito fluvio-lacustre							
		11									
		12		Limi sabbiosi e sabbie con inclusi arenacei giallastri non si riscontra falda acquifera							
		13									
		14		Argille grigie finemente laminate con frustoli vegetali con clasti carbonatici e arenacei probabile deposito fluvio lacustre							
		15		fine sondaggio							
		16									
		17									
		18									
		19									
		20									



Comune di Mercato Saraceno (FC)
Studio di microzonazione sismica
Relazione tecnica



GEOstudi srl

Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDIAB@fastwebnet.it



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N.VERB.ACCEIT/CAMP.	1596/5	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48532 / AP	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova		Pag.	1/1
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova			

COMMITTENTE	STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL	COMMESSA	106 / 2013
CANTIERE	Provincia di Forlì - Cesena		
Sondaggio	S2-Mercato Saraceno	Campione	C1
		Profondità [m]	5,50-6,00
FUSTELLA	INOX	DIAMETRO INT.: cm	8,4
		LUNGHEZZA: cm	70

APERTURA CAMPIONE (ASTM D 2488/93)

PROGRAMMA PROVE

APERTURA CAMPIONE INDISTURBATO
CONTENUTO NATURALE DI ACQUA (ASTM D 2216-92)
PESO DI VOLUME
TAGLIO DIRETTO C.D.

DESCRIZIONE VISUALE

Sabbia fine uniforme micacea limosa di colore marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), addensata, umida frazione fine non plastica. Reagente all'HCL. Da 13 a 25 cm livello caratterizzato da una maggiore frazione limoso argillosa.

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		[cm]	POCKET PENETR. [kg/cm ²]	TOR VANE [kg/cm ²]	[cm]	PROVINI
Sabbia fine uniforme micacea limosa di colore marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), addensata, umida frazione fine non plastica. Reagente all'HCL. Da 13 a 25 cm livello caratterizzato da una maggiore frazione limoso argillosa.	0	0			0	
	10	10	10	N. R.	10	
	20	20			20	
	30	30	30	N. R.	30	TD1
	35				35	TD2
	40				40	TD3
	50	50			50	
	60	60			60	
	70	70			70	
	80	80			80	
	90			90		
	100			100		

QUALITA' DEL CAMPIONE SUFFICIENTE

NOTE

Lo sperimentatore
(Dott. E. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. P. Manara)

Comune di Mercato Saraceno (FC)
Studio di microzonazione simica
Relazione tecnica



GEOstudi srl

Laboratorio Geotecnico - Prove in sito
 LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI PRESIDENZA DEL CONSIGLIO
 SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO TECNICO CENTRALE - D.P.R. n. 380/2001, Art. 59
 Autorizzazione N. 52497 - Prove geotecniche sulle terre (settore A) e prove geotecniche In sito

Commessa : 106_13
 Cantiere : MERCATO SARACENO
 Committente: STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA srl



PARTE ALTA	←	PARTE BASSA
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE : C1	PROFONDITA' (m): 5,50-6,00



GEOAudi srl

Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDILAB@fastwebnet.it



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N.VERB.ACCELT./CAMP.	1596/5	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48533 / FV	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova			
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova		Pag.	1/1

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL COMMESSA 106 / 2013
CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena
Sondaggio S2-Mercato Saraceno Campione C1 Profondità [m] 5,50-6,00

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854-92)

Massa picn.+acqua+terr.secco [g]		
Temperatura [°C]		
Massa picnometro + acqua [g]		
Massa terreno secco [g]		
Peso specifico dei grani		
Peso specifico dei grani medio		

PROVA EFFETTUATA	TD1	TD2	TD3							
------------------	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--

GRANDEZZE INIZIALI

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA (ASTM D 2216-92)

Massa conten.+terr.umido [g]	86,35	92,70	89,35							
Massa conten.+terr.secco [g]	76,18	81,93	78,54							
Massa contenitore [g]	19,57	18,33	18,10							
Contenuto d'acqua (%)	18,0	16,9	17,9							

