REGIONE MARCHE

Comune di Montemonaco

COMMISSARIO STRAORDINARIO
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016

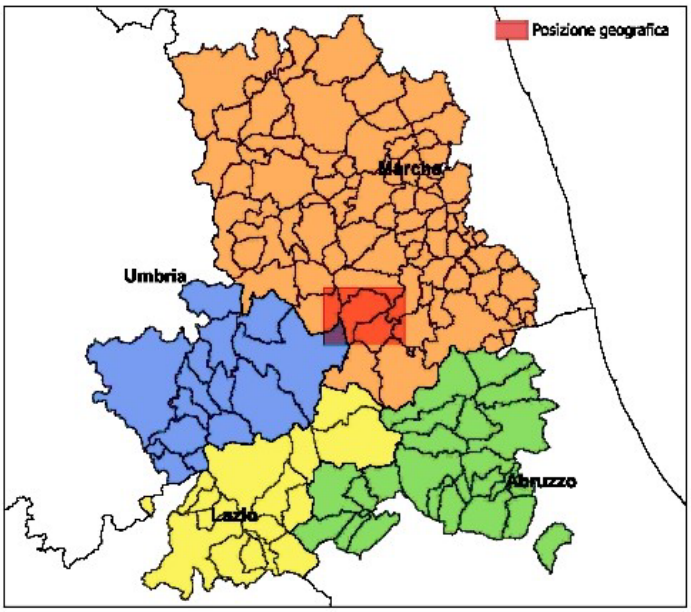
Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Montemonaco ai sensi dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n.24 registrata il 15 maggio 2017 al n. 1065

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Marche

Comune di Montemonaco



Soggetto realizzatore:

Dott.Geol. Diego Pacetti
Dott.Geol. Massimo Gubinelli

Collaboratore:
Geol Junior Filippo Fabiani

Data e revisione:

CENTROMS
CENTRO PER LA MICROZONAZIONE SISMICA E LE SUE APPLICAZIONI

Sommario

1. INTRODUZIONE 3
2. PROGRAMMA DI LAVORO E CRONOPROGRAMMA DELLE INDAGINI 6
3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO 12
3.1Pericolosità sismica di base 19
4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA 21
4.1 Geologia 21
4.2 Geomorfologia 24
4.3 Idrogeologia 26
5. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI 26
5.1 Sondaggio S1 26
5.2 Prove DOWN HOLE 29
6. SISMICA DI SUPERFICIE 33
6.1 MASW - Cenni teorici sulle indagini sismiche con metodologia MASW 33
6.2 Hvsr 78
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE 81
7.1 Inversioni congiunte 81
8. MODELLAZIONE 1D 81
8.1 Amplificazione topografica 83
8.2 Amplificazione Topografica del Capoluogo 84
9. IL MODELLO DI SOTTOSUOLO 85
9.1 La Carta Geologico tecnica 85
9.2 Terreni di copertura 86
9.3 Substrato geologico 86
9.4 Instabilità di versante 87
9.5 Forme di superficie e sepolte 87
9.6 Elementi tettonico – strutturali 88
9.7 Elementi geologici e idrogeologici 89
9.8Sezioni geologiche 89
10. LA CARTA DELLE MOPS 89
10.1 Aree stabili (tipo_z=1000) 90
10.2 Aree stabili suscettibili di amplificazione (tipo_Z=2000) 90
10.3 Zone di Attenzione per frana ZAfr 95
10.4 Zone di attenzione per liquefazione ZAliq 95
11. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE 96
12. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO 96
13. RISULTATI E LORO PRESENTAZIONE ELABORATI GRAFICI 97
13.1 Carta delle frequenze naturali del terreno 97
14. BIBLIOGRAFIA 98

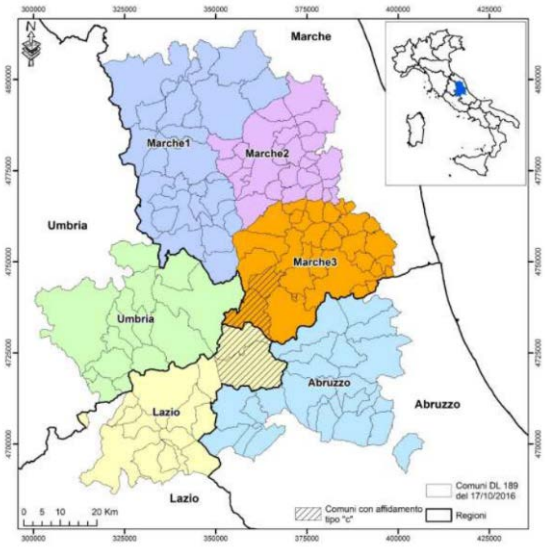
1. INTRODUZIONE

A seguito della fase sismica che ha interessato il centro Italia a partire dal 24 agosto 2016 con l'ordinanza 24 del 2017 siglata dal commissario per la ricostruzione sisma 2016, Vasco Errani, si definiscono le modalità per l'inizio delle attività di microzonazione sismica in 140 Comuni del centro Italia, finanziata dallo Stato. Obiettivo è creare il più vasto studio in Italia sul tema per estensione territoriale, realizzato attraverso indagini geologiche e geofisiche approfondite sulle caratteristiche del sottosuolo che consentirà di predisporre in pochi mesi, una mappatura di alto valore scientifico e in grado di dare informazioni precise e accurate.

La Microzonazione Sismica è una operazione scientifica, altamente complessa e multidisciplinare, che ha lo scopo di riconoscere, ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale 1:5.000), le condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali dell'immediato sottosuolo, che possono alterare più o meno sensibilmente le caratteristiche del movimento sismico atteso generando amplificazioni del moto sismico e/o deformazioni permanenti. In altri termini tale analisi ha l'obiettivo di individuare eventuali effetti di sito a seguito di un sisma.

Dopo la definizione del territorio, fatta nel livello 1, di aree stabili, cioè non soggette a fenomeni di amplificazione, stabili soggette ad amplificazione, e instabili; Il livello 3 di MS consente di associare valori dei fattori di amplificazione FA e spettri medi di risposta alle zone stabili soggette ad amplificazione definite nel livello 1. Consente inoltre di caratterizzare, attraverso specifici parametri, le instabilità permanenti.

I risultati di uno studio di Microzonazione Sismica si applicano alla pianificazione del territorio e può fornire elementi di supporto alle valutazioni che il progettista responsabile degli interventi sui manufatti deve comunque fare sotto la sua esclusiva responsabilità, anche indipendentemente dai risultati della microzonazione di livello 3.



Per lo svolgimento degli studi di MS3 i comuni della Regione Marche interessati sono stati raggruppati in tre macro aree Marche 1- Marche 2 e Marche 3; il Comune di Montemonaco, insieme ad altri 29 comuni, è ricaduto all'interno della macro area n.3. Lo studio di 3^ livello del Comune è inoltre partito da una base solida di dati derivanti dal livello 1^ già realizzato negli anni passati.

Come previsto da protocolli l'insieme delle attività finalizzate alla realizzazione dello studio MS3 sono state eseguite dall'affidatario, incaricato direttamente dal Comune, in coordinamento con il Centro per la Microzonazione Sismica (CentroMS) e la struttura del CNR, che hanno avuto funzione di supporto, elaborazione e verifica dei risultati.

Durante tutte le fasi di studio vi è stato pertanto un continuo rapporto/confronto con il personale designato dal CentroMS che ha provveduto in prima fase alla formazione degli affidatari in modo da sviluppare un linguaggio comune e garantire una sostanziale omogeneità dei prodotti finali con standard accettabili. Il Centro MS ha provveduto a fornire supporto tecnico-scientifico durante le varie fasi di realizzazione dello studio; ha approvato il piano indagini di approfondimento; ha fornito dati ed elaborazioni come ad esempio la risposta sismica 2d; ha coordinando lo svolgimento delle attività nell'ambito dei raggruppamenti di Comuni.

Organizzazione delle Unità Operative Territoriali (6)

Raggruppamenti	Supporto coordinamento	Responsabile di Unità operativa	Supporto geologia	Supporto geofisica	Supporto modellazione 1D	Modellazione 2D
Abruzzo (23 Comuni)	Sara Amoroso	Alessandro Pagliaroli (UNICH-PE-INGEO)	UNIVAQ-DICEAA UNICH-PE-INGEO INGV	INGV UNIGE-DISTAV UNIVAQ-DICEAA	UNICH-PE-INGEO INGV	UNICH-PE-INGEO INGV UNIVAQ-DICEAA
Lazio (15 Comuni)	Salomon Hailemikael	Salvatore Martino (UNIROMA1-DST)	UNIROMA1-DST ENEA	UNIROMA1-DICEA CNR IMAA	UNIROMA1-DST ENEA	UNIROMA1-DST
Marche 1 (25 Comuni)	Carolina Fortunato	Dario Albarello (UNISI-DSFTA)	UNISI-DSFTA	UNIFI-DICeA UNISANNIO-DST	UNISI-DSFTA UNIFI-DICeA	UNISI-DSFTA UNIFI-DICeA
Marche 2 (30 Comuni)	Edoardo Peronace	Stefano Catalano (UNICT-DISBGA)	UNICT-DISBGA CNR IAMC	CNR IAMC UNICT-DISBGA	UNINA-DICEA CNR IGAG	UNINA-DICEA CNR IGAG
Marche 3 (30 Comuni)	Iolanda Gaudiosi	Marco Amanti (ISPRA)	ISPRA	ISPRA CNR IAMC POLITO-DISEG	POLITO-DISEG UNIROMA1-DISG ISPRA	POLITO-DISEG UNIROMA1-DISG ISPRA
Umbria (15 Comuni)	Maria Chiara Caciolli	Floriana Pergalani (POLIMI-DICA)	UNIPG-DFG	POLIMI-DICA CNR IDPA INGV	POLIMI-DICA CNR IDPA INGV	POLIMI-DICA CNR IDPA INGV

Il Comune di Montemonaco, in Provincia di Ascoli Piceno, è situato al margine dell'alta valle del Fiume Aso, ad un'altitudine di 988 m. sul livello del mare; il suo territorio comunale si estende per 67,81 chilometri quadrati (6781 Ha) occupando un'area morfologicamente eterogenea in cui prevale un paesaggio collinare/montuoso che si estende dai 2478 m della vetta del Monte Vettore fino ai 726 m nell'alta valle dell'Aso (Loc. Ariconi).

Il capoluogo è posto alle pendici del Monte Sibilla (2173 m slm) su una cresta posta in direzione O-E che separa il Bacino Idrografico del Fiume Aso da quello del Fiume Tenna.

I comuni confinanti sono: Arquata del Tronto (AP), Castelsantangelo sul Nera (MC), Comunanza (AP), Montefortino (FM), Montegallo (AP) e Norcia (PG).

Nella cartografia nazionale il comune di Arcevia è così individuabile

CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA			
foglio scala 1:100.000	Quadrante scala 1:50.000	tavoletta scala 1:25.000	Sezione CTR Scala 1:10.000
132 Norcia	132 Norcia, quadrante I	132 Norcia, Quadrante I SO-SE	325080 326050 325110 325120 325150 325160 326090

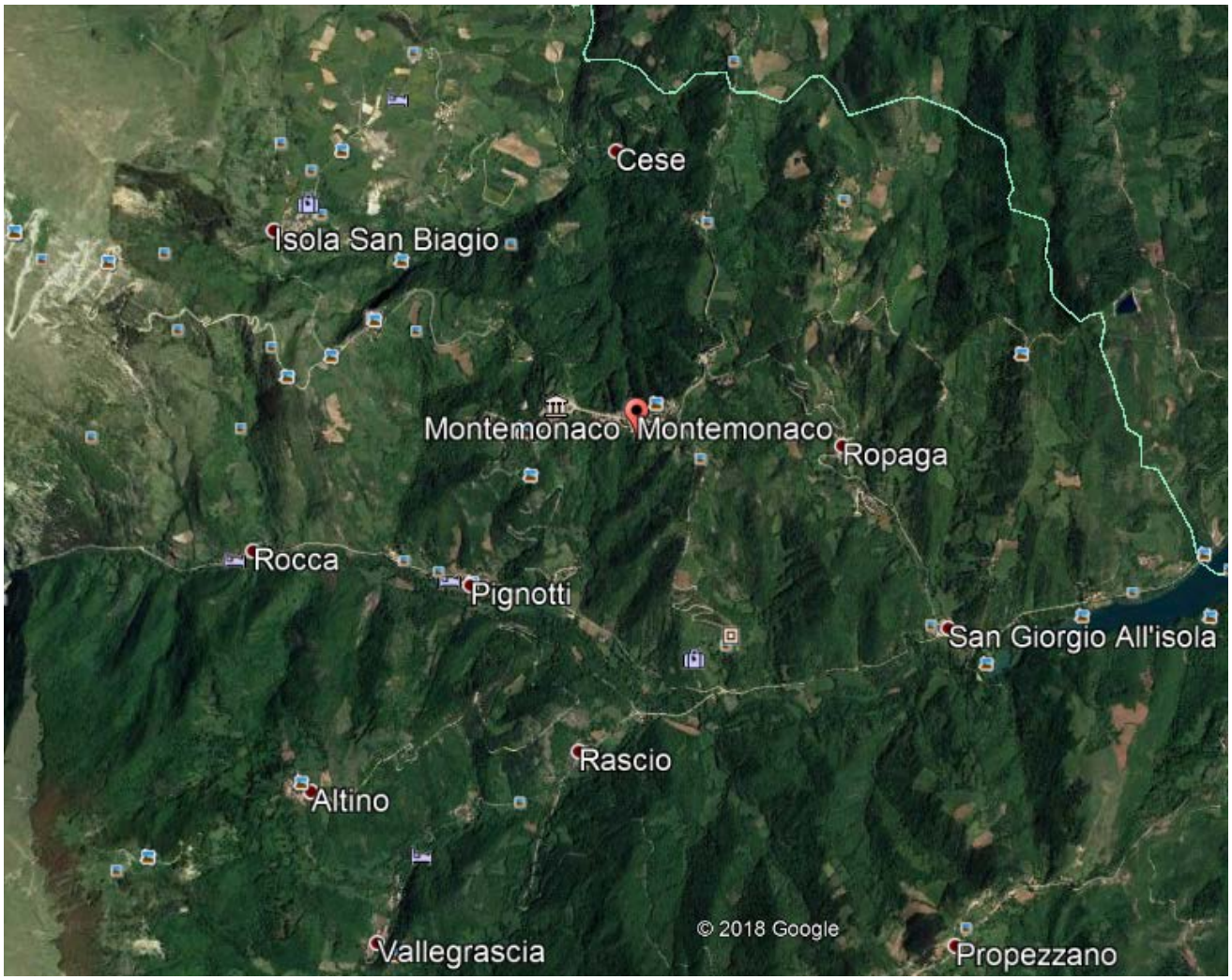
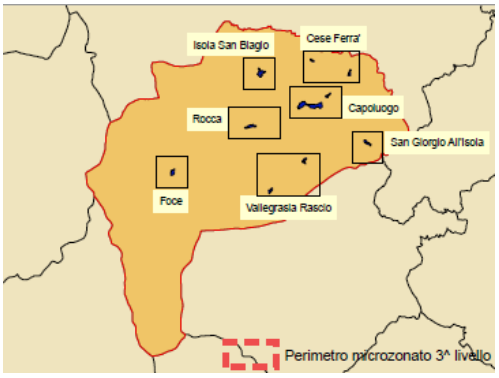


Figura 1 veduta aerea del Comune di Montemonaco



Capoluogo	251Ha
Isola San Biagio	3.3 Ha
Cese-Ferra'	3.4 Ha
Rocca	2.8 Ha
Foce	2.1 Ha
Vallegrascia-Rascio	8.4 Ha
San Giorgio all'Isola	8.4 Ha

Prima di iniziare lo studio di microzonazione in accordo con i tecnici del Comune e i responsabili del CentroMS sono state scelte le aree da approfondire per il 3^ livello rispetto quelle studiate durante il 1^livello. In particolare nel Comune di Montemonaco sono state approfondite le seguenti aree: Capoluogo, Isola San Biagio, Cese, Ferrà, Rocca, Foce, Vallegrascia, rascio, San Giorgio all'Isola

2. PROGRAMMA DI LAVORO E CRONOPROGRAMMA DELLE INDAGINI

Il Comune di Montemonaco in ottemperanza a quanto previsto dall' O.P.C.M. 29 febbraio 2012 n. 4007 e dalla D.G.R. Marche 23.10.2012 n. 1470, nel 2014 era stato interessato da studi di microzonazione sismica di 1^ livello, si è pertanto partiti da un corposo pacchetto di dati consolidati risultati utili per l'avvio dello studio di terzo livello.

L' MS1 è stata sviluppata secondo le specifiche contenute negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS 2008 – AA.VV.,2008) nella vers. 3.0 (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Specifiche tecniche per la redazione in ambiente gis degli elaborati cartografici della microzonazione sismica – versione 3.0 (Roma, ottobre 2013) – redatto dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica – art.5, c.7 dell'OPCM 13.11.2010, n.3907).

Nel primo livello, nel quale erano state realizzate le seguenti cartografie tematiche:

- Carta delle indagini
- Carte geologico tecnica e sezioni
- Carta delle Mops

ha agevolato l'inquadramento geologico del territorio di Montemonaco, sia dal punto di vista litostratigrafico che strettamente geologico.

L'insieme delle indagini in sito raccolte nel primo livello, ha messo a disposizione informazioni per un totale di n° 42 siti puntuali (indagini puntuali- sondaggi, prove penetrometriche, etc.) e n° 12 siti lineari (indagini lineari linee sismiche) uniformemente distribuiti lungo tutto il territorio.

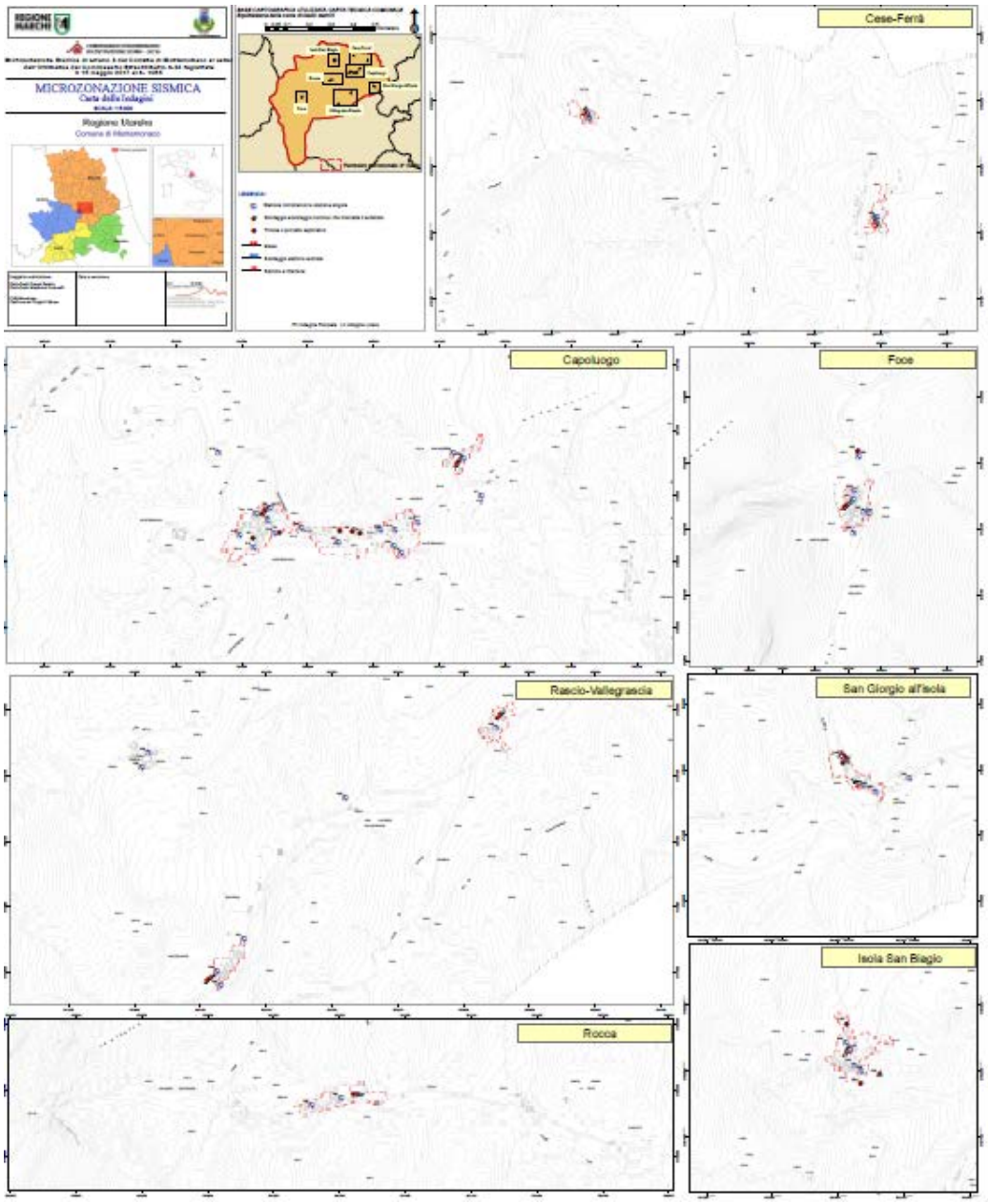


Figura 2 carta delle indagini estratta dalla MS3^ livello

Lo studio dei dati derivanti dalla carta geologico tecnica di 1^ livello ha invece permesso di inquadrare tutto il territorio dal punto di vista geologico tecnico, individuando velocemente le caratteristiche delle unità litostratigrafiche e i loro rapporti stratigrafici.