PESO DI VOLUME UMIDO (BS 1377(90) PART 2)

Lato / diametro provino [mm]	L59,96	L59,91	L60,00							
Altezza provino [mm]	19,86	19,76	19,91							
Massa fustella + provino [g]	203,65	200,24	202,15							
Massa fustella [g]	60,81	60,10	61,50							
Peso di volume umido [kN/m³]	19,62	19,38	19,24							

CARATTERISTICHE DERIVATE

Peso di volume del secco [kN/m³]	16,63	16,57	16,32							
Indice dei vuoti										
Porosità (%)										
Grado di saturazione										

GRANDEZZE FINALI

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA (ASTM D 2216-92)

Massa conten.+terr.umido [g]	115,65	132,17	115,63							
Massa conten.+terr.secco [g]	104,99	120,07	106,83							
Massa contenitore [g]	48,98	51,27	52,92							
Contenuto d'acqua (%)	19,0	17,6	16,3							

PESO DI VOLUME UMIDO (BS 1377(90) PART 2)

Altezza provino [mm]	19,74	19,47	18,86							
Massa fustella + provino [g]	203,65	200,24	202,15							
Massa fustella [g]	60,81	60,10	61,50							
Peso di volume umido [kN/m³]	19,92	19,78	19,89							

CARATTERISTICHE DERIVATE

Peso di volume del secco [kN/m³]	16,73	16,82	17,10							
Indice dei vuoti										
Porosità (%)										
Grado di saturazione										

Lo sperimentatore
(Dott. E. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. P. Manara)


GEOaudi srl

 Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
 Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDI.LAB@fastwebnet.it

 Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
 Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N.VERB.ACCELT./CAMP.	1596/5	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48534 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013		
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013	Pag.	1/5

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL

COMMESSA 106 / 2013

CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena

Sondaggio S2-Mercato Saraceno

Campione C1

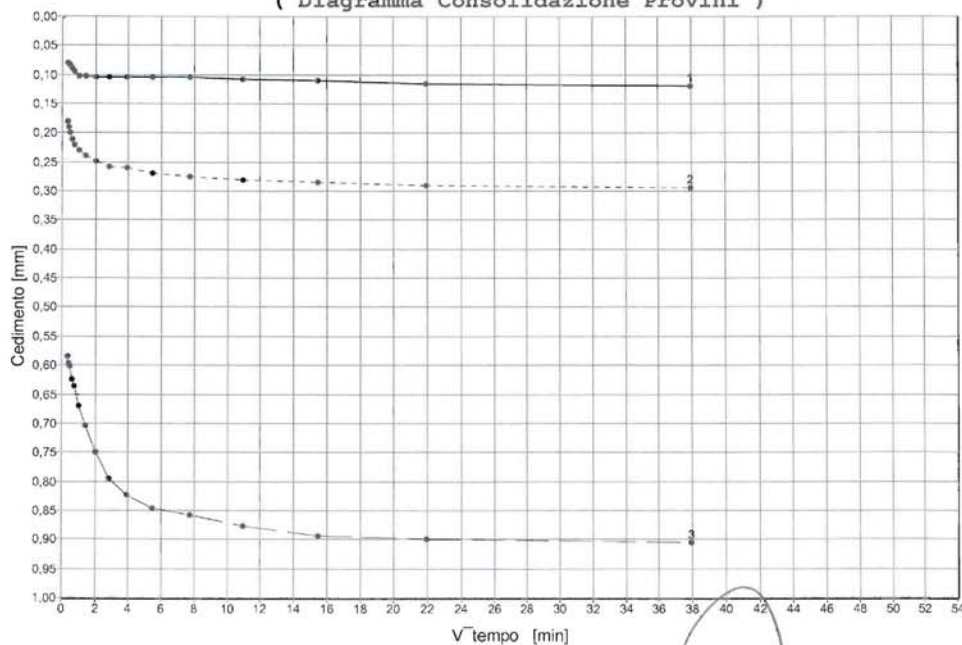
Profondità [m] 5,50-6,00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO
ASTM D 3080/90**