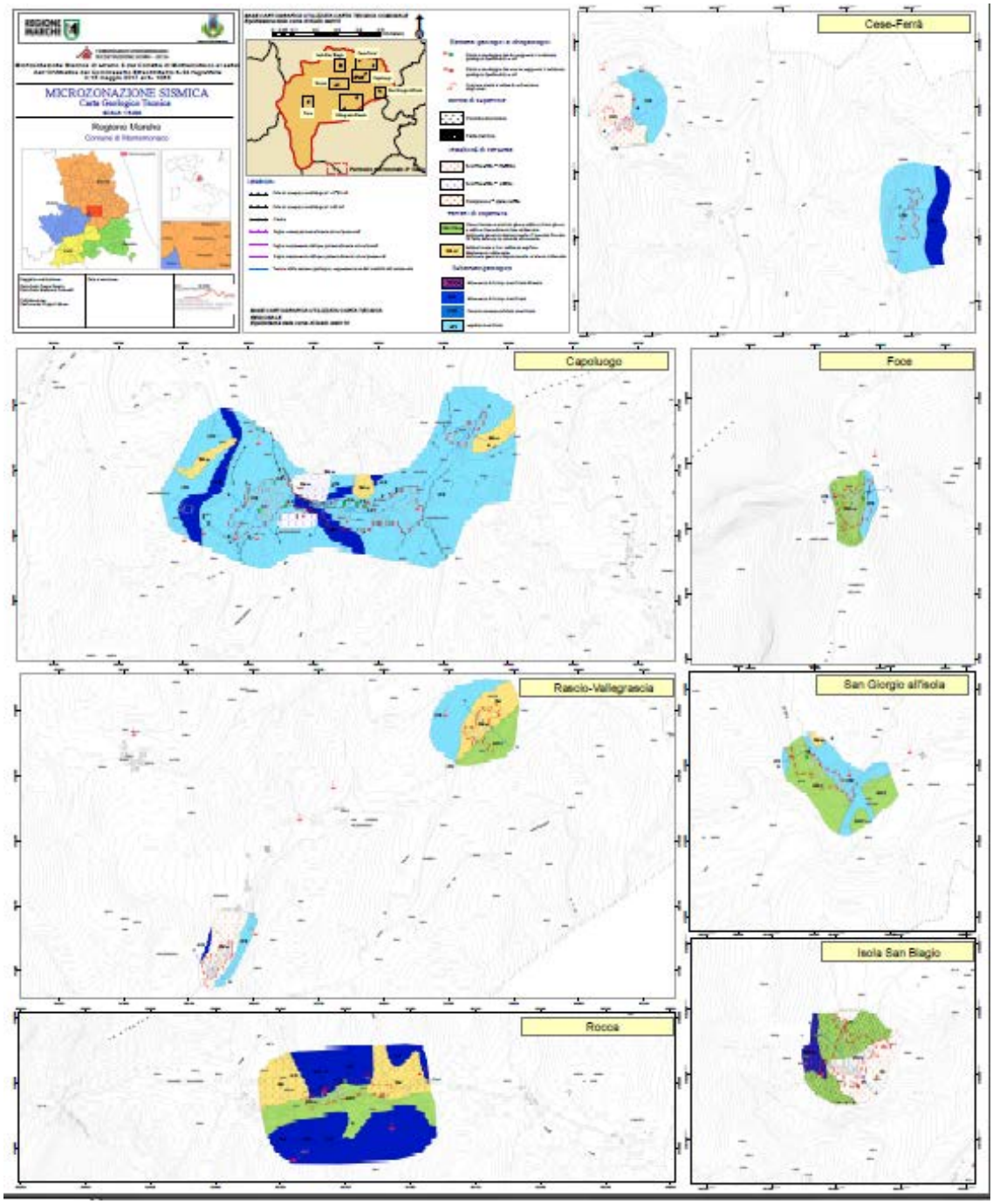


Figura 3 carta Geologico Tecnica GT 1^ livello

Dalla sintesi dei dati ottenuti nello studio di 1^ livello è stata realizzata la carta delle MOPS (Microzone Omogenee In Prospettiva Sismica). In tale carta vengono rappresentante le aree del territorio che hanno comportamento simile in condizioni sismiche. In particolare tale carta suddivide il territorio in 2 scenari differenti:

- aree stabili (dove in caso di sisma non si hanno fenomeni di amplificazione o fenomeni di deformazione secondari)
- aree stabili suscettibili di amplificazione (dove in caso di sisma si verificano fenomeni di amplificazione dovuti alla morfologia e/o alla litologia. In tali aree non sono previsti fenomeni di deformazione secondaria)

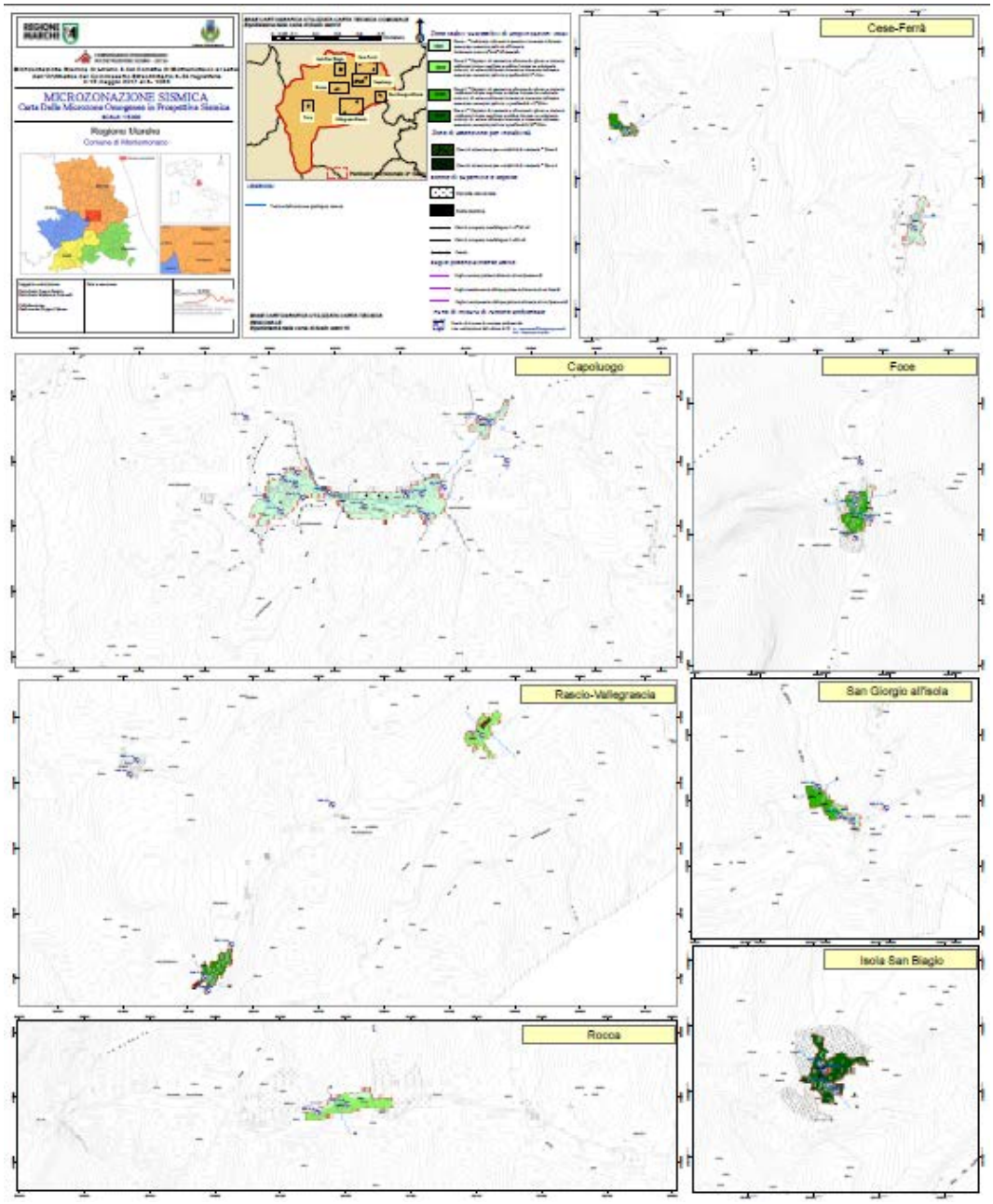


Figura 4 carta MOPS 1^ livello

Nello studio di 3^livello sono state confermate tutte le aree individuate nel primo livello zone stabili suscettibili di amplificazione sismica, e aree di attenzione per instabilità.

Nella perimetrazione del 3^ livello tali le aree analizzate sono una porzione di quelle stabili suscettibili di amplificazione mentre non sono state ricomprese aree di attenzione o instabilità.

Al fine di soddisfare gli obbiettivi richiesti dal 3^livello, è stato necessario definire un nuovo piano indagini che andasse ad approfondire e completare quelle pregresse, le nuove indagini hanno avuto l'obiettivo di quantificare gli aspetti trattati nel terzo livello come i fattori di amplificazione.

In particolare al fine di individuare tutti i elementi che incidono sull'amplificazione del moto sismico d'ingresso, variando pertanto la pericolosità sismica locale, sono state previste indagini che permettessero di determinare le seguenti grandezze:

- Profilo sismico del sottosuolo.
- Profondità del substrato geologico e del substrato sismico.
- Velocità delle onde sismiche all'interno delle stratigrafie caratterizzanti le aree a comportamento omogeneo.
- Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni nelle aree delimitate.

A tal fine sono state programmate le seguenti indagini

Tipo indagini	N°	periodo
Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per prova sismica in foro Down-Hole.	1 sondaggi da 35m	Agosto 2017 Settembre 2017
Sismica di superficie MASW	12	Settembre 2017
Sismica di superficie HVSR	42	Agosto- Ottobre

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato realizzato in Località san Giorgio all'Isola.

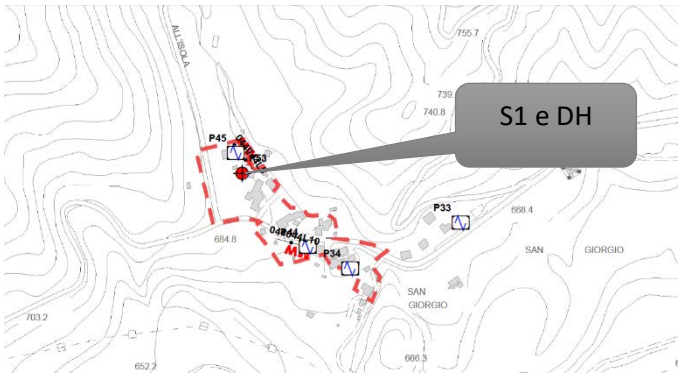
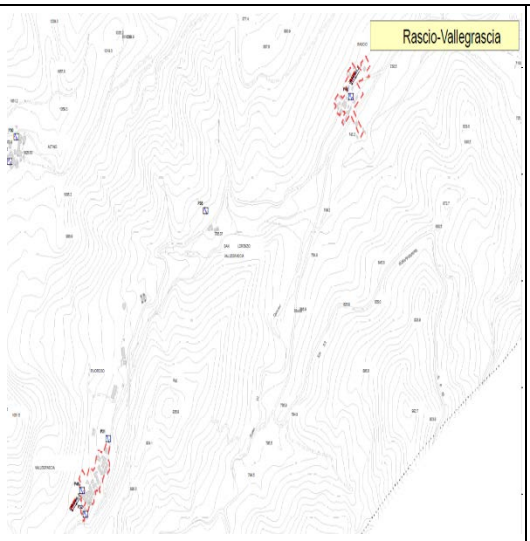
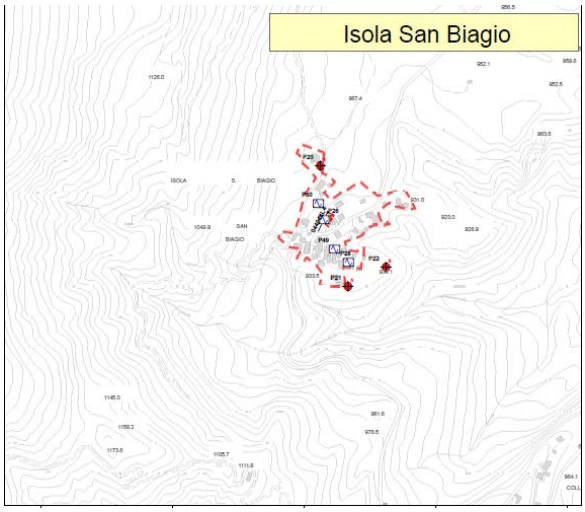


Figura 5 ubicazione sondaggio s1 (P53) attrezzato per eseguire prova Down Hole.

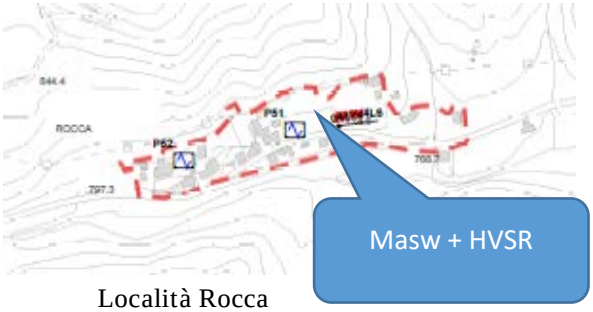
Le indagini sismiche di superficie HVSR e MASW sono state distribuite, in accordo con i tecnici del Centro MS, omogeneamente in tutte le aree microzonate, rispettando i dettami degli standard che imponevano almeno una prova MASW e una prova HVSR per ogni MOPS.



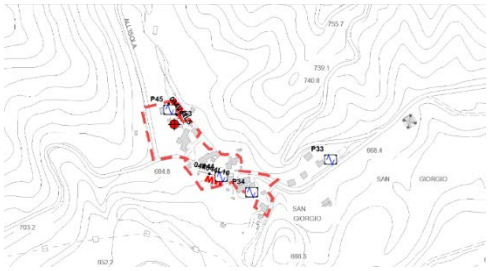
Località Rascio - Vallegrascia



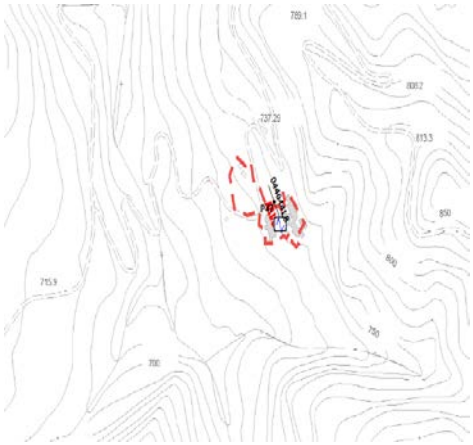
Loclità Isola San Biagio



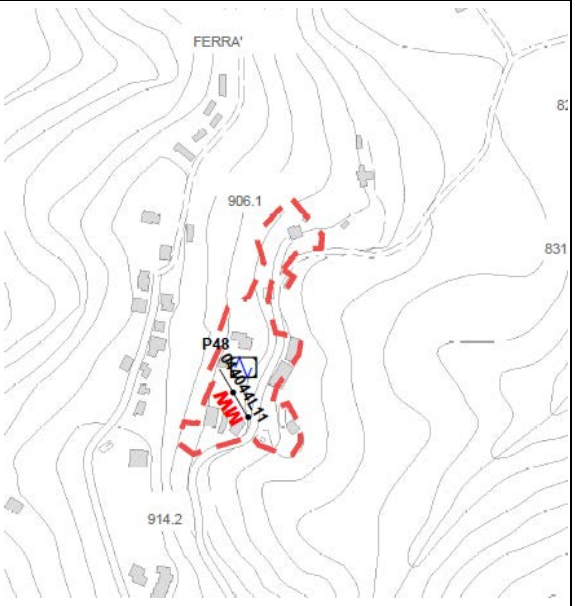
Località Rocca



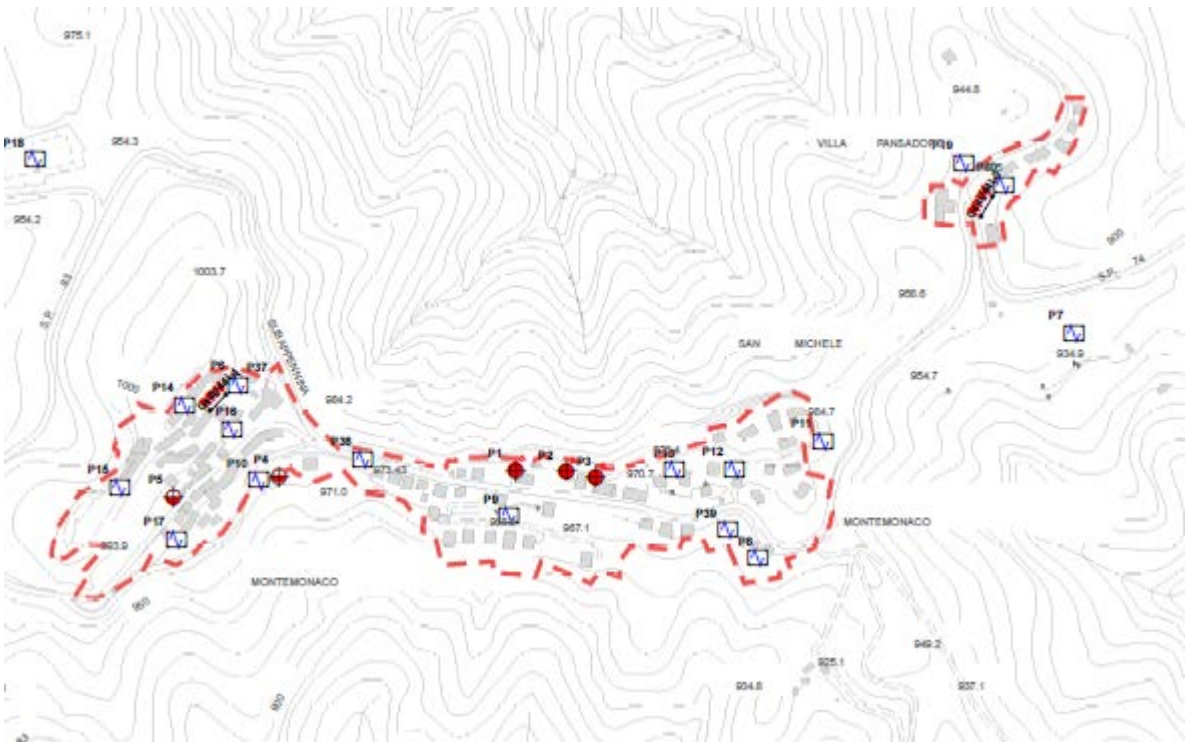
San Giorgio all'Isola



Località Cese



Località Ferrà



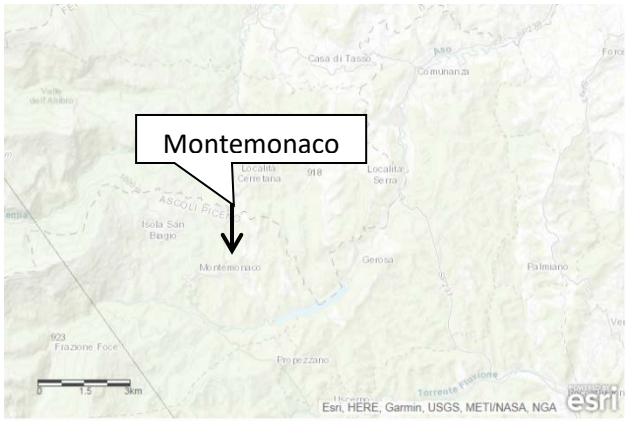
Capoluogo

Figura 6 distribuzione delle prove sismiche nel territorio microzonato. *ubicazione MASW*

3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Seppur il comune di Montemonaco interessa la fascia sismogenetica dell'Appennino, all'interno del territorio comunale in superficie non si rilevano evidenze della presenza di strutture plicative o faglie attive capaci. Si evidenzia però che nelle vicinanze dell'area in parola è presente il sistema di faglie del complesso sismogenetico dell'appennino centrale le cui strutture presentano caratteristiche di una zona sismica attiva.

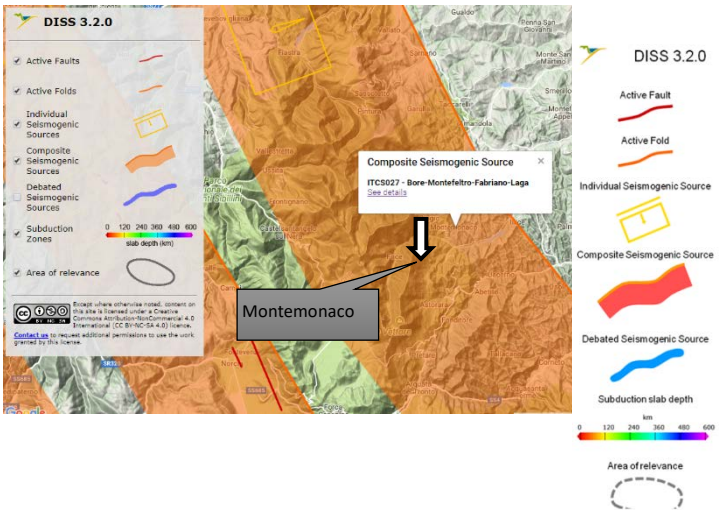
L' Appennino umbro-marchigiano è inglobata in un complesso sistema di strutture sismogentiche, gran parte dell'area marchigiana, caratterizzata da discreta sismicità, è interposta fra due fasce sismiche. La fascia sismica occidentale (918), corrispondente alla più esterna tra le zone sismogenetiche dell'Appennino umbro-marchigiano e la fascia sismica orientale (sviluppata soprattutto in offshore 917). La parte più occidentale della regione Marche, ove insiste il comune di Matelica, è interessata dalla fascia sismogenetica 918, dove lo studio dell'assetto geometrico delle strutture sismiche e degli eventi da esse generati ha portato alla compartimentazione di strutture sismogenetiche volumetricamente modeste, che non sono in grado di generare, terremoti di magnitudo maggiore di Mw 6.37:



ZS9 - bordi morbidi (km): Medio-Marchigiana/Abruzzese	
id	0
zs9	21,00
zs9 (identificativo)	918,00
zs_name	Medio-Marchigiana/Abruzzese
Mw max_ar	6,37
tassi_Mw ma	0,14
tassi_Mw_1	0,21
b_cz_04_2	-1,10
b_cz_04_4	-1,11
Mw max_gr	6,37
tassi_Mw_2	0,14
tassi_Mw_3	0,21
calsificazione geografica	Appennino Settentrionale e Centrale
Md_2_0	455
e Md 2_5	179
e Md 3_0	26
p_efficace	13
Md max	4,20
meccanismo di faglia	indeterminato
bordi morb	0

Zona 918 Mw 6.37

Figura 3 fasce sismogenetiche da http://www.arcgis.com/apps/TwoPane/main/index.html?appid=6572399dcdbb4621b43c1eec5f6774e1



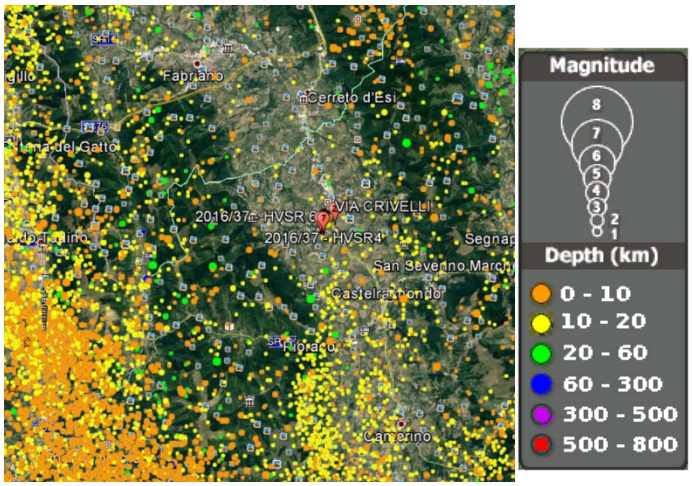


Figura 5 fasce sismogenetiche http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default

Figura 6 eventi sismici in prossimità dell'are in studio dal 1900 http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/result.jsp?rst=1&page=EVENTS

Di seguito le principali strutture che raggruppate per caratteristiche simili caratterizzano la Zona 918.

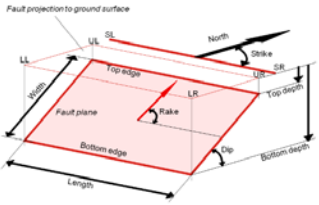


Figura 3 geometrie catalogate in una struttura sismogenetica

General Information

DISS–ID	ITCS027
Name	Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga
Compiler(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	17-May-2012
Display map ...	
Related sources	ITIS058 ITIS047 ITIS048 ITIS049 ITIS055 ITIS135

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	12.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Max depth [km]	22.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Strike [deg] min... max	90...160	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Dip [deg] min... max	20...55	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Rake [deg] min... max	70...110	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement;

General Information

DISS–ID	ITIS048
Name	Fabriano
Compiler(s)	Mariano S.(1)
Contributor(s)	Valensise G.(1), Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31-May-2005
Updated	31-May-2005
Display map ...	
Related sources	ITCS027

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	43.38 / 12.94	OD	Based on macroseismic and geological data.
Length [km]	13.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Width [km]	9.0	OD	Based on geological cross sections.
Min depth [km]	14.0	OD	Based on geological cross sections.
Max depth [km]	17.1	OD	Based on geological cross sections.
Strike [deg]	135	OD	Based on structural geology and geological data from various authors.
Dip [deg]	20	OD	Based on structural geology and geological data from various authors.
Rake [deg]	90	EJ	Inferred from geological data.
Slip Per Event [m]	0.55	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	1100...5500	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.2	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement;

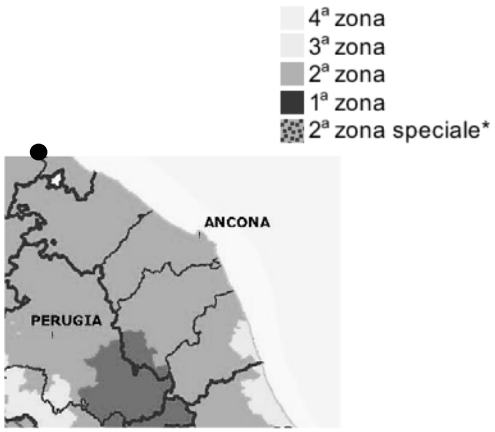
Information About The Associated Earthquakes

Latest Earthquake	24 Apr 1741	CPTI04.
Penultimate Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.

Figura 4 caratteristiche delle strutture sismogenetiche presenti nella fascia di territorio studiata, da catalogo DISS v.3.2 http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml

Storia sismica di Montemonaco

Il comune di MONTEMONACO secondo l' Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 viene classificato in Zona 2 con accelerazione attesa orizzontale al suolo pari a:

Zona 2	
	Presidenza del Consiglio dei Ministri **Dipartimento della protezione civile** *Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico* **Classificazione sismica al 2010** ZONA 2 - Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti

Zona		A(g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)	A(g) con probabilità di superamento della soglia pari al 10% in 50 anni
Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	0.35 g	ag >0.25 >0.25
Zona 2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	0.25 g	0.15 <ag≤ 0.25
Zona 3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	0.15 g	0.05 <ag≤ 0.15
Zona 4	E' la zona meno pericolosa	0.05 g	ag ≤ 0.05

Di seguito vengono presentate alcune schede sintetiche sui principali terremoti dell'Appenino umbro-marchigiano.

a cura di V. Castelli (GNDT presso OGSM, MC).

Il 30 aprile 1279. l'Appennino umbro-marchigiano fu interessato da un terremoto che precedette di poche ore un secondo evento distruttivo verificatosi nell'Appennino tosco-emiliano. Alcuni cronisti medievali hanno descritto questi eventi come un unico fenomeno abbracciante gran parte dell'Italia centrale. L'area di danneggiamento del terremoto umbro-marchigiano fu comunque ampia. Fonti coeve e attendibili attestano che due terzi degli edifici di Camerino furono distrutti mentre Cagli, Fabriano, Matelica, San Severino Marche, Cingoli, Nocera, Foligno e Spello rimasero "diroccate". Tutti i castelli (ossia insediamenti minori cinti da mura) nelle montagne tra Nocera e Camerino "patirono molti danni". Il castello di Serravalle (di Chienti) sarebbe restato sepolto da una frana, forse innescata dal terremoto. Non si hanno dati attendibili sul numero - comunque molto elevato - delle vittime né sull'estensione dell'area di risentimento, a parte il fatto che essa comprese certamente Roma. Le notizie dei terremoti del 1279 ebbero vasta eco nell'Europa centrosettentrionale: se ne trovano menzioni in cronache austriache, tedesche e polacche. Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

1 o forse del 4 dicembre 1328. L'area di danneggiamento del terremoto del 1 o forse del 4 dicembre 1328 comprende Norcia, dove gran parte degli edifici e le mura crollarono, Preci, Visso, S. Martino, Montesanto, Cerreto e Castel S. Giovanni, che subirono danni genericamente gravissimi. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata ma l'evento fu certamente avvertito a Foligno, Roma e Ripatransone, nelle Marche meridionali. Non si hanno dati attendibili sul numero - comunque molto elevato - delle vittime. Le repliche potrebbero essere proseguite per un mese. Sstudio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

25 dicembre 1352. L'area di danneggiamento del terremoto del 25 dicembre 1352 comprese le colline a sud di Monterchi e l'alta Val Tiberina. La rocca d'Elci crollò uccidendo la guarnigione; l'abbazia di S. Giovanni di Marzano subì gravissimi danni. A Sansepolcro parte degli edifici e delle mura crollò, causando alcune vittime. Gli edifici pubblici di Città di Castello subirono danni gravi ma riparabili. La notte tra il 31 dicembre 1352 e il 1 gennaio 1353 una nuova forte scossa causò ulteriori crolli e un maggior numero di morti a Sansepolcro. Le repliche potrebbero essersi protratte per un mese. Non si hanno dati attendibili sul numero dei morti, che furono comunque molti, anche per la presenza a Sansepolcro di truppe mercenarie dei Visconti, acquartierate per l'inverno. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata; l'evento del 25 dicembre fu avvertito probabilmente ad Arezzo e certamente a Bologna. Studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

18 ottobre 1389. I danni maggiori del terremoto del 18 ottobre 1389 si concentrarono nel territorio a nord-est di Città di Castello dove, oltre a un numero imprecisato di edifici isolati, crollarono i castelli (insediamenti fortificati) di Castelguelfo, Baciuccheto e Pietragialla, al confine con le Marche. Crolli e danni più o meno gravi e diffusi si ebbero a Sansepolcro, Città di Castello, Mercatello sul Metauro e Urbania. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata, anche se l'evento potrebbe essere stato avvertito a Gubbio e forse a Forlì. L'evento principale fu preceduto da una scossa minore il 16 ottobre e seguito da repliche fino alla seconda metà di novembre 1389. studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

26 aprile 1458. Il terremoto del 26 aprile 1458 fu preceduto da parecchie scosse avvertite a Città di Castello il giorno e la notte precedenti. L'evento principale si verificò tra le 12 e le 13 ora locale, causando crolli e danni gravi a circa 400 edifici di Città di Castello (circa un terzo del totale, secondo stime coeve) e lesionando gli altri. Nel contado di Città di Castello subirono danni ville (case signorili) e villaggi imprecisati. L'area di danneggiamento comprese Sansepolcro e Montone. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata; le scosse furono certamente avvertite a Gubbio e a Perugia, la cui popolazione ai primi di maggio continuava a pernottare all'aperto. I morti furono da 14 a 25 a Città di Castello e "assai" nel contado. Le repliche proseguirono almeno fino al 4 maggio. Studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

5 novembre 1599. L'evento del 5 novembre 1599 fu preceduto da lievi scosse avvertite a Cascia dal principio di ottobre e da una scossa che lesionò parecchi edifici il 4 novembre. Nella notte 5-6 novembre la scossa maggiore causò a Cascia il crollo di più di quaranta case, e danni gravi a tutti gli altri edifici. L'area di massimo danneggiamento comprese Cascia, Chiavano, Castel S. Giovanni, Roccatamburo, Mucciafora, Colle Giacone, Giappiedi e Maltignano. Norcia subì danni più lievi. I morti furono 8 a Cascia e 40 nel contado. L'area di risentimento comprese le Marche, parte della Romagna, Roma e L'Aquila. Numerose repliche forti ma senza danni si ebbero fino al gennaio 1600. Studio di riferimento: GNDT (1994)

Gennaio-febbraio 1703. I terremoti del gennaio-febbraio 1703, localizzati in Umbria e Abruzzo sono per l'Italia centrale una delle più significative sequenze sismiche dell'ultimo millennio. Gli eventi maggiori si ebbero il 14 e 16 gennaio e il 2 febbraio 1703. L'evento del 14 gennaio interessò con i massimi effetti una vasta area dell'Umbria e del Lazio all'incirca compresa tra Norcia e Amatrice. Quello del 16 gennaio è meno ben conosciuto e sembrerebbe meno significativo. L'evento del 2 febbraio 1703 causò invece gravissime distruzioni tra Lazio e Abruzzo, specialmente nell'area compresa tra Antrodoco e L'Aquila e "finì di distruggere" varie località danneggiate dalle scosse precedenti. Numerosi villaggi completamente distrutti furono abbandonati. Le vittime furono circa 10000. L'estensione dell'area di risentimento non è stata affrontata in maniera sistematica, ma incluse certamente Milano, Venezia e Napoli. Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

27 giugno 1719. La mattina del 27 giugno 1719 una scossa di terremoto interessò Norcia e Cascia dove si aprirono ampie fenditure negli edifici nuovi, costruiti dopo i terremoti del 1703. Subirono danni abbastanza gravi l'abbazia di S. Eutizio, Preci, Saccovescio, Croce, Castelvecchio e Tuturano. Fonti di seconda mano sostengono che a Norcia ci sarebbero state alcune vittime e che l'area di danneggiamento non avrebbe compreso la pur vicina Visso. L'evento fu avvertito a Spoleto, Foligno, Perugia, Rieti e Roma. Una replica meno forte viene segnalata, la sera dello stesso giorno, da osservatori di Cascia e Perugia. studio di riferimento: GNDT (1994)

12 maggio 1730. Il terremoto del 12 maggio 1730 interessò con i maggiori effetti il territorio di Norcia, dove i castelli di Onde, S. Martino, Casciolino, Castell'Innocenzo e Belvedere rimasero "adeguati al suolo". Crolli e danni abbastanza gravi si ebbero a Norcia, Campi, Ancarano Cascia. Un danneggiamento meno intenso si ebbe nella confinante area marchigiana, a Castelsantangelo sul Nera, Ussita, Vallestretta, Vallinfante e Visso. L'evento fu avvertito in tutto il territorio marchigiano, fino a Pesaro, Senigallia, Macerata e Ascoli Piceno; in Umbria, almeno fino a Foligno; in Abruzzo a L'Aquila e Vasto; nel Lazio ad Amatrice e Roma. L'evento ricade in un'area interessata dai violentissimi terremoti del 1703. Per alcune località non è possibile distinguere quanto il danneggiamento attestato sia imputabile al terremoto del 1730 e quanto alle preesistenti cattive condizioni degli edifici. studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

24 aprile 1741. Il terremoto del 24 aprile 1741 interessò con i maggiori effetti il territorio compreso tra Serrasanquirico e Fabriano ma ebbe un'area di danneggiamento estremamente estesa (da Pesaro e Urbino a Gubbio e Perugia, da Macerata a Fermo). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che fu comunque vasta (da Udine a Roma, mentre non si hanno dati precisi sul limite di percettibilità nell'Italia meridionale). Abbastanza stranamente, non si hanno notizie precise in merito a possibili repliche. studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

17 aprile 1747 . Quello del 17 aprile 1747 potrebbe essere il principale in una sequenza di eventi verificatisi tra il 26 gennaio e il 20 dicembre 1747 in un vasto territorio compreso tra Nocera Umbra e Senigallia. Esso causò crolli e danni abbastanza gravi nel territorio della diocesi di Nocera Umbra e nel Fabrianese (Nocera Umbra e località minori del Nocerino, Gualdo Tadino, Sigillo, Belvedere, Campodonico, Fabriano). Dopo repliche quotidiane durate un mese circa, l'attività si attenuò fino al 20 e 22 settembre 1747, quando si registrarono ulteriori danni nel Fabrianese. L'evento del 17 aprile fu avvertito ad Ancona, Fermo, Senigallia e Roma e causò almeno una vittima a Belvedere (Fabriano). Il fatto che le scosse interessassero edifici già danneggiati dal terremoto `fabrianese' del 1741, contribuì certamente ad accentuare la severità degli effetti.
studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

27 luglio 1751. L'evento del 27 luglio 1751 è il maggiore in una sequenza di scosse avvertite a partire dal marzo 1751 in una vasta area dell'Umbria e delle Marche e proseguite forse fino al luglio 1752. Esso causò danni in un'ampia area, estesa da parte umbra, fino a Città di Castello, Perugia, Assisi, Terni e da parte marchigiana fino a Cagli, Fabriano, Matelica e Montefano. Il massimo danneggiamento si ebbe in alcuni villaggi poco a sud di Gualdo Tadino (Broccaro, Busche, Voltole etc.), in cui la maggior parte delle case fu atterrata e il resto rimase inagibile. Gli estremi noti dell'area di risentimento sono Arezzo, Forlì Ancona e Roma. Il fatto che le scosse interessassero aree già danneggiate dai terremoti del 1741 e del 1747 terremoto `fabrianese' del 1741, contribuì probabilmente ad accentuare la severità degli effetti. Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987).

3 giugno 1781. Il terremoto del 3 giugno 1781 è caratterizzato da due fortissime scosse verificatesi a distanza di circa 10 minuti l'una dall'altra, che interessarono con i maggiori effetti una vasta area dell'Appennino al confine tra Marche settentrionali, Umbria e Toscana. Il massimo danneggiamento si ebbe nell'area di Piobbico e Cagli. L'area compresa tra Gubbio e Fabriano fu interessata da effetti relativamente minori (dal VI al VII grado MCS). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che comprese comunque buona parte della Toscana (da Firenze a Monte Oliveto Maggiore) e della Romagna (fino a Ravenna).
studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

30 settembre 1789. L'area di massimo danneggiamento del terremoto del 30 settembre 1789 comprende gli insediamenti rurali situati nella pianura tra Città di Castello e Sansepolcro, specie sulla riva sinistra del Tevere (Selci, Grumale, San Giustino etc.). L'area di danneggiamento è delimitata a nord da Sansepolcro a ovest da Anghiari e Citerna, a sud da Montone. Le più dettagliate descrizioni di effetti riguardano Città di Castello, dove sembra che la tipologia di danno più grave e diffusa sia stata il crollo dei tetti, con conseguente sfondamento di volte e solai e perdita di coesione delle pareti. L'area di risentimento comprende buon parte della Toscana (Siena, Firenze, Cortona, Castiglion Fiorentino) e forse qualche località dell'interno nelle Marche settentrionali. L'evento principale era stato preceduto di circa 5 ore da una scossa avvertita a Città di Castello e Sansepolcro. Repliche sono segnalate, da Città di Castello, l'11 ottobre e nei giorni immediatamente precedenti il 31 ottobre 1789. Studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

11 ottobre 1791. I danni più gravi causati dal terremoto dell'11 ottobre 1791 si concentrarono nell'area montuosa ad est di Foligno, sul versante umbro della strada per Colfiorito. I villaggi di "Scopoli [...] Leggiana, Case Nuove, Volperino, Serrone, Pale, Morro, Casale, ed altri prossimi luoghi" furono particolarmente colpiti. I testimoni lasciano peraltro intendere che all'entità complessiva dei danni non furono estranee le preesistenti cattive condizioni degli edifici ("è caduto quel ch'era cadente, e rovinato, ciò ch'era già rovinoso"). La tipologia del danneggiamento è in corso di studio sulla base di perizie scoperte di recente. A Foligno, Trevi e Perugia si ebbero danni più lievi di quelli dei villaggi della montagna (sbilanciamento di muri, fenditure, distacchi di intonaco). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che comprese comunque almeno Spoleto, Tolentino e Roma. Studio di riferimento: GNDT (1994)

28 luglio 1799. Tre scosse in un giorno. Epicentro principale a Pozzuolo. Distrutta Cessapalombo. Gravi danni a Camerino, San Ginesio e Sarnano. Un centinaio le vittime;

13 gennaio 1832. Gli eventi del 13 gennaio 1832 furono i maggiori in una sequenza di scosse che interessarono l'area di Foligno a partire dal 27 ottobre 1831. Il primo evento causò a Foligno danni di media entità (crolli di camini e volte, crepe) e fu seguito da leggere repliche nei giorni seguenti. Tali danni furono aggravati il 6 novembre 1831 da una forte scossa seguita da repliche minori. Il 13 gennaio 1832 due violentissime scosse a distanza di un quarto d'ora l'una dall'altra causarono danni in un'area compresa tra Assisi, Bevagna, Montefalco, Trevi e le montagne a est di Foligno. Le località maggiormente colpite durono Budino, Castellaccio e Scafali. I morti furono tra 40 e 50. Le repliche continuarono nei mesi

di gennaio, febbraio e marzo, causando talvolta nuovi danni in singole località. In particolare un evento del 13 marzo causò il crollo del tetto della già lesionata basilica di S. Maria degli Angeli. Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

14 febbraio 1838. I danni maggiori (crollo di molti edifici) verificatisi a seguito del terremoto della mattina del 14 febbraio 1838 si concentrarono nell'area compresa tra Sellano, Acera e Cerreto di Spoleto, e in due località situate nell'area montuosa ad est di Foligno (Verchiano e Val Lupo). A Foligno e Spoleto alcuni fabbricati in cattive condizioni subirono danni lievi. L'estensione dell'area di risentimento è sconosciuta. Varie repliche sono segnalate da Foligno durante la giornata e la notte seguenti e il 17 febbraio. Non è chiaro se debbano essere collegate a questo terremoto anche due forti scosse avvertite senza danni a Spoleto il 5 gennaio 1838. studio di riferimento: Conversini et al. (1990)

22 agosto 1859. Il terremoto del 22 agosto 1859 iniziò con lievi scosse avvertite per alcuni giorni a Norcia senza causare preoccupazione. L'evento principale si verificò tra le 13.15 e le 13.30 ora locale del 22 agosto. I danni più gravi si ebbero a Norcia e nelle vicine Campi, Casali di Serravalle e Capo del Colle. Danni più lievi subirono Abeto, Todiano, Ancarano, Frascaro e Visso. A Norcia circa metà degli edifici crollò e gli altri subirono danni gravi e crolli parziali soprattutto nei piani superiori. Furono particolarmente colpiti i rioni posti "sul pendio della collina verso levante e ponente" e i pochi edifici moderni - generalmente più alti della media di 6/10 m - che furono "tutti atterrati". Morirono 101 persone. L'area di risentimento si estese da Roma a Pesaro e Camerino. Le repliche proseguirono "quasi quotidianamente per circa un anno" e ce ne furono di forti a metà novembre 1859 e nel maggio 1860. Studio di riferimento: GNDT (1994)

26 aprile 1917. L'Alta Valtiberina fu interessata da una serie di scosse la mattina del 26 aprile 1917. La più violenta - alle ore 10:36' - rese inabitabili il 90% delle case di Monterchi con la morte di 23 persone; i feriti furono 35. Una situazione analoga si registrò a Petretolo, Citerna, Lippiano, Lugnano, Monte Santa Maria Tiberina e Padonchia. Sansepolcro fu danneggiata gravemente mentre danni meno gravi si ebbero a Selci, Anghiari, Città di Castello, Umbertide, Montone e San Giustino. Morti e feriti furono relativamente pochi, perchè la gran parte della popolazione era all'aperto, allarmata dalle scosse precedenti. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, toscane e romagnole. All'evento principale seguirono numerose repliche, che seguitarono ad essere avvertite per una decina di giorni. Una di queste, il 27 aprile, produsse nuovi danni agli edifici già colpiti. studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

14 giugno 1972. Il 25 gennaio 1972, alle ore 21 fu la scossa di intensità maggiore di tutta la serie e durò 14 secondi; crolli di cornicioni e comignoli in tutti i rioni storici, che si spopolarono. Si allestirono tendopoli, dove alloggiarono trentamila persone. Per mesi le persone dovettero vivere in improvvisate tendopoli e persino nei vagoni ferroviari, la maggior parte delle attività economiche si fermarono, costringendo l'autorità civile a provvedere con sussidi economici alle famiglie, i servizi pubblici si ridussero al minimo, i rioni storici rimasero per anni deserti. Ben 1.453 tende allestite in 56 punti del centro urbano e della periferia… dopo la scossa del 14 giugno circa 30.000 anconetani vivevano sotto la tenda.