PROVINO N.	1	2	3
Lato [mm]	59,96	59,91	60,00
Area di base [cm ²]	35,95	35,89	36,00
Altezza iniziale [mm]	19,86	19,76	19,91
Contenuto naturale d'acqua iniziale (%)	18,0	16,9	17,9
Peso di volume iniziale [kN/m ³]	19,62	19,38	19,24
Altezza finale [mm]	19,74	19,47	19,01
Contenuto naturale d'acqua finale (%)	19,0	17,6	16,3
Pressione verticale [kPa]	49,03	98,07	196,13
Cedimento finale [mm]	0,12	0,30	0,90
t 100 [min]	1,75	2,64	9,72

Velocità di deformazione calcolata [mm/min]

(Diagramma Consolidazione Provini)


 Lo sperimentatore
 (Dott. E. Raspa)

 Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. P. Manara)

Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica



GEOstudi srl

Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDILAB@fastwebnet.it



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N.VERB.ACCETT./CAMP.	1596/5	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48534 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013		
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013	Pag.	2/5

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL COMMESSA 106 / 2013
CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena
Sondaggio S2-Mercato Saraceno Campione C1 Profondità [m] 5,50-6,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO ASTM D 3080/90

(Diagramma Consolidazione Provini)

PROVINO N. 1		PROVINO N. 2		PROVINO N. 3		PROVINO N. 4		PROVINO N. 5	
Tempo [min]	Deform.[mm]	Tempo [min]	Deform.[mm]	Tempo [min]	Deform.[mm]	Tempo [min]	Deform.[mm]	Tempo [min]	Deform.[mm]
0,10	0,08	0,10	0,18	0,10	0,58				
0,17	0,08	0,17	0,19	0,17	0,60				
0,25	0,08	0,25	0,20	0,25	0,60				
0,40	0,09	0,40	0,21	0,40	0,62				
0,50	0,10	0,50	0,22	0,50	0,64				
1,00	0,10	1,00	0,23	1,00	0,67				
2,00	0,10	2,00	0,24	2,00	0,70				
4,00	0,10	4,00	0,25	4,00	0,75				
8,00	0,10	8,00	0,26	8,00	0,80				
15,00	0,10	15,00	0,26	15,00	0,82				
30,00	0,10	30,00	0,27	30,00	0,85				
60,00	0,10	60,00	0,28	60,00	0,86				
120,00	0,11	120,00	0,28	120,00	0,88				
240,00	0,11	240,00	0,28	240,00	0,89				
480,00	0,12	480,00	0,29	480,00	0,90				
1440,00	0,12	1440,00	0,29	1440,00	0,90				

Lo sperimentatore
(Dot. E. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
(Dot. E. P. Manza)

Comune di Mercato Saraceno (FC)
Studio di microzonazione sismica
Relazione tecnica



GEOstudi srl
Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDI.LAB@fastwebnet.it