19 settembre 1979. Il terremoto del 19 settembre 1979 colpì gravemente alcune piccole località montane della Valnerina (Civita, Chiavano, Castel Santa Maria e Trimezzo). I danni più gravi riguardarono gli edifici di antica o carente costruzione che subirono lo scollamento di pareti esterne il collasso di pareti interne e fessure alle giunzioni con il tetto. Gli edifici in cemento armato subirono solo in pochi casi danni lievi. Si ebbero alcuni morti e alcune decine di feriti. L'area di danno medio grave si estese tra Leonessa, Accumoli, Visso, Sellano e Poggiodomo. A Norcia si ebbero alcuni crolli parziali e danni a moltissimi edifici; a Cascia molte case furono danneggiate anche gravemente, e si ebbero alcuni crolli parziali. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, abruzzesi e laziali, e fu seguito da numerose repliche. studio di riferimento: Spadea et al. (1981)

settembre 1997. L'inizio della crisi tellurica avvenne nella primavera del 1997 con una serie di scosse registrate nel comune di Massa Martana, in provincia di Perugia. Il 12 maggio, una scossa di magnitudo 4,5, danneggiò svariati edifici, rendendo inagibile il 70% delle abitazioni del centro storico.

Nell'estate invece, un gran numero di piccoli eventi fu registrato nell'appennino umbro-marchigiano, interessando i comuni di Foligno e Serravalle di Chienti. La scossa più forte fu quella del 4 settembre (magnitudo 4,4). Da lì in poi, questi paesi non furono mai abbandonati dal sisma e la gente iniziò a preoccuparsi seriamente. La stessa Protezione Civile umbra aveva predisposto un'attrezzata tendopoli a Colfiorito, nonostante nella frazione folignate non si fossero ancora registrati danni; non altrettanto avvenne nel comune di Serravalle, dove invece alcune abitazioni erano già lesionate.

Il 26 settembre, alle 2:33, ci fu una scossa di terremoto del VIII-IX grado della scala Mercalli, di magnitudo 5,8, avente epicentro a Cesi. A Collecurti, una frazione di Serravalle, una coppia di anziani coniugi morì sotto le macerie della propria abitazione. Numerose case furono danneggiate gravemente dal sisma, specialmente quelle dei comuni di Foligno e di Nocera Umbra. A Nocera Umbra risultò inagibile circa l'85% degli immobili. Quella delle 2:33 fu in un primo momento considerata la scossa di maggiore intensità di tutto lo sciame, e per l'immediato futuro furono previste semplici scosse di "assestamento" e di intensità minore. . La mattina molte scuole furono chiuse o per precauzione o per inagibilità. Molte chiese, fra le quali la Basilica di San Francesco ad Assisi, subirono gravi danni.

Nello stesso giorno, alle 11:42, una scossa di magnitudo 6,1 e IX grado Mercalli, con una profondità di circa 10 km ed epicentro ad Annifo sconvolse ancora moltissimi paesi tra l'Umbria e le Marche. Fu questo il maggiore evento registrato. Dopo le due vittime del mattino, si aggiunsero altre otto vittime. Tra queste quattro persone morirono nella Basilica di San Francesco. La chiesa durante la notte aveva subito danni agli affreschi di Giotto e Cimabue ed in quel momento era in atto un sopralluogo da parte di alcuni tecnici, ingegneri, giornalisti e frati. Durante la scossa una delle volte della basilica superiore crollò.

Il 14 ottobre alle 17:25, un distinto terremoto con epicentro tra Sellano e Preci colpì nuovamente le zone terremotate con una magnitudo di 5,5, aggravando la già pessima situazione delle abitazioni. È rimasta famosa per il crollo della torre campanaria del Comune di Foligno. Dopo un periodo di continue scosse minori, il 26 marzo 1998 fu registrata una scossa con epicentro questa volta a Gualdo Tadino, con una magnitudo pari a 5,4.

Le schede sopra riportate vengono completata dalla seguente lista riguardante i principali terremoti che hanno colpito la catena apenninica, ma che in alcuni casi non hanno generato danni nell'area studiata.

Anno	Località	Manifestazioni in prossimità dell'epicentro	Morti
558	Ancona	Distruzione di Numana	molti
1231	Cassino	Franosità sorgenti torbide	molti
1279	Marche	Frane e sconvolgimenti	molti
1328	Appennino Centr.- Norcia	Frane	4.000
1352/53	Sansepolcro (Toscana)	Distruzione	500/2000
1349	Aquila	Frane	700
1389	Città di Castello	Gravi danni	
1458	Città di Castello	Gravi danni	molti
1599	Cascia (Umbria)	Gravi danni	
1627	Abruzzo (Puglia-Basilicata)	Liquefazioni Terreno	5.000
1688	Romagna-Ancona	Grandi sconvolgimenti	20.000
1690	Ancona	Distruzioni	molti
1703	Aquila-Norcia	Voragini	10.000
1719	Norcia e Cascia	Danni	
1730	Umbria-Norcia	Distruzioni	2000
1741	Fabriano	Gravi danni	molti
1747	Nocera Umbra e Senigallia	Danni	
1751	Umbria e delle Marche	Danni	
1781	Cagli	Gravi danni	molti
1789	Val Tiberina (Umbria)	Danni	
1791	Foligno	Danni	
1799	Camerino	Danni	molti
1805	Molise	Frane e sconvolgimenti	5.573
1832	Foligno	Danni	
1838	Sellano, Acera e Cerreto di Spoleto	Danni	
1859	Norcia	Danni	
1873	Camerino e provincia MC	Gravi danni	molti
1905	(Calabria)	M = 7.9	>533
1908	(Messina-Reggio Calabria)	M = 7.5 (maremoto)	83.000
1915	(Avezzano)	M = 7.5	30.000
1917	Valtiberina	Gravi danni	23
1920	Reggio Emilia	Liquefazioni Terreno	1.400
1930	Irpinia-Abruzzi	M = 6.5	1.430
1930	Ancona	Gravi danni	alcuni
1947	Muccia	Distruzioni	molti
1972	Ancona	M = 5.9	alcuni
1979	Valnerina (Umbria)	Danni Gravi	alcuni

1980	Irpinia	M = 6.8	3.000
1984	Perugino	M = 5.0	alcuni
1997	Marche-Umbria	M = 5.6	alcuni
2002	Molise	M = 5.8	30 di cui 27 Bambini
2009	Aquila	Gravi danni	Molti
2012	(Modena-Ferrara)	M = 6.0	alcuni
2013	Numana	M = 4.4	-

Figura 7 storia sismica del Comune di MONTEMONACO. Record del DBMI11 relativo agli eventi sismici che hanno interessato il comune http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/

3.1Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

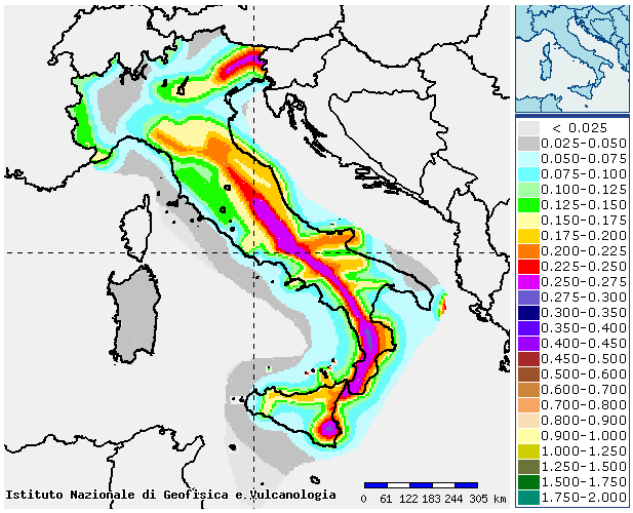
Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

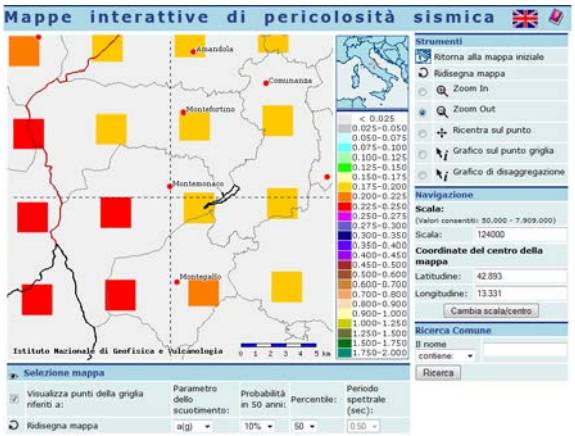
Questa iniziativa ha portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

La pericolosità sismica di base (caratteristiche del moto sismico nel sito di interesse) viene definita da:

1. l' accelerazione massima di picco orizzontale ag;
2. valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F0;
3. periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale Tc;

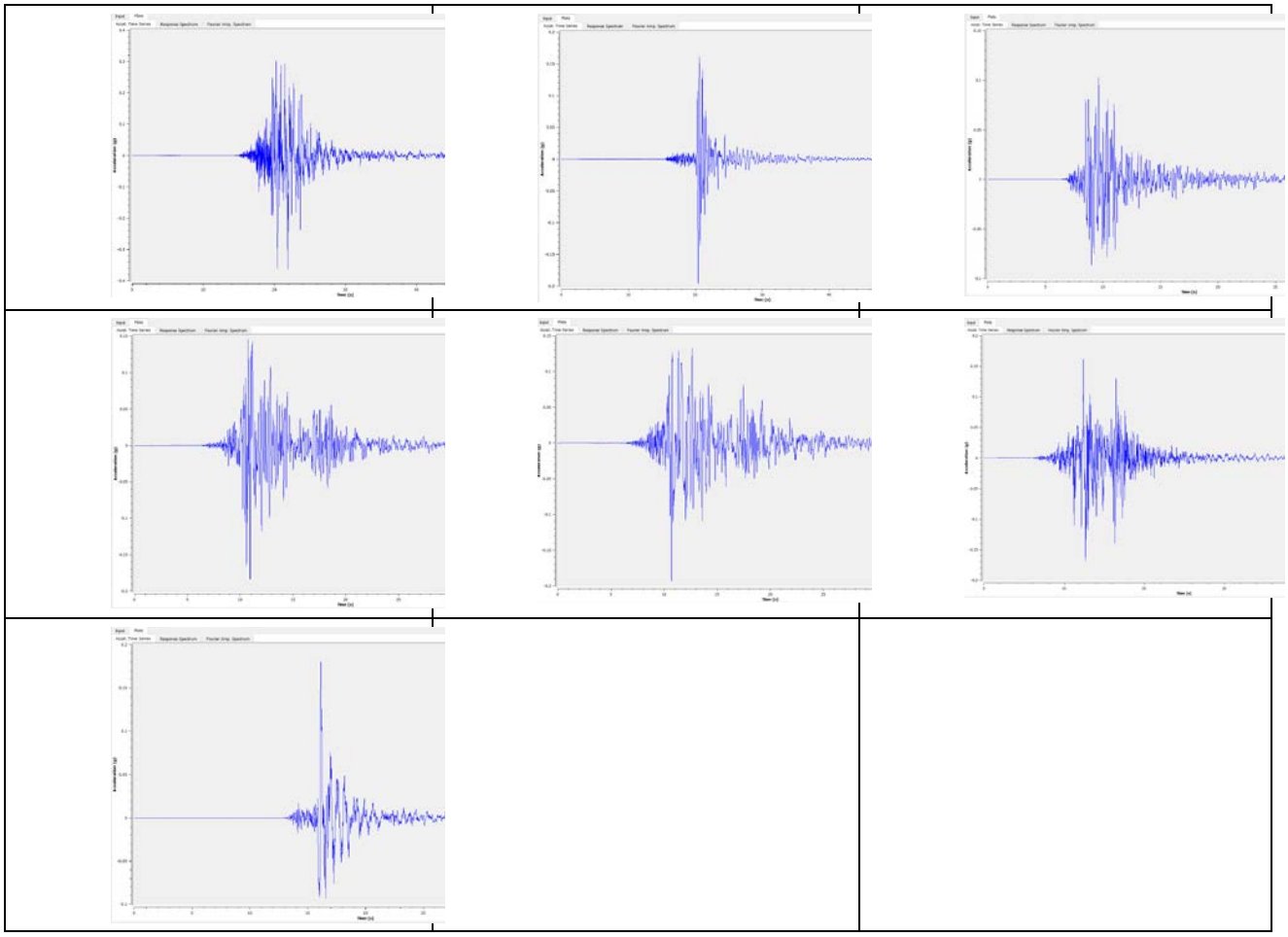
tali parametri permettono di definire gli spettri di input.





L'azione sismica così definita viene successivamente variata, così come indicato nelle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito di indagine, ed eventualmente nella morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale e permettono di fare considerazioni in merito alle amplificazioni.

Per la modellazione numerica condotta nelle aree in studio il CentroMs ha provveduto a fornire n.7 accelerogrammi spettrocompatibili con le caratteristiche sismiche di base del sito, dai quali è stato possibile estrarre gli spettri necessari per procedere con le analisi come sopra descritto.



L'area oggetto di microzonazione è stata interessata da una importante sequenza sismica che ha avuto la sua massima espressione nei seguenti eventi:

RELAZIONI DI DETTAGLIO
Evento sismico M 6.0, 24 agosto ore 03:36
Evento sismico M 5.9, 26 ottobre ore 21:18
Evento sismico M 6.5, 30 ottobre ore 07:40
Eventi sismici M>5, 18 gennaio 2017

Il terremoto la notte del 24 agosto nella zona dell'Appennino centrale alle ore 3:36 (ora italiana) ha avuto epicentro in provincia di Rieti (presso il comune di Accumoli), ma ha interessato anche le province di Perugia, Ascoli Piceno, L'Aquila e Teramo. I comuni più vicini all'epicentro sono: Accumoli, Amatrice, Arquata del Tronto. La magnitudo locale (Richter) del terremoto è pari a 6.0. La zona interessata dagli aftershocks, che in prima approssimazione rappresenta l'estensione della faglia attivata, è pari a circa 25 km ed è allineata in senso NNO – SSE. Questa dimensione è coerente con un terremoto di magnitudo 6. La mappa di scuotimento del terremoto più forte, calcolata con i dati della rete accelerometrica dell'INGV e del Dipartimento della Protezione Civile, indica uno scuotimento del terreno relativamente più alto nella zona Nord-Occidentale. La zona colpita dal terremoto odierno rientra nella fascia ad altissima pericolosità che corre lungo l'asse della catena appenninica. L'area è stata colpita da forti scosse di terremoto nel passato.

Il terremoto del 26 ottobre verificatosi con due scosse in successione è avvenuto al confine tra la provincia di Macerata e quella di Perugia. La scossa più energetica ha avuto magnitudo locale (ML) 5.9 (anche la magnitudo momento – Mw - è pari a 5.9). La zona attivata si trova in prossimità di Visso verso nord di circa 10 km, fino al centro di Pieve Torina. La profondità ipocentrale e il meccanismo dei due terremoti sono simili. In entrambi i casi si tratta di una faglia normale

(estensionale) con piani di faglia paralleli alla direzione della catena appenninica. Considerando la posizione dei nuovi epicentri, si ritiene che si sia attivata una nuova struttura, contigua con quella del 24 agosto. Le profondità ipocentrali calcolate dalla sala sismica INGV sono intorno a 8 km. La zona attivata è localizzata nella fascia a maggiore pericolosità dell'Appennino.

Il terremoto che ha avuto origine alle 7:40 (ora italiana), magnitudo 6.5 (Mw) e magnitudo Richter 6.1. Le coordinate ipocentrali sono: 42.84 Latitudine Nord, 13.11 Longitudine Est, profondità 10 km. Il terremoto ha interessato le province di Perugia e Macerata, l'epicentro è ubicato a 5 km da Norcia, 7 da Castelsantangelo sul Nera e Preci, 10 da Visso. Si ricorda che in caso di un terremoto di magnitudo 6.5 la faglia attivata ha una superficie di qualche centinaio di chilometri quadrati e quindi l'intera zona sopra e attorno alla faglia viene interessata da forte scuotimento. Fino a questo momento il terremoto di Norcia-Castel Santangelo risulta l'evento più forte della sequenza iniziata con il terremoto del 24 agosto di magnitudo 6. L'area interessata dagli aftershocks comprende un settore che si estende per circa 30 km, da Accumoli a sud fino a Visso a nord. Riprende quindi la parte settentrionale del sistema di faglie che si era attivato con il terremoto del 24 agosto e interessa anche la parte meridionale della struttura attivata il 26 agosto. Il meccanismo focale è del tutto simile a quelli dei terremoti precedenti, mostrando delle faglie orientate in senso SSE-NNO.

Il giorno 18-01-2017 la rete sismica dell'INGV ha registrato 3 eventi sismici di Mag> 5 di cui riportiamo i dettagli.

Gli eventi si collocano tra la parte meridionale della sequenza sismica iniziata il 24 Agosto 2016 con l'evento di Magnitudo 6 in prossimità di Accumoli (Ri) e la parte nord-orientale della zona interessata dalla sismicità del 2009 relativa alla sequenza del terremoto dell'Aquila.

I meccanismi focali mostrano una cinematica coerente con una faglia normale con i piani nodali in direzione NW-SE, coerentemente alle soluzioni focali degli eventi sismici più energetici registrati da Agosto 2016.

Nella mappa di pericolosità sismica (espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi), l'area interessata dagli eventi in parola, rientra in una zona ad altissima pericolosità sismica, con valori di accelerazione orizzontale compresi nell'intervallo 0.250-0.275g. La struttura attivatasi ha una lunghezza di circa 10-12 km e una larghezza di circa 5-6 km. Dalle prime localizzazioni calcolate, le scosse principali si collocano nella parte basale della struttura attivatasi nel 2009.

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

4.1 Geologia

Il comune di Montemonaco, situato al bordo nord-occidentale della provincia di Ascoli Piceno e compreso tra la dorsale montuosa umbro-marchigiana ed il Bacino marchigiano esterno o avanfossa periadriatica della Formazione della Laga occupa una porzione di territorio geologicamente eterogenea che costituisce il risultato di eventi di natura tettonica, sedimentologica e geomorfologica succedutesi nel corso di più di duecento milioni di anni. L'attuale conformazione del territorio, la composizione litologica del substrato e delle coperture superficiali testimoniano infatti l'avvicendarsi di eventi sedimentari ed erosivi che hanno portato all'attuale assetto geologico complessivo dell'area (Deiana & Pialli, 1994, Deiana e Marchegiani, 2002).

Le formazioni affioranti nella porzione di territorio comunale di Montemonaco oggetto di microzonazione sono quelle tipiche del Bacino della Laga, il più grande dei Bacini minori della regione umbro-marchigiana, di età miocenica, il quale è costituito da una "successione stratigrafica" torbiditica spessa oltre 3000 metri che ha colmato l'omonimo bacino; questo si era però individuato già a partire dal Miocene inferiore e medio. Tra i bacini minori marchigiani, quello della Laga è il più grande e si estende da Cingoli (a nord) fino al Fiume Pescara (a Sud). La Formazione della Laga costituisce un ciclo sedimentario del I° ordine, di tipo regressivo, ed è suddivisibile in tre membri: pre-evaporitico, "evaporitico" e post-evaporitico. Il membro inferiore (2.000 m di spessore) è caratterizzato da un'associazione prevalentemente arenacea con alla base depositi canalizzati che verso l'alto passano a depositi non canalizzati a bassa efficienza. Il membro "evaporitico" (700 m - 800 m di spessore) è caratterizzato da un orizzonte gessoarenitico intercalato nella

parte inferiore di una successione arenacea sia canalizzata che non canalizzata. Il membro post-evaporitico (1550 m di spessore massimo) è prevalentemente costituito da depositi pelitico-arenacei non canalizzati a bassa efficienza ; la parte superiore contiene un caratteristico livello vulcanoclastico. Il modello delle paleo correnti indica un generale senso di scorrimento verso SSE con apporti secondari da W o da SW.

La descrizione che segue illustra i principali caratteri litologici delle formazioni presenti nell'area in esame, distinte in gruppi riferibili alle età di deposizione delle stesse.