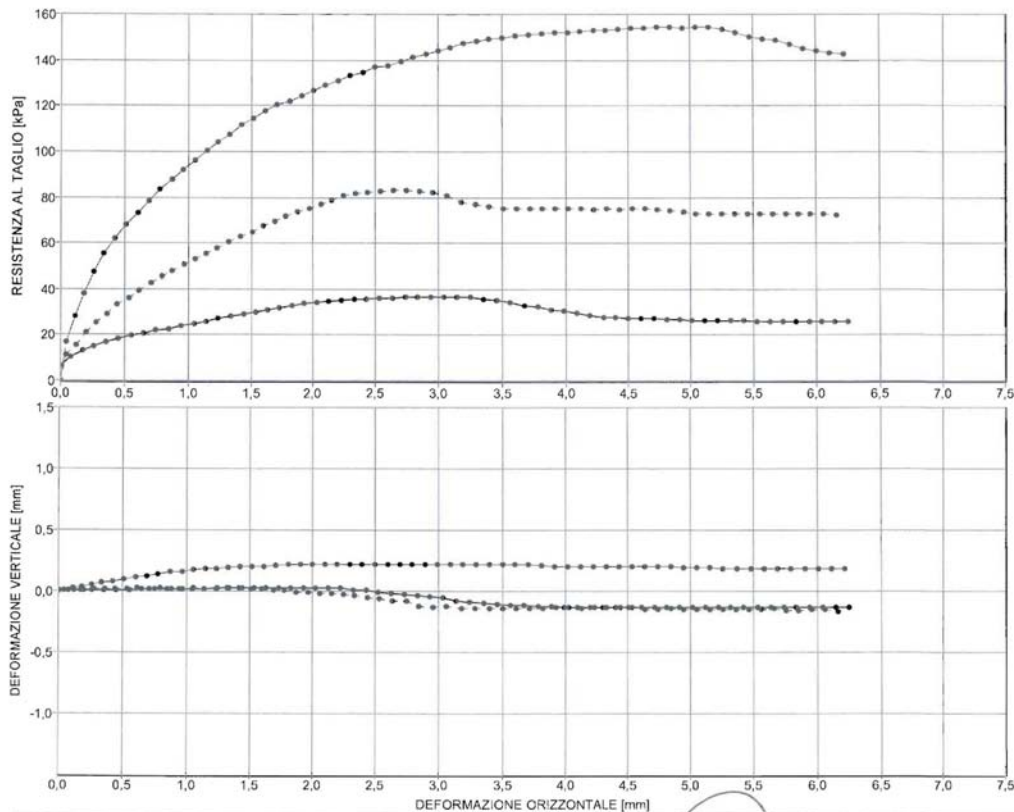
Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N.VERB.ACCETT./CAMP.	1596/5	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48534 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013	Pag.	3/5
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013		

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL
CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena
Sondaggio S2-Mercato Saraceno Campione C1 Profondità [m] 5,50-6,00
COMMESSA 106 / 2013

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - PICCO
ASTM D 3080/90

PROVINO N.	1	2	3
Lato [mm]	59,96	59,91	60,00
Altezza [mm]	19,86	19,76	19,91
Velocità di deformazione [mm/min]	0,016	0,016	0,016
Pressione verticale [kPa]	49,03	98,07	196,13

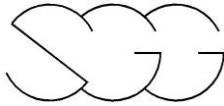


NOTE

Lo sperimentatore
(Dott. P. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. P. Mahara)

Comune di Mercato Saraceno (FC)
Studio di microzonazione sismica
Relazione tecnica

**GEOstudi srl**

Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)

Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDILAB@fastwebnet.it

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N. VERB. ACCETT./CAMP.	1596/5	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48534 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013		
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013	Pag.	4/5

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL

COMMESSA 106 / 2013

CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena

Sondaggio S2-Mercato Saraceno

Campione C1

Profondità [m] 5,50-6,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - PICCO
ASTM D 3080/90

(Diagramma Provini)

PROVINO N. 1			PROVINO N. 2			PROVINO N. 3			PROVINO N. 4			PROVINO N. 5		
Def. orizz.	Def. vert.	TAU	Def. orizz.	Def. vert.	TAU	Def. orizz.	Def. vert.	TAU	Def. orizz.	Def. vert.	TAU	Def. orizz.	Def. vert.	TAU
[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]
0,08	0,00	10,39	0,12	0,01	15,56	0,11	0,02	28,17						
0,17	0,00	12,99	0,20	0,01	21,19	0,18	0,04	38,09						
0,26	0,01	15,07	0,28	0,02	25,25	0,26	0,06	47,21						
0,36	0,01	16,89	0,36	0,02	29,08	0,34	0,07	55,54						
0,45	0,01	18,45	0,44	0,02	33,14	0,43	0,08	61,89						
0,55	0,01	19,48	0,53	0,02	36,07	0,51	0,10	68,24						
0,65	0,02	20,52	0,62	0,03	39,23	0,60	0,12	73,39						
0,75	0,02	21,82	0,70	0,02	42,61	0,69	0,13	78,55						
0,85	0,02	22,60	0,79	0,03	45,31	0,78	0,14	83,31						
0,94	0,02	23,90	0,88	0,02	48,02	0,87	0,15	87,68						
1,04	0,02	24,94	0,96	0,02	50,50	0,96	0,16	92,04						
1,14	0,02	25,72	1,05	0,03	52,98	1,05	0,17	96,40						
1,24	0,03	27,02	1,14	0,02	55,46	1,15	0,18	100,37						
1,34	0,03	28,06	1,23	0,02	57,94	1,24	0,19	104,34						
1,44	0,03	29,10	1,32	0,03	60,42	1,33	0,19	107,51						
1,54	0,03	30,14	1,41	0,03	62,67	1,42	0,20	111,48						
1,63	0,03	30,92	1,51	0,02	64,93	1,52	0,20	114,26						
1,73	0,03	31,95	1,60	0,02	67,41	1,62	0,20	117,83						
1,83	0,03	32,74	1,69	0,01	69,44	1,71	0,21	120,61						
1,93	0,03	33,77	1,78	0,00	71,69	1,81	0,22	121,80						
2,03	0,03	34,29	1,88	-0,01	73,49	1,91	0,22	124,18						
2,13	0,03	34,81	1,97	-0,01	75,30	2,00	0,22	126,56						
2,23	0,03	35,33	2,06	-0,02	77,10	2,10	0,22	128,94						
2,33	0,01	35,85	2,16	-0,01	78,90	2,20	0,22	130,92						
2,43	0,00	35,85	2,25	-0,02	80,48	2,30	0,22	133,30						
2,53	-0,01	36,11	2,34	-0,03	81,61	2,40	0,22	134,89						
2,63	-0,02	36,11	2,44	-0,05	82,29	2,50	0,22	136,87						
2,74	-0,03	36,37	2,54	-0,06	82,74	2,60	0,22	137,66						
2,84	-0,04	36,37	2,64	-0,08	82,96	2,70	0,22	139,25						
2,94	-0,05	36,37	2,75	-0,08	82,96	2,80	0,22	141,24						
3,04	-0,05	36,37	2,85	-0,12	82,74	2,90	0,22	142,43						
3,15	-0,08	36,37	2,96	-0,13	82,06	3,00	0,22	144,01						
3,25	-0,09	36,37	3,07	-0,12	80,71	3,10	0,22	145,60						
3,35	-0,10	35,85	3,18	-0,14	77,78	3,20	0,22	147,19						
3,46	-0,11	35,07	3,29	-0,14	76,88	3,30	0,22	148,38						
3,56	-0,12	34,03	3,40	-0,14	76,20	3,40	0,22	149,17						
3,67	-0,11	32,99	3,50	-0,14	75,07	3,50	0,22	149,57						
3,78	-0,13	32,22	3,61	-0,14	75,07	3,60	0,22	150,76						
3,88	-0,12	31,18	3,71	-0,14	74,85	3,71	0,22	151,15						
3,99	-0,13	30,40	3,81	-0,14	75,07	3,81	0,21	151,55						
4,09	-0,13	29,36	3,92	-0,13	74,85	3,91	0,20	151,95						
4,19	-0,13	28,58	4,02	-0,13	74,85	4,02	0,20	151,95						
4,30	-0,13	27,80	4,12	-0,14	74,85	4,12	0,20	152,34						
4,40	-0,13	27,54	4,23	-0,13	74,62	4,22	0,20	152,74						
4,50	-0,13	27,28	4,33	-0,13	74,85	4,32	0,20	152,74						
4,61	-0,13	27,02	4,43	-0,13	74,62	4,42	0,20	153,53						
4,71	-0,13	27,02	4,53	-0,13	74,85	4,53	0,20	153,93						
4,81	-0,13	26,76	4,64	-0,15	75,07	4,63	0,20	153,93						
4,91	-0,13	26,76	4,74	-0,15	74,62	4,73	0,20	154,33						
5,01	-0,13	26,50	4,84	-0,14	74,17	4,84	0,20	154,33						
5,12	-0,13	26,50	4,95	-0,15	73,49	4,94	0,19	153,93						