Formazione della Laga (area meridionale)

L'area meridionale è suddivisa in due sottobacini da un alto sottomarino identificabile con la dorsale della Montagna dei Fiori – Montagnone (ad est dell'area in esame). Quello occidentale, più antico è colmato principalmente da torbiditi grossolane; quello orientale, più recente, è colmato da depositi torbiditici più fini. L'area in esame è compresa nel subbacino occidentale. Sono unità torbiditiche generalmente costituite da alternanze di livelli arenacei e argillosi, in cui la diversa percentuale dell'una o dell'altra litologia permette la distinzione di tre formazioni distinte:

Formazione della Laga – membro pre-evaporitico:

Questa unità è suddivisibile in due unità minori, una prevalentemente arenacea, l'altra arenaceo-pelitica. La prima, più diffusa è formata da arenarie in strati spessi o massicci, in cui si intercalano, a varie altezze, livelli arenaceo-pelitici in strati sottili e medi. Essa rappresenta tutto il membro pre-evaporitico nella porzione centro settentrionale del sottobacino in parola; nella porzione meridionale invece si assottiglia sempre più fino ad essere sostituita da quella arenaceo-pelitica;

Formazione delle Marne a Pteropodi (MAP):

Marne a Pteropodi sono caratterizzate da sedimenti emipelagici pelitici e marnosi stratificati di colore grigio chiaro e nerastro, con spessore complessivo della formazione di circa 20-30 metri. Costituiscono la Formazione intermedia tra le Marne con Cerrogna e la Formazione della Laga.

Formazione delle Marne con Cerrogna (CRR):

La Formazione è costituita da sedimenti pelagici marnoso-argillosi, marnoso-calcarei con intercalazioni di calcareniti e biocalcareniti in strati medi e spessi che rappresentano apporti torbiditici provenienti dalla Piattaforma Laziale-Abruzzese. L'abbondante detrito carbonatico che caratterizza le Marne con Cerrogna, costituisce l'elemento di differenziazione rispetto allo Schlier. Possono essere suddivise nei seguenti tre membri:

Membro inferiore, costituito da Marne spesso laminate di colore grigio giallastre

Membro intermedio, caratterizzato da un incremento di orizzonti calcarenitici

Membro superiore simile a quello inferiore

Possono raggiungere uno spessore di circa 300 metri e passano alle sovrastanti Marne a Pteropodi in continuità stratigrafica.

Formazione del Bisciaro (BIS):

Il Bisciaro è costituito da marne e calcari siliceo-marnosi, ben stratificati, grigi e grigio-verdastri (ocracei se alterati), con intercalazioni di vulcanoclastiti (cineriti e tufiti prevalenti) e di bentoniti vulcanoderivate. Liste e noduli di selce grigio-nerastra sono localmente presenti nella parte inferiore e media della formazione. I livelli vulcanoclastici testimoniano una cospicua attività vulcanica calcalcalina nel Miocene inferiore. Pur non essendo sempre di facile riconoscimento sul terreno, questo marker coincide con un marcato cambiamento litologico da litotipi calcarei, grigi e grigio-verdastri, tipici del Bisciaro, a quelli decisamente più marnosi grigio-azzurri, dello Schlier.

Formazione della Scaglia Cinerea (SCC):

La Scaglia Cinerea è costituita da calcari marnosi e marne di colore grigio e presenta uno spessore di 100-200 metri. La porzione inferiore è generalmente più calcarea, mentre quella superiore è più marnosa. Il limite inferiore è posto al tetto dell'ultimo livello rossastro presente nella successione stratigrafica. Il limite superiore è posto alla base del Livello Raffaello, che rappresenta il primo orizzonte vulcanoclastico presente

nella successione, ed è correlabile in tutta l'area Umbro-marchigiana. Il limite inferiore cade poco sotto al passaggio Eocene-Oligocene, quello superiore poco sopra il passaggio Oligocene-Miocene.

Nella sua parte inferiore le litofacies che costituiscono la Scaglia Cinerea sono rappresentate da calcari marnosi e marne, di colore grigio e con la tipica frattura a piccole scaglie. Le litologie più carbonatiche sono frequenti soprattutto nella parte bassa della formazione. Lo spessore degli strati è compreso tra 10-20 cm e la stratificazione è poco evidente, infatti, le superfici di strato non sono nette. Nell'immagine si può osservare un tipico affioramento di Scaglia Cinerea con prevalenza dei litotipi più carbonatici .

Nella parte medio-superiore della Scaglia Cinerea, i litotipi marnosi, tendono a prevalere nettamente sulle marne calcaree, ed i calcari marnosi non sono più presenti. La stratificazione è evidenziata soprattutto dagli strati più calcarei, il cui spessore non supera i 10-15 cm. Gli intervalli marnosi, privi di strutture interne, possono raggiungere anche lo spessore di uno o più metri, le superfici di strato sono difficilmente identificabili.

Formazione della Corniola (COI):

Dal punto di vista litologico, la Corniola è rappresentata da una successione regolarmente stratificata, in strati di 20-40 centimetri costituiti da calcare micritico contenente spicole di spugna, radiolari, foraminiferi, piccoli gasteropodi, rare ammoniti. La selce in liste e noduli è presente soprattutto nella parte superiore della formazione. Lo spessore varia da pochi metri nelle successioni condensate ad oltre 200 in quelle estese. I livelli a crinoidi e intraclasti carbonatici (marmarone) caratterizzano la parte inferiore della formazione; sono inoltre abbastanza frequenti estesi fenomeni di slump che confermano instabilità ed improvvisi approfondimenti del fondo marino.

L'ambiente deposizionale della Corniola fu sicuramente pelagico: la batimetria del bacino, ricostruita sull'analisi ecologica dei foraminiferi bentonici, dimostra che nelle successioni normali o estese il fondo marino non era al di sotto dei 200 metri né al di sopra dei 50.

In alcune sequenze condensate la Corniola è costituita da micriti nodulari, ricchissime di ammoniti, gasteropodi, foraminiferi bentonici, brachiopodi e talora coralli e lumachelle che indicano un ambiente assai meno profondo forse al limite della base d'onda.

Gruppo quaternario

E' rappresentato esclusivamente da sedimenti continentali costituiti da depositi alluvionali (non presenti nell'area in esame), depositi gravitativi (corpi di frana), depositi eluvio-colluviali, detriti di versante e detriti antropici (presenti nell'area in esame ma non cartograficamente rappresentabili in quanto aventi spessori minimi).

I depositi (corpi) di frana sono costituiti da accumuli - lungo versanti caratterizzati da instabilità gravitativa - di materiale incoerente ed eterogeneo sia dal punto di vista granulometrico che litologico.

I depositi eluvio-colluviali rappresentano il prodotto dell'erosione operata degli agenti esogeni, i quali, mediante azioni chimiche e meccaniche (crioclastismo, termoclastismo, desquamazione, esfoliazione, ecc.), alterano la roccia madre generando accumuli di materiale fortemente alterato e caoticizzato, sia in loco (eluvium) che nelle aree di fondovalle (colluvium). Sono rappresentati da sabbie e limi di diverso colore inglobanti spesso ciottoli grossolani

La successione litostratigrafica sopra illustrata indica che, nell'area del territorio comunale di Montemonaco, così come in gran parte dell'area marchigiana, il processo sedimentario si è evoluto in condizioni paleoambientali variabili nel tempo. Si è passati infatti da un ambiente prettamente continentale a uno di mare basso (piattaforma continentale con sedimentazione carbonatica – Giurassico-Infracretacico), a un ambiente più profondo, dapprima con sedimentazione pelagica ed emipelagica, poi con sedimentazione di tipo torbiditico (Cretacico-Miocene). Testimonianze dell'ambiente di sedimentazione carbonatico sono rinvenibili più a Ovest nella porzione Ovest del territorio comunale, mentre le sedimentazioni di tipo torbiditico caratterizzano la porzione più ad est del territorio, nonché l'intera area del capoluogo comunale. L'evoluzione sedimentaria del territorio è sempre stata accompagnata da un'attività tettonica che ha in definitiva determinato gli ambienti sedimentari e il loro più o meno rapido mutamento. Le faglie contenute nelle rocce giurassiche e in quelle cretacico-oligoceniche sono tutte di tipo normale ed hanno quindi portato a distensioni più o meno importanti delle masse rocciose di quell'età, eccezion fatta per il sovrascorrimento presente ad Ovest del Capoluogo comunale. Per quanto riguarda le faglie mioceniche che hanno condizionato

la distribuzione delle torbiditi, esse potrebbero essersi generate nelle zone di raccordo tra l'avanfossa e il contiguo avampaese, dove si ritiene che si depositassero sedimenti emipelagici. Quando dette zone vengono raggiunte dai depositi torbiditici (in relazione alla migrazione dell'avanfossa), la distribuzione di questi ultimi risulterà necessariamente condizionata dalle irregolarità topografiche create dalle faglie stesse. In generale, comunque, la sedimentazione di avanfossa prelude all'arrivo degli sforzi compressivi che porteranno a una ben più intensa deformazione delle masse rocciose e alla creazione delle strutture più tipiche (pieghe e sovrascorrimenti) di questo settore della catena appenninica.

Il carattere strutturale dominante dell'area è dato dall'associazione di pieghe e sovrascorrimenti e da faglie di tipo prevalentemente normale. Le prime due strutture, di età neogenica, hanno andamento principalmente NNW-SSE, per poi assumere più a Nord una vergenza NNE-SSW e caratterizzano le aree di fondovalle poste a NE della dorsale montuosa dei Monti Sibillini.

La restante porzione del territorio comunale di Montemonaco è caratterizzata dalla presenza di un esteso bacino allungato in direzione NW-SE che rappresenta parte del bacino torbiditico della Formazione della Laga e che costituisce un'ampia struttura sinclinalica posta tra i due elementi inversi. Nell'area in parola non sono stati individuati rilevanti elementi strutturali.

Le faglie normali, presenti soprattutto all'interno delle due dorsali carbonatiche, hanno direzione prevalentemente N-S e dislocano le formazioni Giurassico-paleogeniche, con rigetti generalmente modesti; spesso le strutture in parola rappresentano elementi strutturali la cui importanza si è manifestata soprattutto durante la sedimentazione, prima dell'inizio dell'attività compressiva responsabile del processo orogenico vero e proprio (orogenesi appenninica) (Centamore et al., 1971; Galdenzi, 1986; Marchegiani et al., 2000): si tratta, come accennato precedentemente, essenzialmente di faglie normali pre-orogeniche di età principalmente giurassica che hanno prodotto lo smembramento della piattaforma carbonatica triassica e che realizzano, nell'area in esame, i rapporti stratigrafici tra le successioni giurassiche complete, condensate e composte.

4.2 Geomorfologia

L'aspetto morfologico d'insieme, del territorio del comune di Montemonaco, mostra un netto contrasto tra la porzione occidentale, essenzialmente montuosa, e la porzione orientale con morfologia prevalentemente collinare.

L'assetto strutturale dell'area ha condizionato la morfologia, infatti la dorsale più ampia ed elevata, coincide con l'anticlinale del Monte Sibilla, e più in generale dalla catena appenninica dei Monti Sibillini, separata da una ampia depressione, ad est corrispondente ad una monoclinale.

Risulta evidente come alla dorsale corrispondano litologie calcaree più resistenti all'erosione ed alle zone più depresse litologie marnoso arenacee ed argillose più facilmente erodibili.

Le valli fluviali sono per lo più strette ed approfondite nella zona montuosa, presentando un tipico profilo a V che tende però ad allargarsi verso l'alto, mentre nella zona collinare risultano sensibilmente più aperte mostrando nell'insieme un profilo a conca.

Dal punto di vista morfostrutturale, tale territorio può essere distinto in due unità interconnesse tra loro:

Dorsale marchigiana: occupa la zona occidentale del territorio comunale ed è costituita da sedimenti calcarei della successione mesozoico-paleogenica caratterizzata da terreni molto duri e competenti. E' la zona in cui ricade la parte prettamente montuosa ad Ovest del abitato comunale;

La porzione est del territorio comunale è invece caratterizzata da morfologie più dolci che identificano il passaggio da litologie calcaree più aspre

La dorsale presenta in genere un aspetto prevalentemente montuoso caratterizzato, da versanti piuttosto acclivi, localmente ricoperti da coltri detritiche ed interrotti da rotture di pendio rappresentate da scarpate poligeniche legate sia a fattori litologici che strutturali. Scarpate di erosione selettiva di notevole altezza si originano, in particolare, al contatto delle scaglie con le Marne a Fucoidi ed in varie situazioni

giaciturali. Notevole è stata l'influenza, nelle due unità, delle diverse fasi climatiche che si sono succedute nel Quaternario. In particolare le condizioni periglaciali, che vi si sono instaurate nel Pleistocene superiore, hanno lasciato tracce evidenti sui versanti e nei fondovalle. Infatti sono riferibili a queste condizioni particolari la produzione e la messa in posto di detriti stratificati (tipo grèzes litées) che ricoprono estese porzioni di versanti.

Sempre a questo tipo di condizioni climatiche è da ricondurre la genesi delle vallecole a fondo concavo, riempite di detriti, che si rinvengono diffusamente sui versanti calcarei. Per quanto riguarda gli orli di cresta, sia netta che smussata, sono stati distinti come forme poligeniche in quanto non attribuibili sicuramente alla sola azione del ghiaccio.

In definitiva questi versanti possono considerarsi abbastanza regolarizzati in quanto si presentano ben ricoperti dalla vegetazione e i fenomeni morfogenetici in atto sono molto poco diffusi o limitati a piccole aree.

Per quanto riguarda l'azione delle acque correnti superficiali all'interno della dorsale calcarea, in generale tali litotipi non permettono un reticolo idrografico ben sviluppato e gerarchizzato ed inoltre quasi tutti i corsi d'acqua principali sono a deflusso perenne. Sono tuttavia presenti aree con intenso ruscellamento diffuso dove, a causa della pratica agricola e della pastorizia, manca la copertura vegetale. Numerosi sono anche i fenomeni di ruscellamento concentrato che avvengono in vallecole piuttosto incise.

I bacini Marchigiani minori, sono caratterizzati da aree collinari che si sviluppano su litologie marnoso-arenacee. Le sommità dei rilievi sono generalmente arrotondate e le rotture di pendio smussate, tranne in corrispondenza degli strati arenacei e calcarenitici più resistenti. Le aree ricadenti all'interno del bacino marchigiano della formazione della Laga essendo caratterizzate da litotipi più competenti presentano morfologie più aspre rispetto a quelle più dolci di quelle del bacino marchigiano esterno.

Gli agenti morfodinamici principali, che hanno contribuito al modellamento delle zone dando luogo alle forme ed ai processi attualmente osservabili, sono la gravità e le acque correnti superficiali. Diffusi sono i movimenti gravitativi innescati, in qualche caso, dallo scalzamento al piede dei versanti operato dai corsi d'acqua. Tali movimenti si impostano soprattutto su litologie poco competenti quali argille limi e arenarie debolmente cementate e la tipologia del movimento è riferibile principalmente a scivolamento, favorito dalle particolari condizioni giaciturali del substrato, e subordinatamente a colamento. I versanti sono inoltre localmente interessati da deformazioni plastiche lente e profonde, che danno agli stessi un classico aspetto ondulato e da soliflussi generalizzati. In qualche caso l'abbandono o la ridotta utilizzazione di aree precedentemente occupate per uso agricolo, ha indotto fenomeni di erosione accelerata sia per movimenti di massa che per ruscellamento diffuso e concentrato. I processi recenti-attivi, in questa unità, prevalgono nettamente su quelli antichi-inattivi. Il reticolo di drenaggio è relativamente ben rappresentato e mostra sovente tratti in attiva erosione sia laterale che verticale.

In breve sintesi i fenomeni gravitativi possono essere così classificati:

- Scorrimenti di tipo rototraslazionale: Sono rilevabili sul terreno grazie alla presenza di contropendenze, rigonfiamenti, ristagni d'acqua; nelle zone a monte sono generalmente presenti cigli o piccole scarpate nei pressi dell'area di distacco. Nel territorio comunale tali situazioni sono rilevabili in due diverse zone tra le quali le più importanti, anche perché ubicate in vicinanza a centri abitati sono: movimenti attivi presenti subito a valle del centro storico del Comune di Montemonaco, uno in direzione Nord nel bacino idrografico del Fiume Tenna ed uno in direzione Sud nel Bacino Idrografico del Fiume Aso.

Per quanto riguarda l'azione delle acque correnti superficiali sono stati riscontrati, dove i versanti hanno una pendenza elevata, localizzati fenomeni di ruscellamento concentrato che hanno dato luogo a fossi incisi e rettilinei. Fenomeni di ruscellamento diffuso si rinvengono, generalmente, dove è assente la copertura vegetale sia per cause naturali che per cause legate all'attività agricola ed in particolare dove il rilievo assume una elevata acclività.

Forme antropiche

La morfologia del territorio comunale è parzialmente condizionata dall'attività antropica; questo è ben osservabile soprattutto sia all'interno del capoluogo e delle frazioni dove i successivi ampliamenti hanno costantemente modificato l'originaria morfologia, sia in aree extraurbane dove la pratica dell'agricoltura e

l'antropizzazione hanno modificato, qualche volta in maniera sostanziale, l'aspetto originario del paesaggio creando nuove forme o cancellandone altre.

Le forme più rappresentate e diffuse sono dovute principalmente a scarpate che si sviluppano lungo gli intagli stradali. Nel territorio non sono comunque state rilevate importanti forme sotto l'aspetto della microzonazione sismica, quali riporti di materiale.

4.3 Idrogeologia

La permeabilità delle singole unità litostratigrafiche può essere espressa in forma relativa basandosi essenzialmente sulla natura litologica dei sedimenti (permeabilità primaria) e sulla fratturazione degli stessi (permeabilità secondaria).

In particolare i materiali presenti all'interno dell'area esaminata possono essere ricondotti ai seguenti gruppi di permeabilità.

- Permeabilita' medio bassa.

Questa classe è composta dai terreni che raggruppano i seguenti depositi:

- Associazione arenacea
- depositi eluvio colluviali;
- detrito antropico;
- depositi di frana.

Permeabilita' medio alta.

In questa classe sono stati inseriti i seguenti litotipi:

Associazione arenaceo pelitica.

- Permeabilità alta.

Formano questa classe i seguenti litotipi:

Calcare massiccio del M.Nerone;

Associazione arenacea;

alluvioni terrazzate;

detrito cementato;

detrito di falda e di conoide;

Scaglia cinerea;

5. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Nel disciplinare d'incarico relativo al comune di Montemonaco era previsto un sondaggio a carotaggio continuo con prelievo i campioni, prove SPT e misurazioni in foro delle Vs (queste ultime a carico del CentroMS).

Data la natura incoerente dei materiali estratti dalle coperture, nei primi metri del sondaggio si è deciso di non prendere il campione in quanto poco rappresentativo.

5.1 Sondaggio S1

L'ubicazione del sondaggio S1 è stata scelta in modo da intercettare i litotipi eluviali che si alternano con i materiali alluvionali del torrente che scorre nei pressi della Località san Giorgio all'Isola, così da caratterizzare le aree di bordo-valle/base collinari. Come da protocollo S1 è stato spinto fino la profondità si 35m.

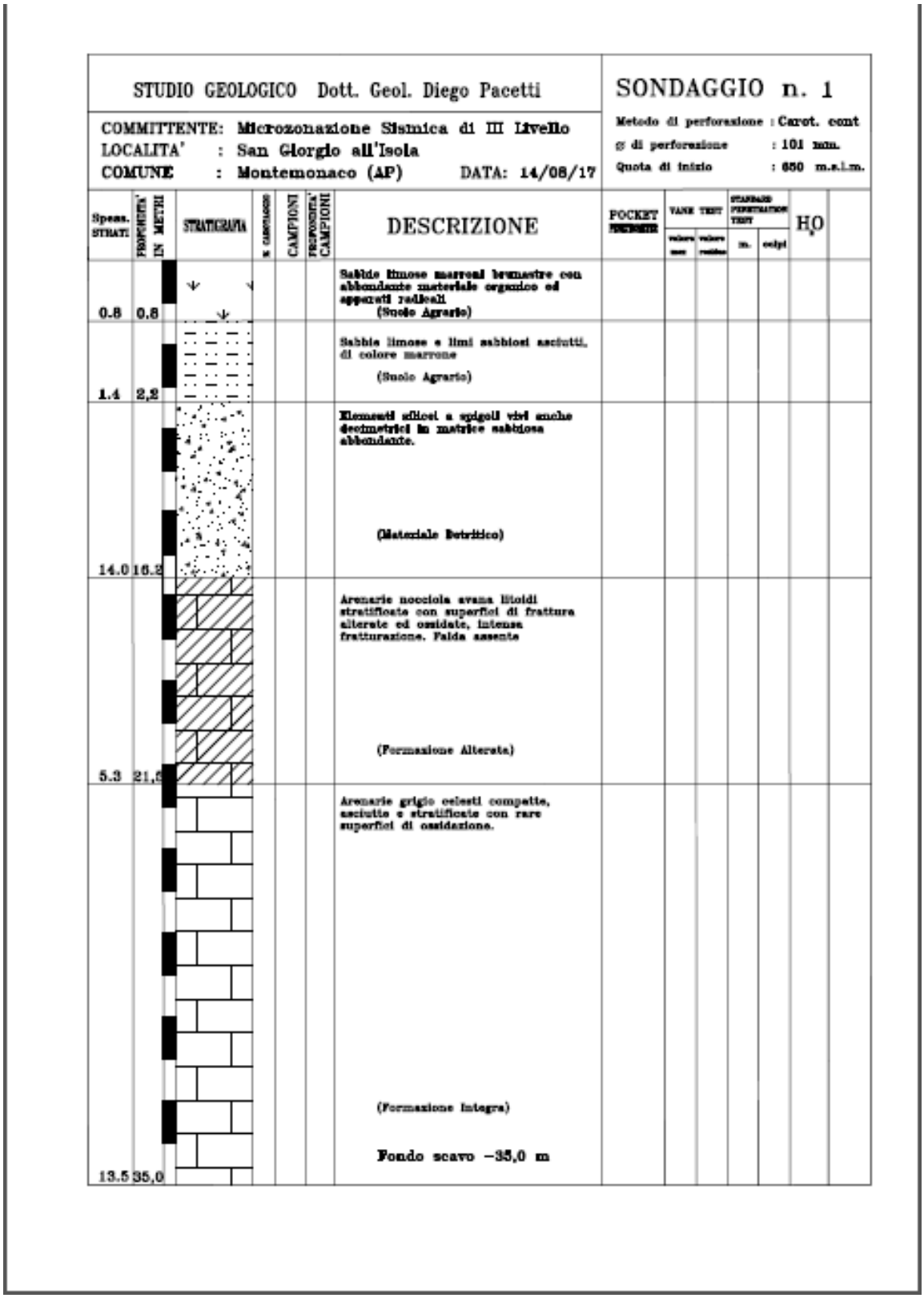
Figura 7 cantiere sondaggio s1 - operazioni di scavo prelievo campione

Terminate le operazioni di scavo il foro è stato attrezzato con tubo in PVC per effettuare la prova sismica in foro Down-Hole.