Lo sperimentatore
(Dott. E. Raspa)Il Direttore del Laboratorio
(Dott. P. Mahara)

Comune di Mercato Saraceno (FC)
Studio di microzonazione sismica
Relazione tecnica


GEOstudi srl

 Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
 Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDILAB@fastwebnet.it

 Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
 Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N.VERB.ACCETT./CAMP.	1596/5	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48534 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013	Pag.	5/5
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013		

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL

COMMESSA 106 / 2013

CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena

Sondaggio S2-Mercato Saraceno

Campione C1

Profondità [m] 5,50-6,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - PICCO
ASTM D 3080/90

(Diagramma Provini)

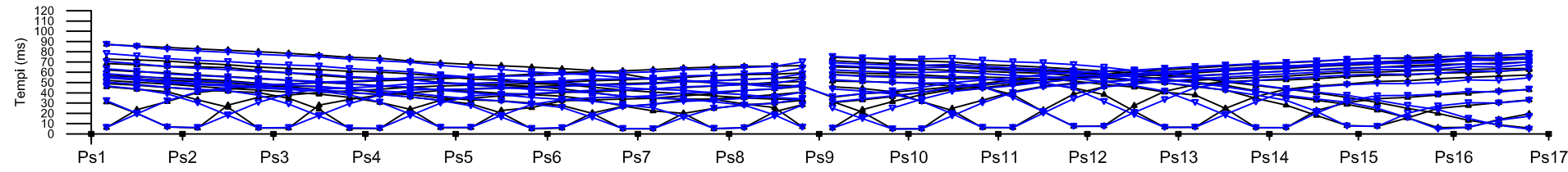
PROVINO N. 1			PROVINO N. 2			PROVINO N. 3			PROVINO N. 4			PROVINO N. 5		
Def. orizz.	Def. vert.	TAU	Def. orizz.	Def. vert.	TAU	Def. orizz.	Def. vert.	TAU	Def. orizz.	Def. vert.	TAU	Def. orizz.	Def. vert.	TAU
[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]
5,22	-0,13	26,50	5,05	-0,15	72,82	5,05	0,19	154,33						
5,32	-0,13	26,50	5,15	-0,15	72,82	5,15	0,19	154,33						
5,42	-0,13	26,24	5,25	-0,15	72,82	5,26	0,19	153,53						
5,53	-0,13	25,98	5,36	-0,15	72,82	5,37	0,19	151,95						
5,63	-0,13	25,98	5,46	-0,15	72,59	5,48	0,19	150,36						
5,74	-0,13	25,98	5,56	-0,15	72,59	5,58	0,19	149,17						
5,84	-0,13	25,72	5,66	-0,14	72,59	5,69	0,19	148,77						
5,94	-0,13	25,72	5,76	-0,16	72,59	5,80	0,19	146,79						
6,04	-0,13	25,72	5,86	-0,16	72,59	5,90	0,19	145,20						
6,15	-0,13	25,72	5,95	-0,15	72,59	6,01	0,19	144,01						
6,25	-0,13	25,72	6,06	-0,15	72,59	6,11	0,19	143,22						
			6,16	-0,17	72,37	6,22	0,19	142,82						

 Lo sperimentatore
 (Dott. E. Raspa)

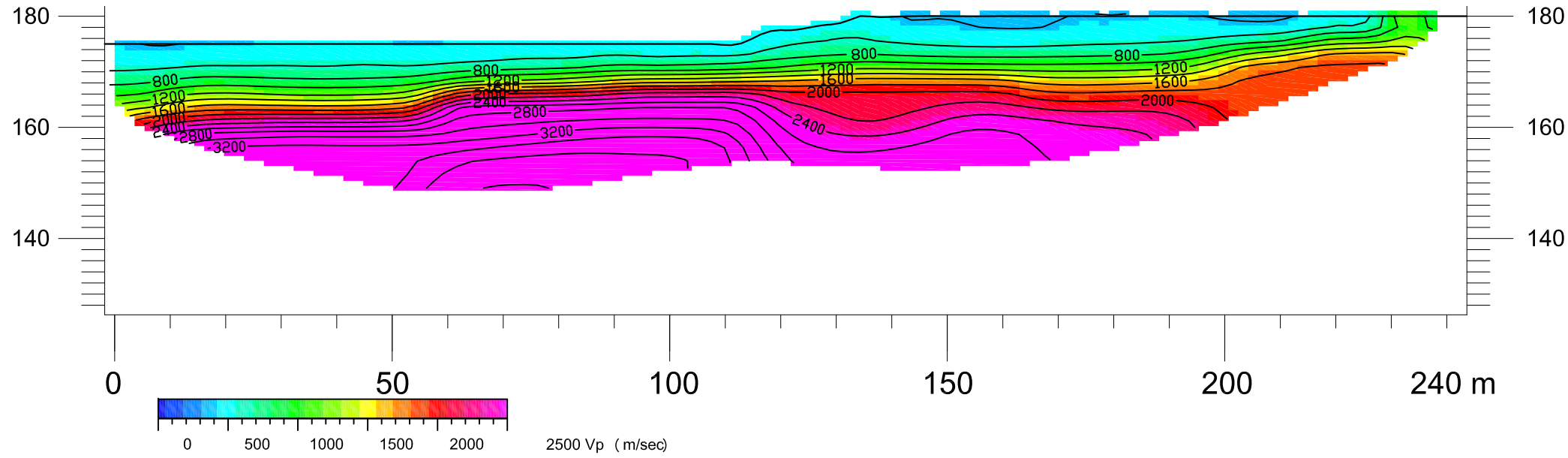
 Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. P. Manara)

 Comune di Mercato Saraceno (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