Figura 8 approntamento del foro di sondaggio con tubo in PVC per prova Down-Hole

Figura 9 cassetta sondaggio S1 0-35m,

La stratigrafia locale è così riassumibile:



STUDIO GEOLOGICO Dott. Geol. Diego Pacetti

SONDAGGIO n. 1

COMMITTENTE: Microzonazione Sismica di III Livello
LOCALITA' : San Giorgio all'Isola
COMUNE : Montemonaco (AP) DATA: 14/08/17

Metodo di perforazione : Carot. cont
ø di perforazione : 101 mm.
Quota di inizio : 650 m.s.l.m.

Spess. STRATI	PROFONDITA' IN METRI	STRATIGRAFIA	N. CAMPIONE	CAMPIONI	PROFONDITA' CAMPIONI	DESCRIZIONE	POCKET PENETROMETER	VANE TEST valore max	VANE TEST valore residuo	STANDARD PENETRATION TEST n.	STANDARD PENETRATION TEST colpi	H_2O
0.8	0.8					Sabbie limose marroni brunastre con abbondante materiale organico ed apparati radicali (Suolo Agrario)						
1.4	2,2					Sabbie limose e limi sabbiosi asciutti, di colore marrone (Suolo Agrario)						
14.0	16.2					Elementi silicei a spigoli vivi anche decimetrici in matrice sabbiosa abbondante. (Materiale Detritico)						
5.3	21,5					Arenarie nocciola avana litoidi stratificate con superfici di frattura alterate ed ossidate, intensa fratturazione. Falda assente (Formazione Alterata)						
13.5	35,0					Arenarie grigio celesti compatte, asciutte e stratificate con rare superfici di ossidazione. (Formazione Integra) Fondo scavo −35,0 m						

Figura 10 stratigrafia del sondaggio S1

5.2 Prove DOWN HOLE

La prova Down-hole è finalizzata alla determinazione dei profili delle onde sismiche di compressione e di taglio con la profondità. Essa consiste nel produrre sulla superficie del terreno una perturbazione mediante una sorgente meccanica e nel misurare il tempo d'arrivo delle onde dirette alle varie profondità all'interno di un foro opportunamente predisposto. L'attrezzatura per prove Down-hole è costituita da:

- un sistema di ricezione, costituito da due geofoni da foro 3D con dispositivo meccanico di bloccaggio, accoppiati e orientabili dalla superficie mediante un sistema di aste rigide;

- una sorgente di onde S, realizzata tramite un pendolo, che consente di controllare l'energia di battuta, costituita da una trave in legno e alluminio forgiata in modo da garantire la perfetta aderenza al terreno;

- una sorgente di onde P, costituita da un martello e una piastra metallica;

- un sistema di acquisizione, costituito da un sismografo, al quale è collegato un dispositivo di trigger.

Una volta verificato che il foro è completamente libero e misurata la profondità del sondaggio e il livello di falda, vengono posizionati i due geofoni a fondo foro. Essi vengono poi bloccati alle pareti del foro e vengono eseguite più battute orizzontali destre e sinistre e altrettante battute verticali, acquisendo poi la media delle energizzazioni effettuate.

Successivamente vengono sbloccati i geofoni e fatti avanzare di un metro, controllando che l'orientazione rispetto alla sorgente non venga modificata e la prova viene ripetuta fino ad arrivare alla superficie. L'interpretazione delle misure, ai fini della determinazione del profilo della velocità delle onde S e delle onde P, viene effettuata con il metodo delle velocità d'intervallo a partire da un'analisi visuale dei dati e dallo studio delle funzioni di cross-correlazione.

Nello specifico passati i 30 giorni di maturazione del cemento che ancora al terreno circostante il tubo guida installato nel foro di sondaggio, nel mese di ottobre i tecnici del CentroMS hanno eseguito le prove Down-Hole all'interno dei sondaggi S1 e S2.

I risultati delle prove sono così riassumibili:

Studi di microzonazione sismica di III livello dei Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016

(OPCM n. 24 del 12 maggio 2017)

Elaborazione Prova Down-Hole

Comune di Montemonaco

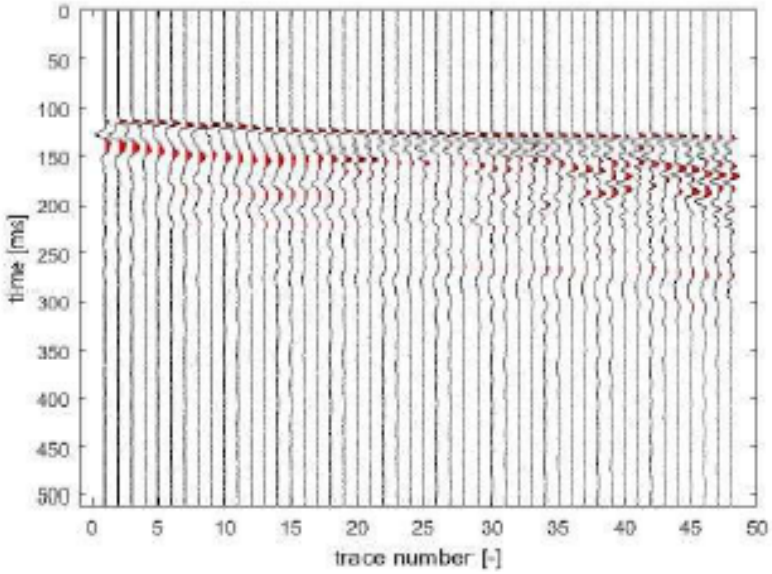
Prof. Ing. Sebastiano Foti (DISEG)
Dipl. Ing. Giovanni Bianchi (DISEG)
Ing. Federico Passeri (DISEG)
Ing. Andrea Ciancimino (DISEG)

POLITECNICO DI TORINO
Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (DISEG)

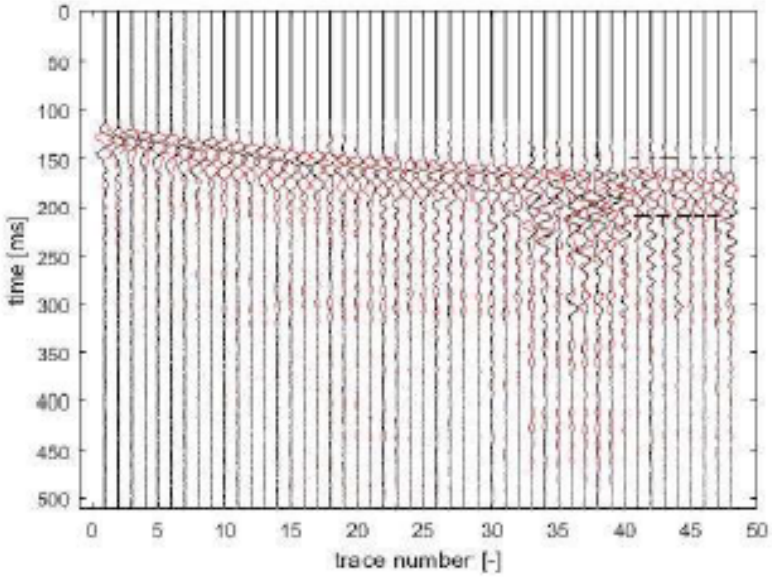
Torino, 10/11/2017

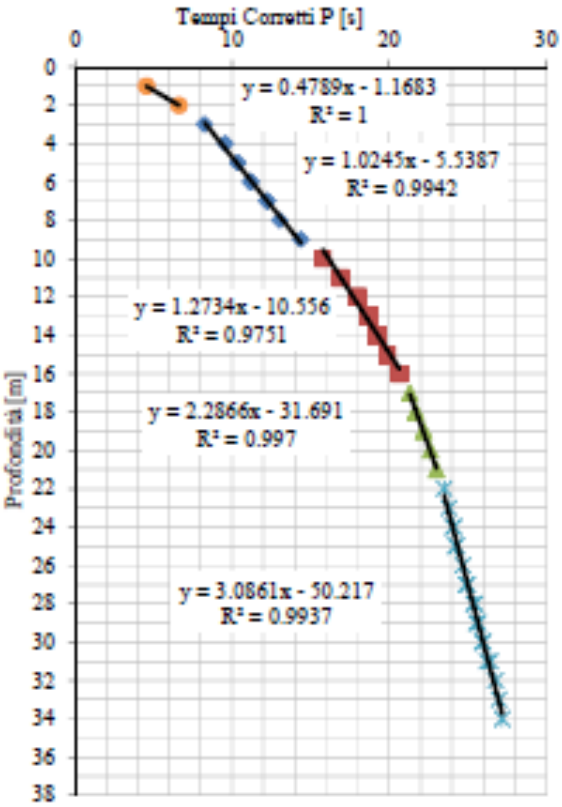
Montemonaco - Prova DH 11/10/2017

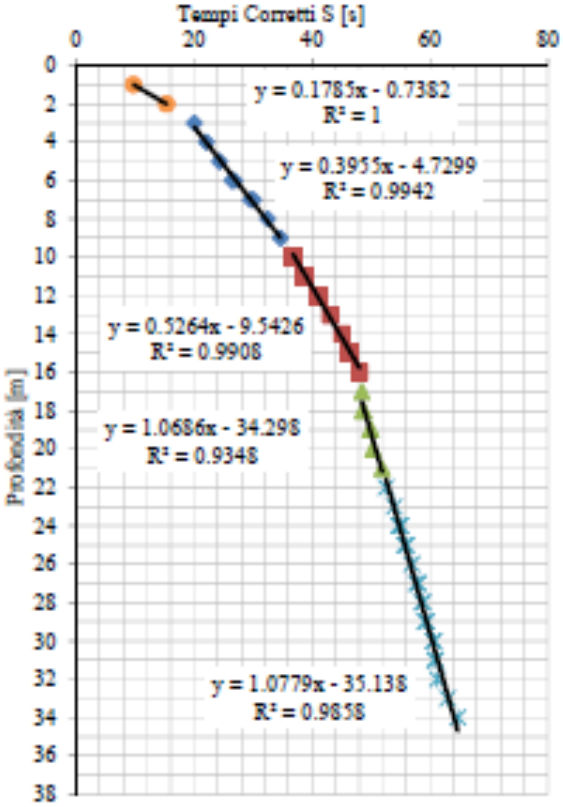
Sismogramma onde P

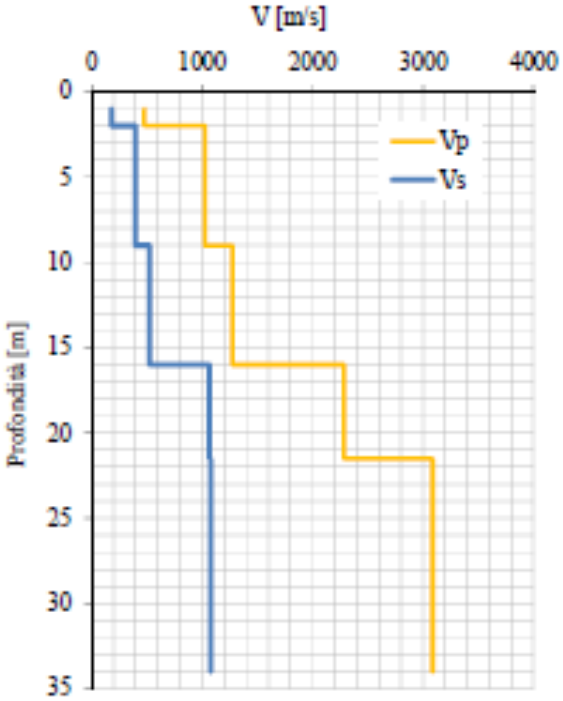


Sismogramma onde S









Montemonaco		
Stringa da 8 geofoni – Sovrapposizione 1 m		
Distanza bocca foro – sorgente: 1.5 m		
Interasse tra i ricevitori: 1 m		
Intervalli di profondità [m]	V_S [m/s]	V_P [m/s]
1 - 2	179	479
2 - 9	396	1025
9 - 16	526	1273
16 - 21.5	1069	2287
21.5 - 34	1078	3086

6. SISMICA DI SUPERFICIE

Ai fini della determinazione delle caratteristiche sismiche di ogni area individuata nella carta MOPS a comportamento omogeneo, è stata pianificata una campagna di indagini sismiche di superficie costituita da MASW e HVSR.

6.1 MASW - Cenni teorici sulle indagini sismiche con metodologia MASW

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Le onde di Rayleigh sono generate dall'iterazione tra le onde di compressione e le onde di taglio verticali ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Alla superficie libera hanno un moto ellittico retrogrado (antiorario) che si inverte ad una profondità di $\lambda/2\pi$. In un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente sino ad estinguersi ad una profondità pari circa ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase. In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, le onde superficiali presentano un comportamento dispersivo, ossia a frequenza diverse corrispondono diverse velocità di fase.

Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati differenti ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione. Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche per estrarre dai sismogrammi acquisiti le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale nel dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal domino x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggior contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. La velocità delle onde di Rayleigh è infatti associata ai massimi dello spettro f-k; si può così ottenere una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza un picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh Vr determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$Vr\ (f) = 2\pi\ f/k$$

Riportando le coppie di valori Vr-f in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco – elastico a strati piano paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterattivo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Il processo di inversione si basa su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura. La procedura MASW comprende tre passi successivi:

- acquisizione delle onde superficiali (ground roll)
- estrazione della curva di dispersione caratteristica del sito
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale (1D) delle Vs

Le 12 indagini MASW sono state affidate ad una ditta specializzata che ha provveduto ad acquisire i dati ed elaborarli secondo le specifiche dettate dal CentroMS.

Tali indagini sono state eseguite all'interno del perimetro da microzonare di 3^ livello in modo da caratterizzare ogni MOPS individuata sul territorio.

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	23 agosto 2017
Profilo	Case_01	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,913721		Latitudine: 42,913365	
Longitudine: 13,330650		Longitudine: 13,330976	
Quota		Quota	

Foto

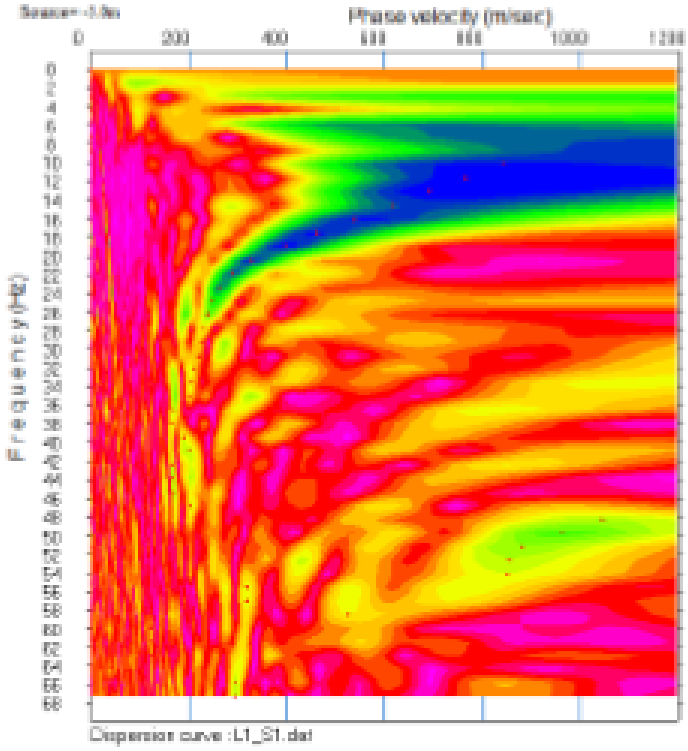
Schema geometria

Energizzazioni: 01-———— 02-———— 03-———— 04-———— 05———— 06———— 07-———— 08-———— 09
Ricevitori: 01 06

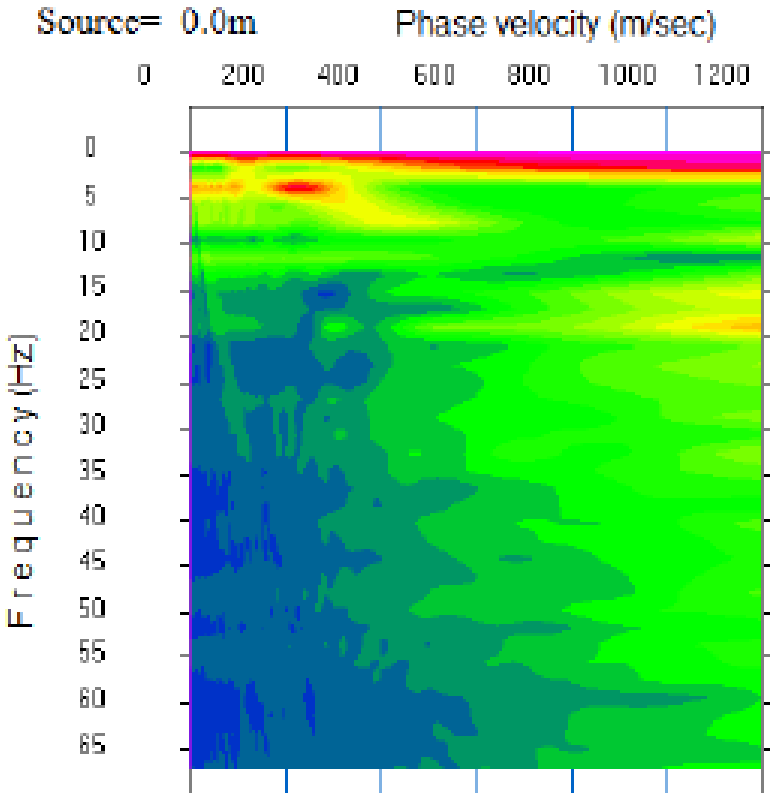
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-5m. da G1	S.1			
3	+7m. da G24	S.2			

RIELABORAZIONE LINEA 1 (044044L8Masw8) – COMUNE DI MONTE MONACO

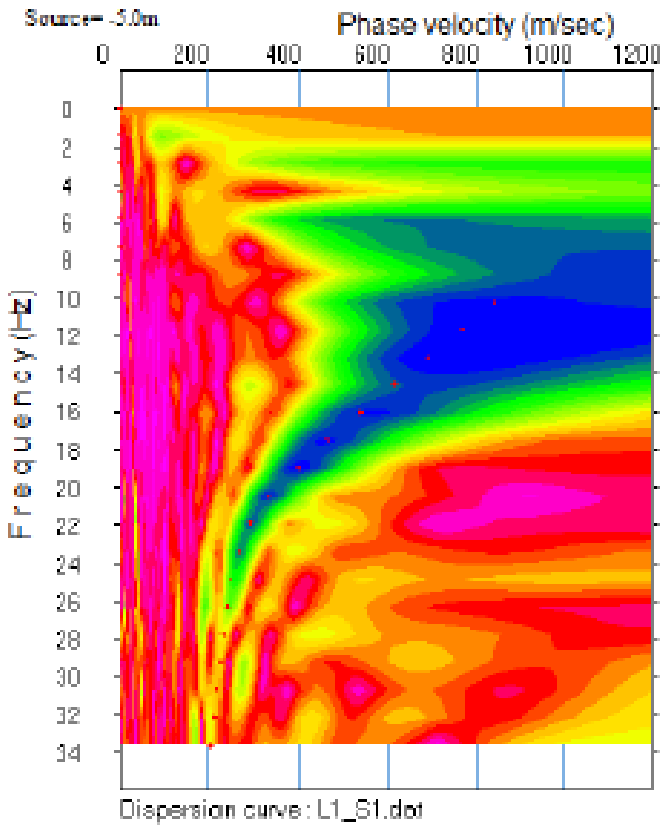
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S1

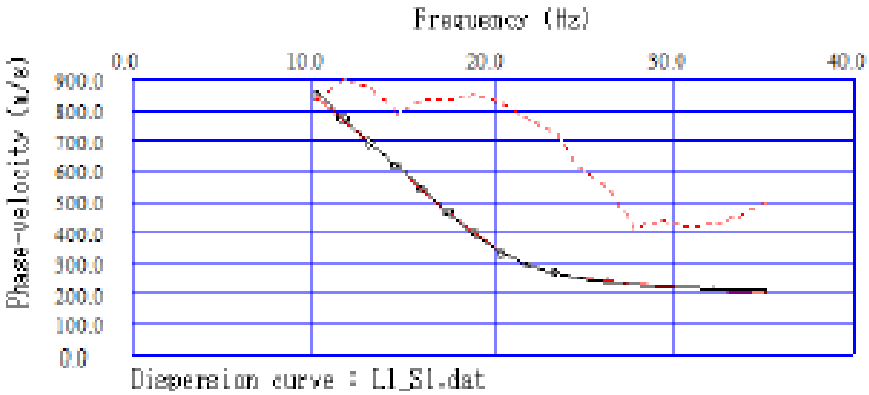


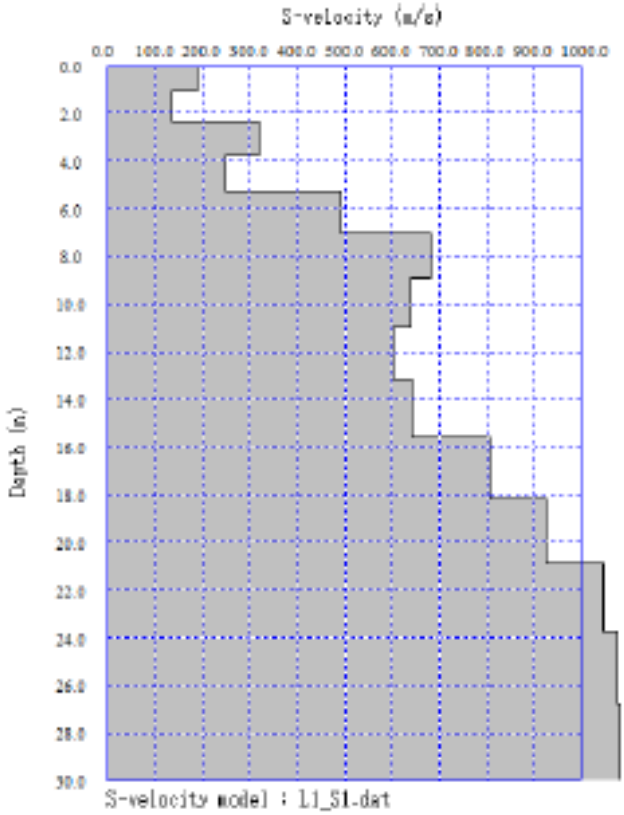
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE RE.MI.