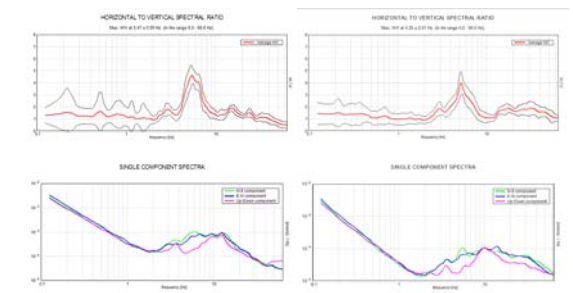
P6 - Mercato Saraceno



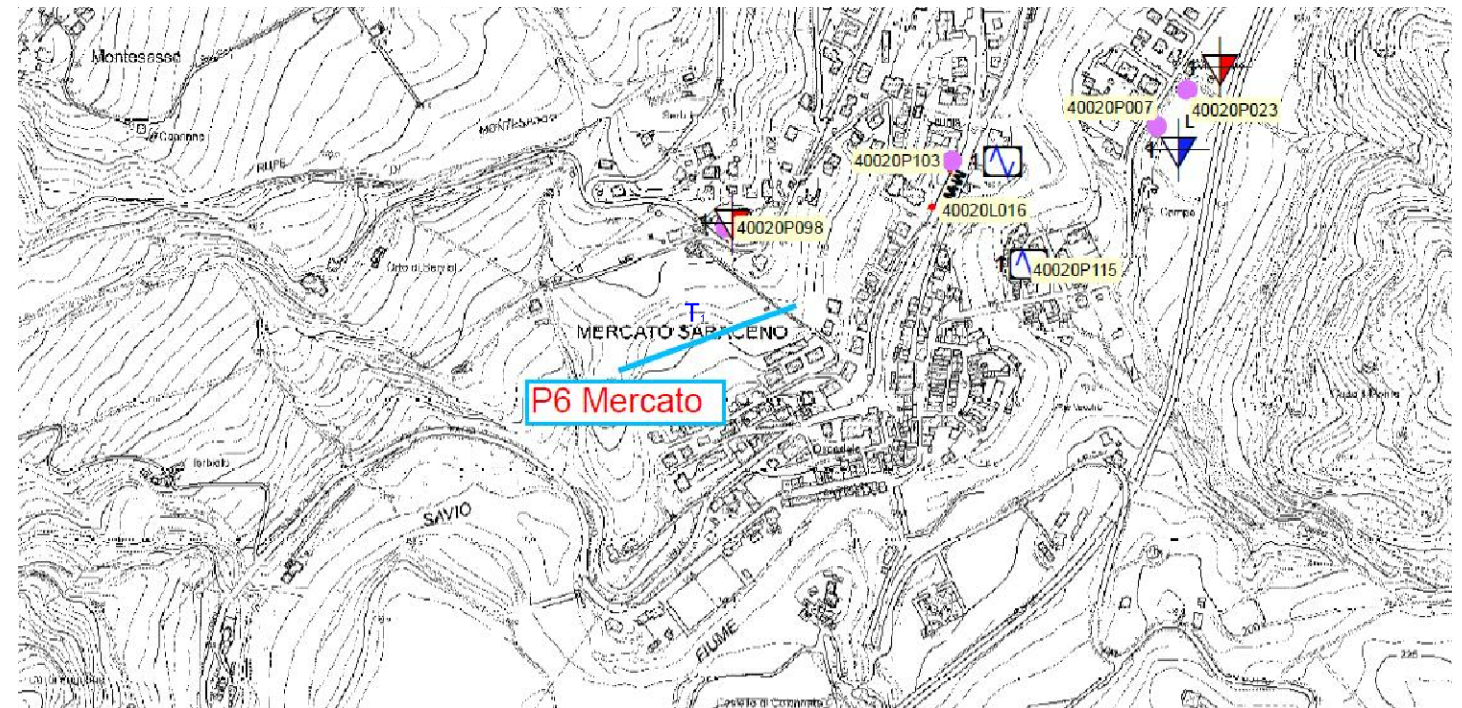
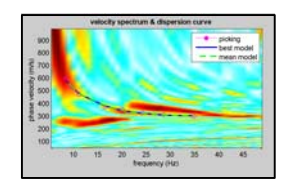
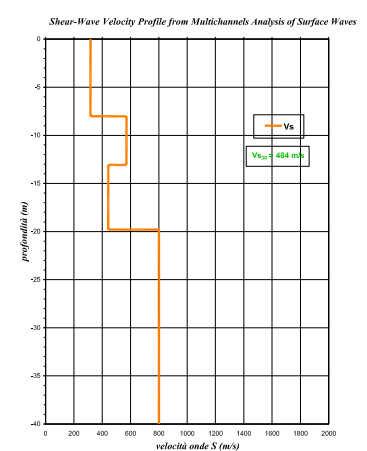
Quote slm (m)



Misura HVSR



Mercato 6



LEGENDA

- dati sperimentali
- valori calcolati con interpretazione tomografica
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- Curve di isovelocità sismica e relativo valore (m/s) (equidistanza 200 m/s)
- Maglia cella tomografica 1,8x0,9 m

LEGENDA

- Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
- Ubicazione prova Masw
- Ubicazione misura HVSR

D					
C					
B					
A	EMMISSIONE	30-Agosto-2013	De Luca	Rusci	Baldi
Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
COMMITTENTE : Comune di Mercato Saraceno					Commissa n° T 718
LOCALITA': Borgli					
INDAGINE: Studio di microzonazione sismica					
OGGETTO: Prove integrative - III Livello					
TAVOLA: Tomografia sismica a rifrazione P6 - Prova MASW - Misura HVSR					FORMATO A1
4370SSGG15A		30 Ago 2013	PRECISIONE:	UNITA:	SCALA:
nome file :				m	1:500
				m	1:2.000
STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA s.r.l. STRADA MASSETANA ROMANA, 56 - SIENA - ITALY - Tel. +39 057749276 - Fax +39 0577287254 - e-mail: info@sgg.it				DATA	CONTROLLO QUALITA'