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S1







Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	÷	1,07	1,07	180	0,0057	524
1,07	÷	2,31	1,24	134	0,0092	
2,31	÷	3,71	1,40	317	0,0044	
3,71	÷	5,27	1,57	247	0,0063	
5,27	÷	7,01	1,73	492	0,0035	
7,01	÷	8,90	1,90	681	0,0028	
8,90	÷	10,96	2,06	641	0,0032	
10,96	÷	13,19	2,23	604	0,0037	
13,19	÷	15,58	2,39	641	0,0037	
15,58	÷	18,13	2,55	808	0,0032	
18,13	÷	20,85	2,72	926	0,0029	
20,85	÷	23,74	2,88	1045	0,0028	
23,74	÷	26,79	3,05	1078	0,0028	
26,79	÷	30,00	3,21	1082	0,0030	
		∑hi=	30,00	∑hHi/Vi=	0,0573	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	23 agosto 2017
Profilo	Isola San Biagio_02	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2,5 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,909188		Latitudine: 42,908652	
Longitudine: 13,307721		Longitudine: 13,307434	
Quota		Quota	

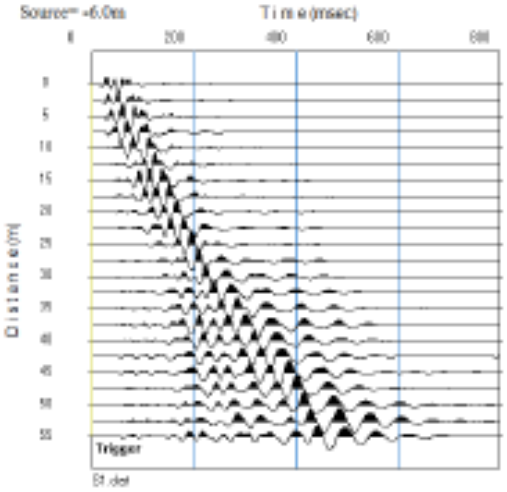
Schema geometria

Energizzazioni: 01-——— 02-——— 03-——— 04-——— 05-——— 06-——— 07-——— 08-——— 09
Ricevitori: 23

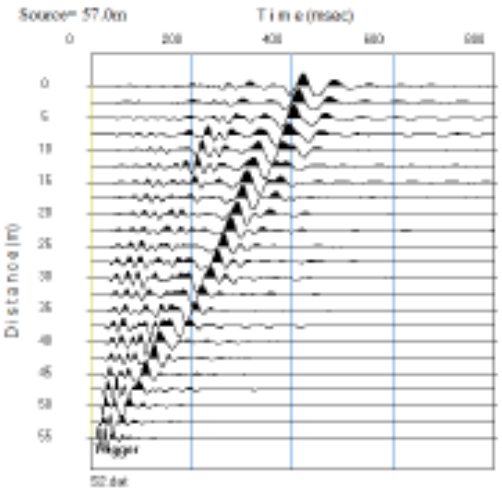
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-6m. da G1	S.1			
3	+2m. da G23	S.2			

LINEA 2_MZS III LIVELLO_MONTE MONACO

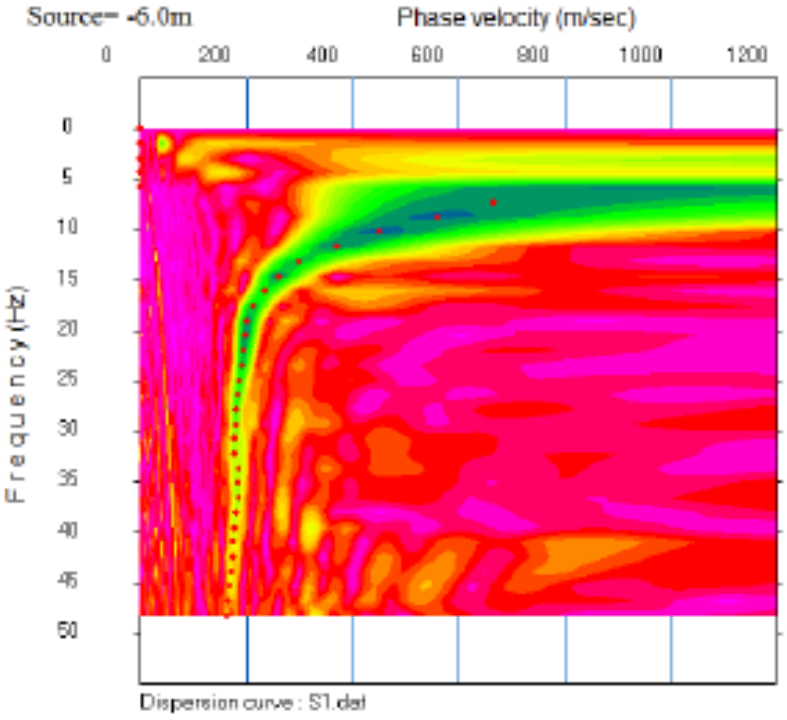
SISMOGRAMMA S1



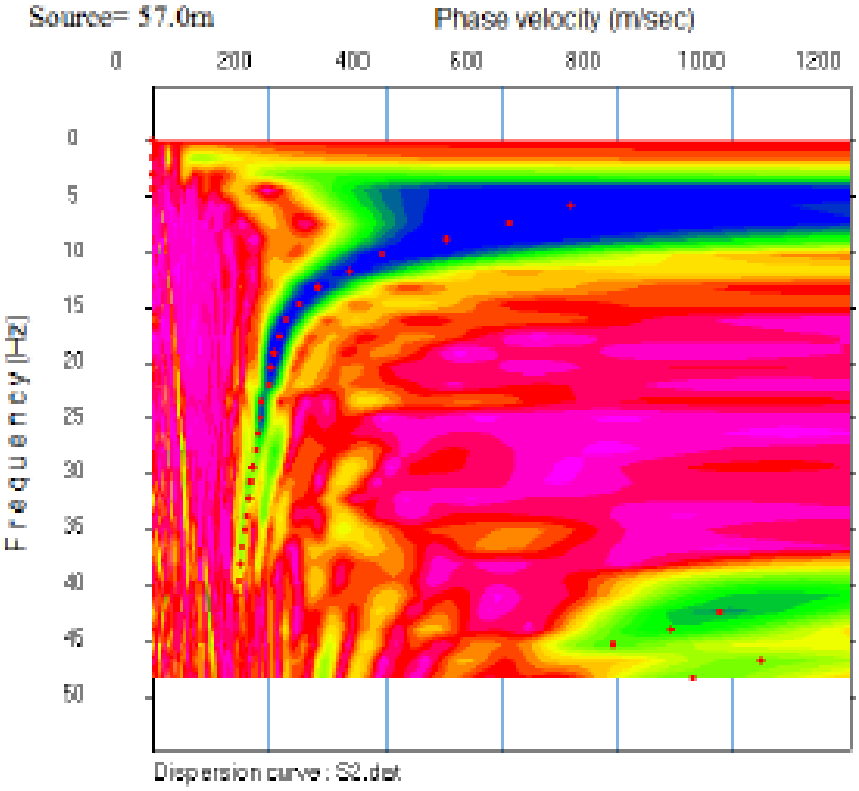
SISMOGRAMMA S2



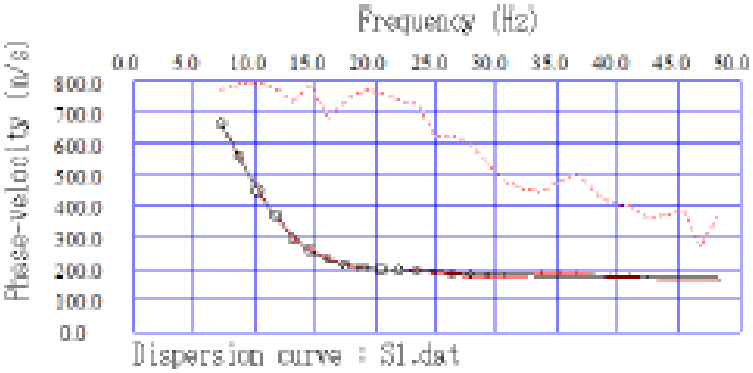
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S1



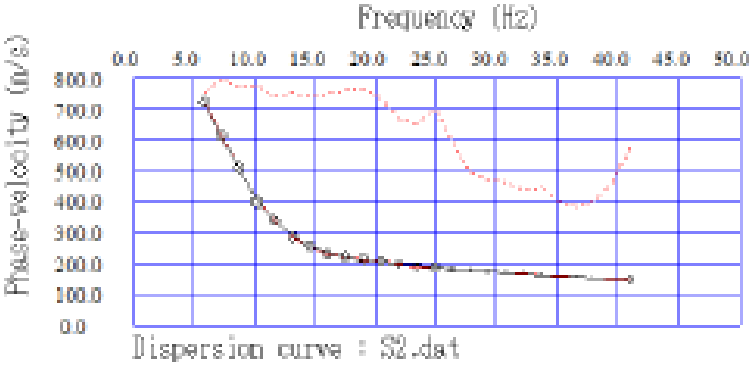
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S2



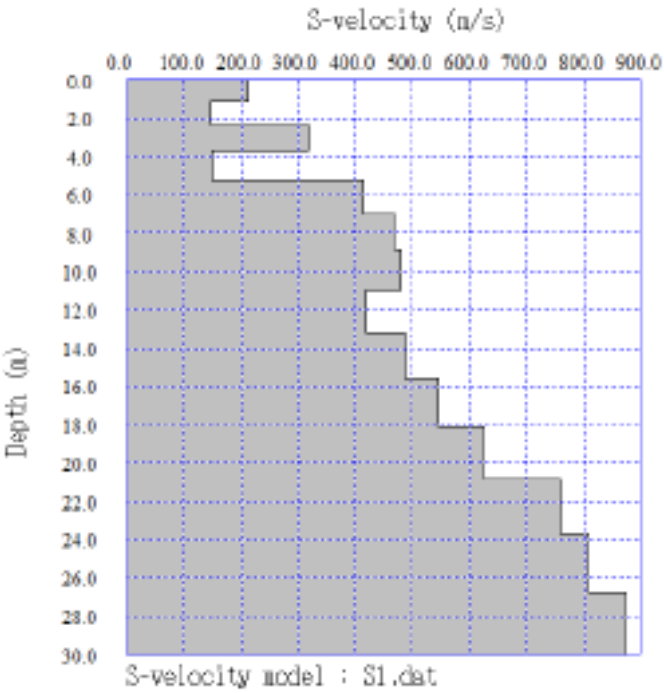
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE E CALCOLATA_S1



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE E CALCOLATA_S2

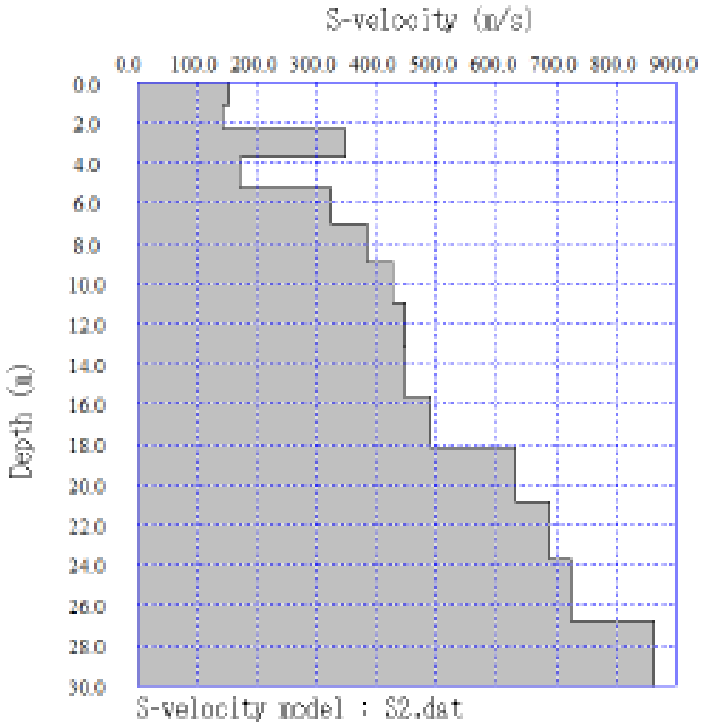


MODELLO VS_S1



Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	↑	1,07	1,07	212	0,0051	421
1,07	↑	2,31	1,24	147	0,0084	
2,31	↑	3,71	1,40	319	0,0044	
3,71	↑	5,27	1,57	149	0,0105	
5,27	↑	7,01	1,73	415	0,0042	
7,01	↑	8,90	1,90	470	0,0040	
8,90	↑	10,96	2,06	481	0,0043	
10,96	↑	13,19	2,23	420	0,0053	
13,19	↑	15,58	2,39	486	0,0049	
15,58	↑	18,13	2,55	546	0,0047	
18,13	↑	20,85	2,72	627	0,0043	
20,85	↑	23,74	2,88	759	0,0038	
23,74	↑	26,79	3,05	809	0,0038	
26,79	↑	30,00	3,21	874	0,0037	
		∑hi=	30,00	∑hHi/Vi=	0,0713	

MODELLOVS_S2



Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	÷	1,07	1,07	155	0,0069	
1,07	÷	2,31	1,24	145	0,0085	
2,31	÷	3,71	1,40	351	0,0040	
3,71	÷	5,27	1,57	173	0,0091	
5,27	÷	7,01	1,73	325	0,0053	
7,01	÷	8,90	1,90	385	0,0049	
8,90	÷	10,96	2,06	426	0,0048	397
10,96	÷	13,19	2,23	448	0,0050	
13,19	÷	15,58	2,39	446	0,0054	
15,58	÷	18,13	2,55	492	0,0052	
18,13	÷	20,85	2,72	632	0,0043	
20,85	÷	23,74	2,88	690	0,0042	
23,74	÷	26,79	3,05	724	0,0042	
26,79	÷	30,00	3,21	864	0,0037	
		∑hi=	30,00	∑hi/Vi=	0,0755	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	23 agosto 2017
Profilo	Capoluogo-Via G. Paolucci_03	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2,0 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,899526		Latitudine: 42,899796	
Longitudine: 13,326709		Longitudine: 13,326933	
Quota		Quota	

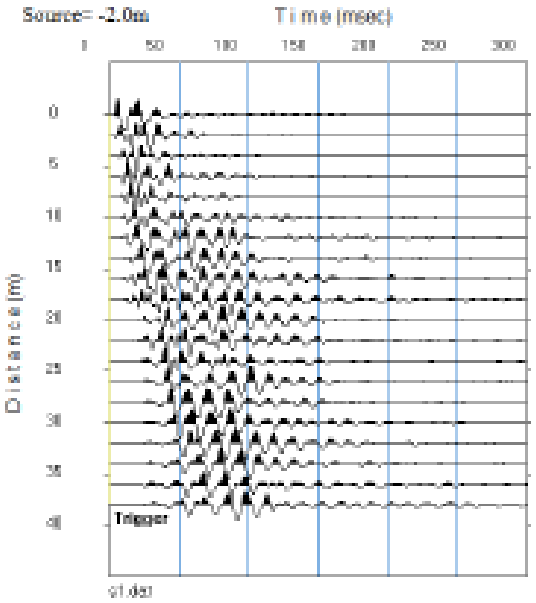
Schema geometria

Energizzazioni: 01-——— 02-——— 03-——— 04-——— 05-——— 06-——— 07-——— 08-——— 09
Ricevitori: 20

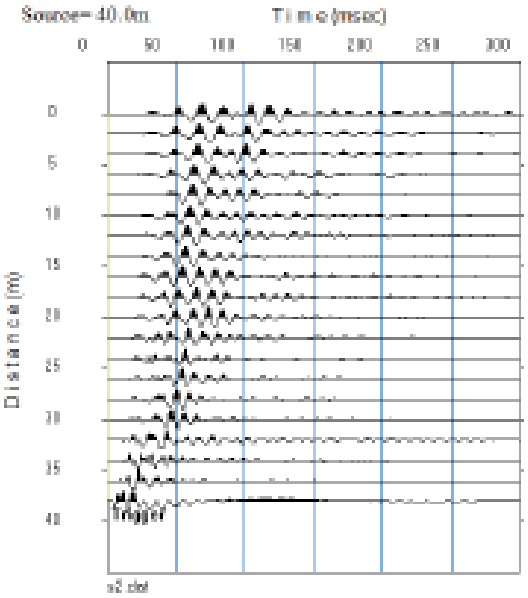
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-5m. da G1	S.1			
3	+2m. da G20	S.2			

LINEA 3_MZS III LIVELLO_MONTE MONACO

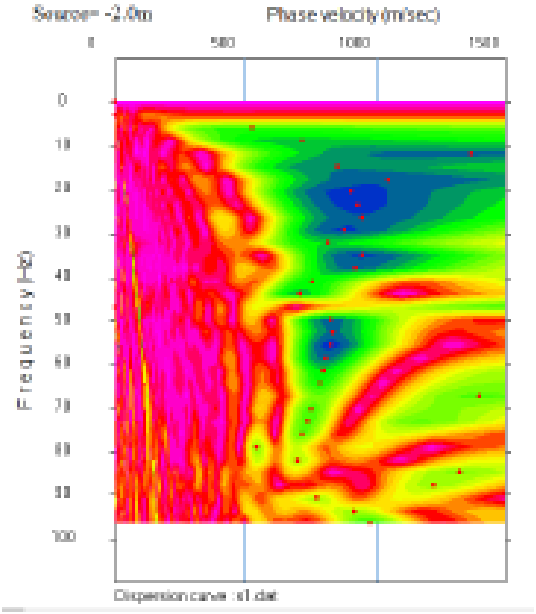
SISMOGRAMMA S1



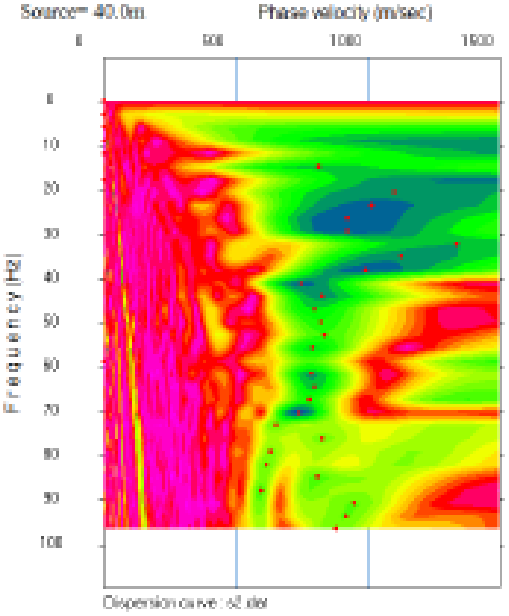
SISMOGRAMMA S2



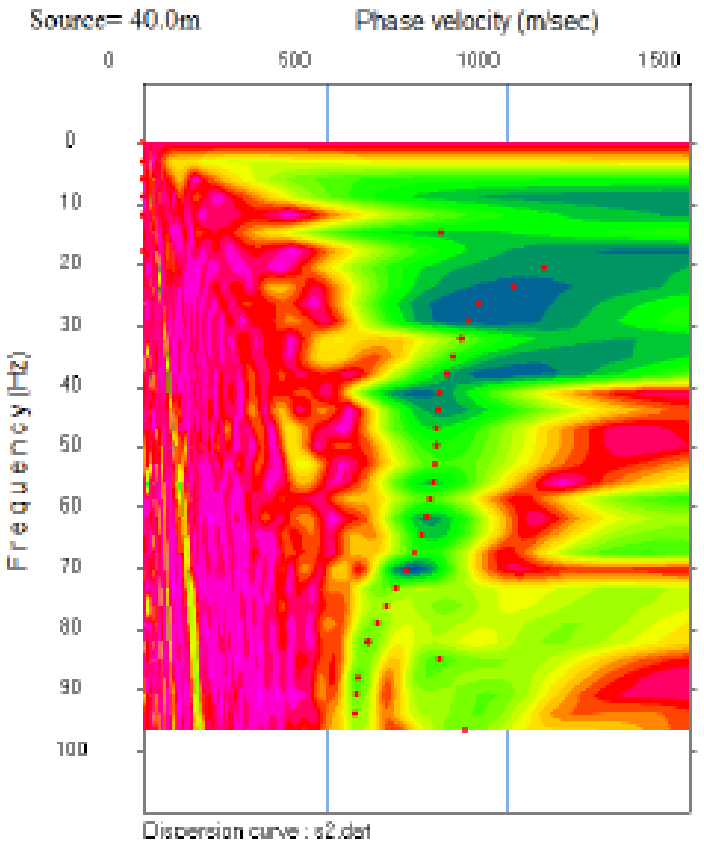
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S1



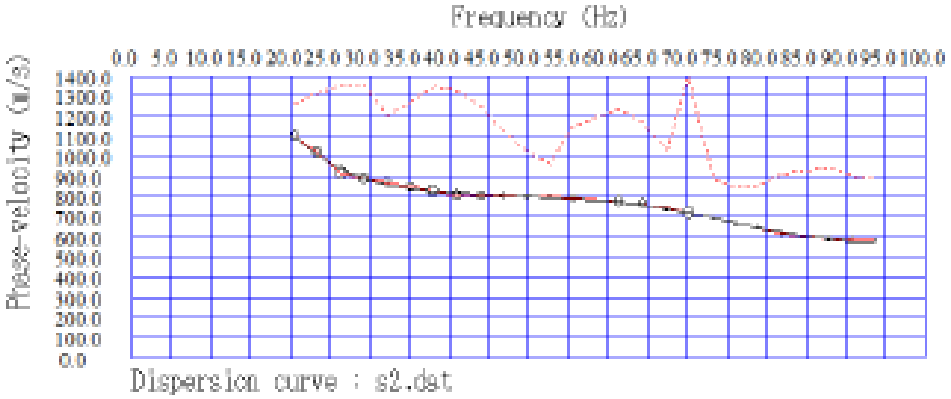
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S2



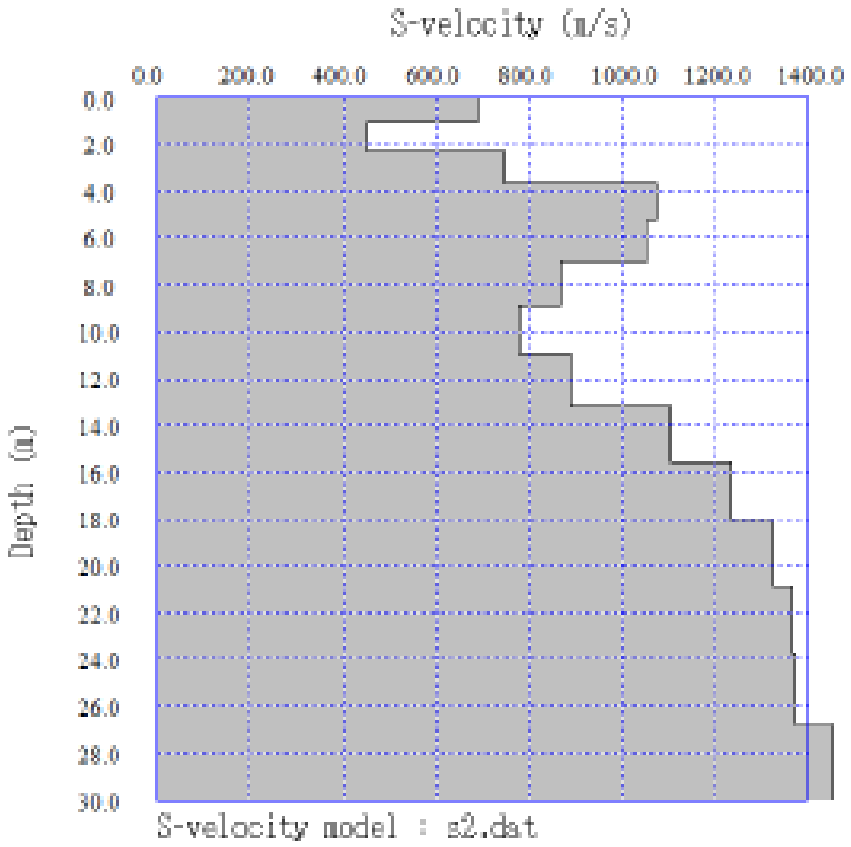
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S2



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE E CALCOLATA_S2



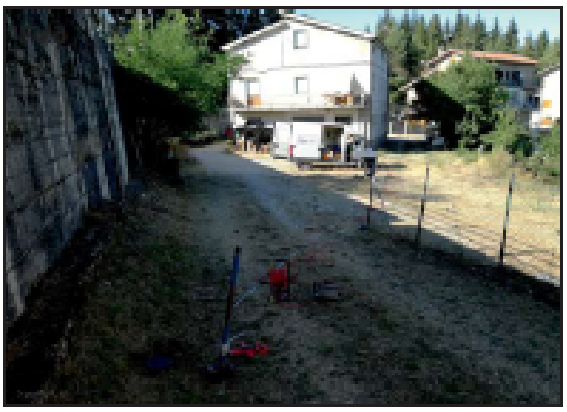
MODELLOVS_S2



Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	÷	1,07	1,07	688	0,0016	
1,07	÷	2,31	1,24	452	0,0027	
2,31	÷	3,71	1,40	747	0,0019	
3,71	÷	5,27	1,57	1130	0,0014	
5,27	÷	7,01	1,73	1107	0,0016	
7,01	÷	8,90	1,90	870	0,0022	
8,90	÷	10,96	2,06	779	0,0026	1033
10,96	÷	13,19	2,23	889	0,0025	
13,19	÷	15,58	2,39	1105	0,0022	
15,58	÷	18,13	2,55	1236	0,0021	
18,13	÷	20,85	2,72	1325	0,0021	
20,85	÷	23,74	2,88	1366	0,0021	
23,74	÷	26,79	3,05	1374	0,0022	
26,79	÷	30,00	3,21	1611	0,0020	
		Σhi=	30,00	ΣhHi/Vi=	0,0291	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	23 agosto 2017
Profilo	Via Don Settimio Vallorani-4	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2,0 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,901968		Latitudine: 42,901645	
Longitudine: 13,337774		Longitudine: 13,337594	
Quota		Quota	



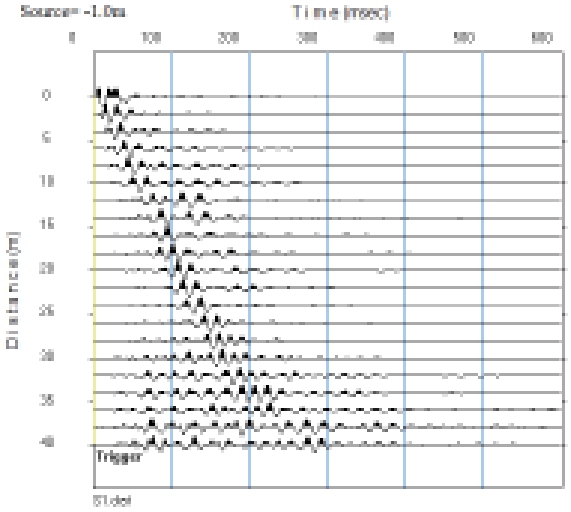
Schema geometria

Energizzazioni: 01-——— 02-——— 03-——— 04-——— 05-——— 06-——— 07-——— 08-——— 09
Ricevitori: 22

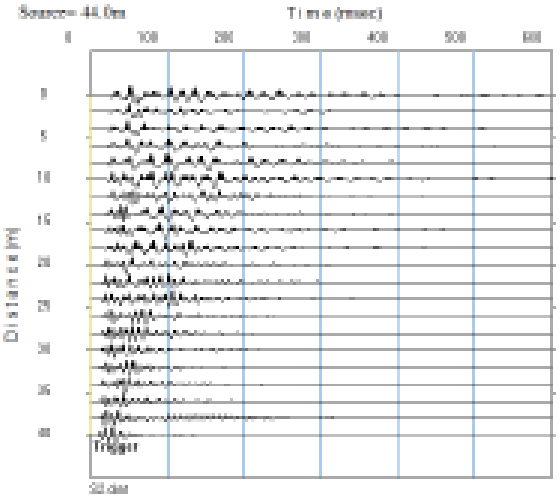
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-5m. da G1	S.1			
3	+2m. da G22	S.2			

LINEA 4_MZS III LIVELLO_MONTE MONACO

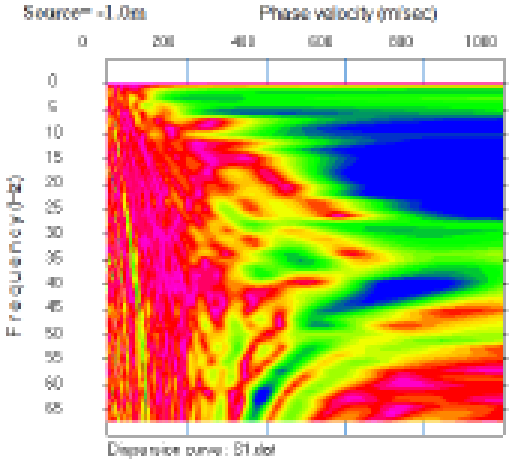
SISMOGRAMMA S1



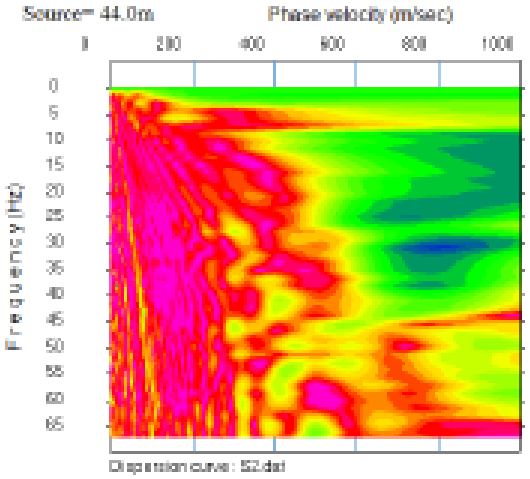
SISMOGRAMMA S2



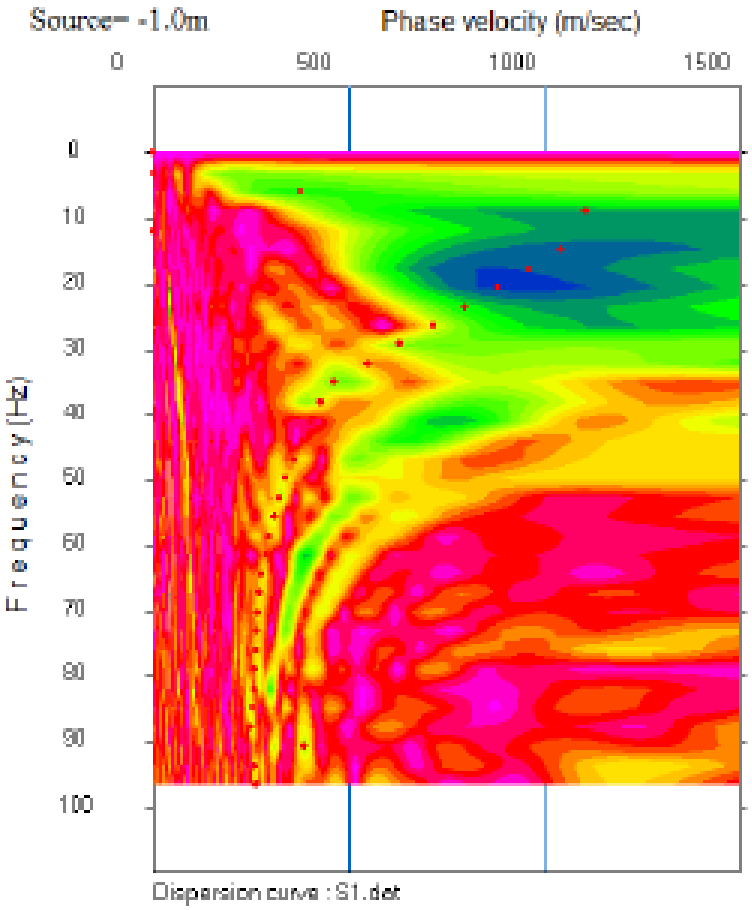
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE _S1



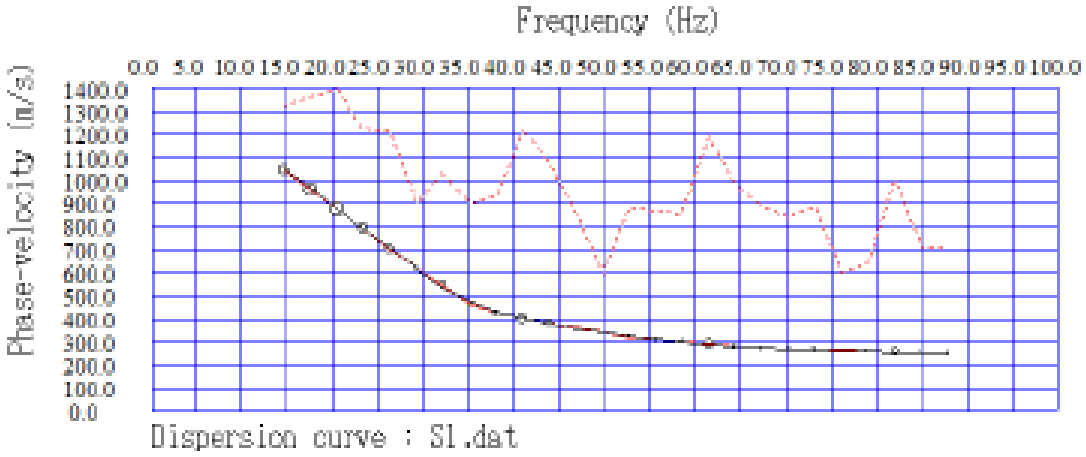
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S2



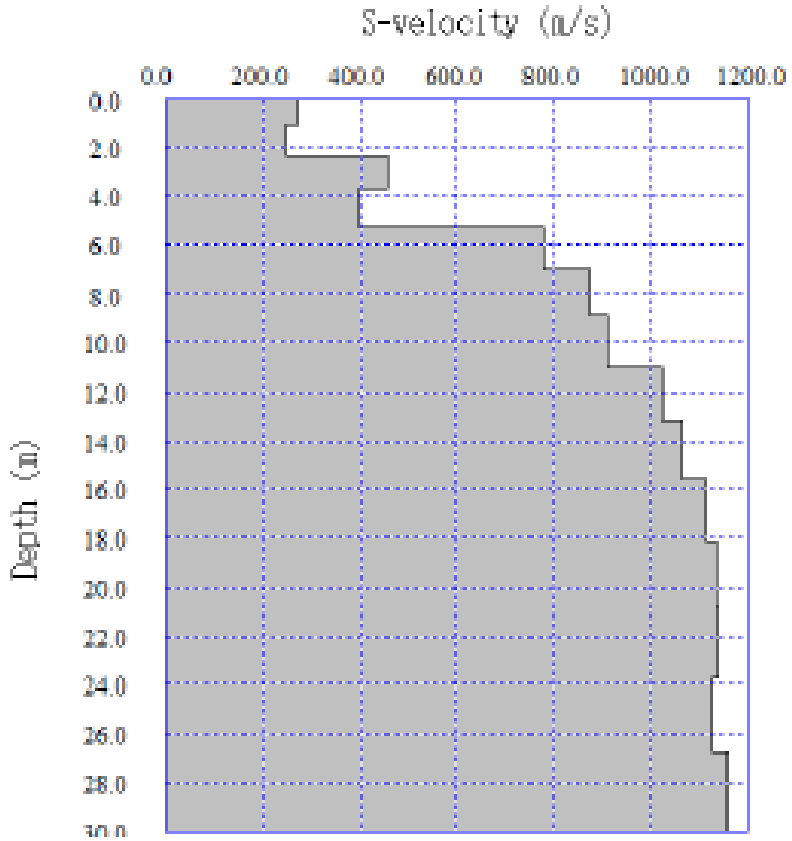
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE CON PICKING_S1



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE E CALCOLATA_S1



MODELLO VS_S1



Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vsae (m/s)
0,00	÷	1,07	1,07	274	0,0039	756
1,07	÷	2,31	1,24	246	0,0050	
2,31	÷	3,71	1,40	457	0,0031	
3,71	÷	5,27	1,57	399	0,0039	
5,27	÷	7,01	1,73	777	0,0022	
7,01	÷	8,90	1,90	875	0,0022	
8,90	÷	10,96	2,04	911	0,0023	
10,96	÷	13,19	2,23	1023	0,0022	
13,19	÷	15,58	2,39	1065	0,0022	
15,58	÷	18,13	2,54	1117	0,0023	
18,13	÷	20,85	2,72	1137	0,0024	
20,85	÷	23,74	2,89	1139	0,0025	
23,74	÷	26,79	3,05	1126	0,0027	
26,79	÷	30,00	3,21	1159	0,0028	
		Σhi=	30,00	ΣhHi/Vi=	0,0397	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	23 agosto 2017
Profilo	Fraz. Ferà di Sotto-5	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	1,5 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,909562		Latitudine: 42,909826	
Longitudine: 13,347288		Longitudine: 13,347140	
Quota		Quota	

Foto

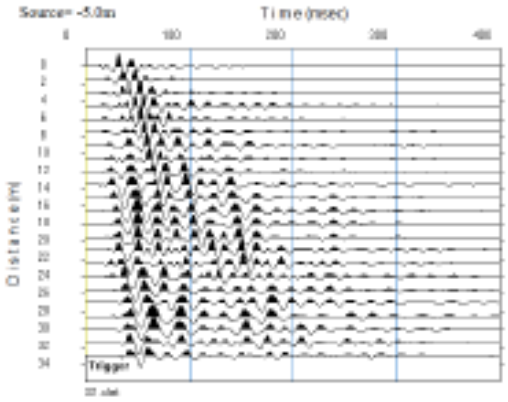
Schema geometria

Energizzazioni: 01——— 02——— 03——— 04——— 05——— 06——— 07——— 08——— 09
Ricevitori: 23 01 06

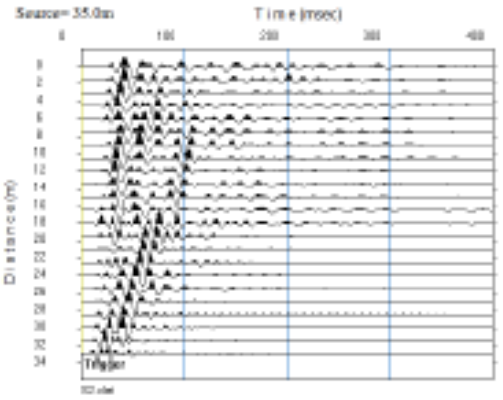
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-5m. da G1	S.1			
3	+2m. da G23	S.2			

LINEA 5_MZS III LIVELLO_MONTE MONACO

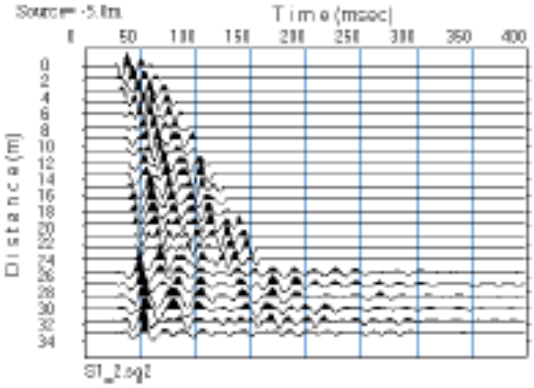
SISMOGRAMMA S1_1



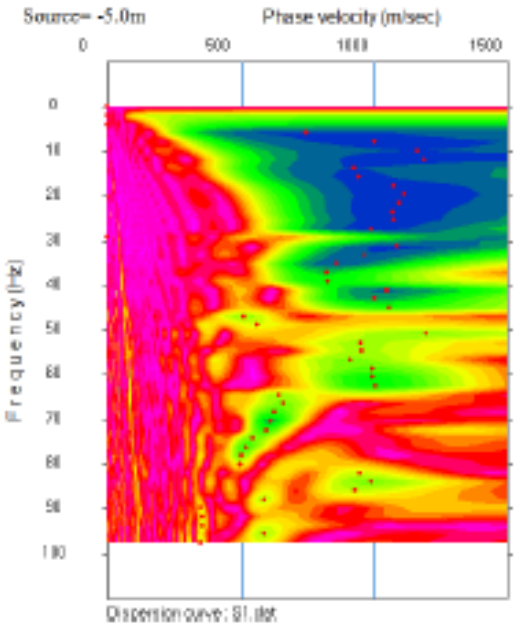
SISMOGRAMMA S2



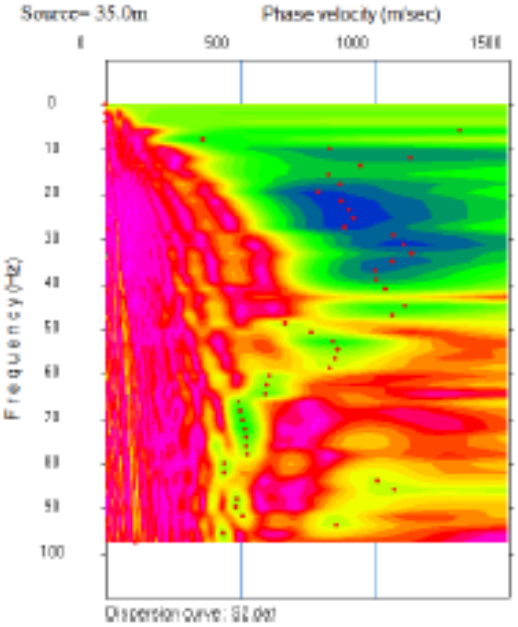
SISMOGRAMMA S1_2



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S1



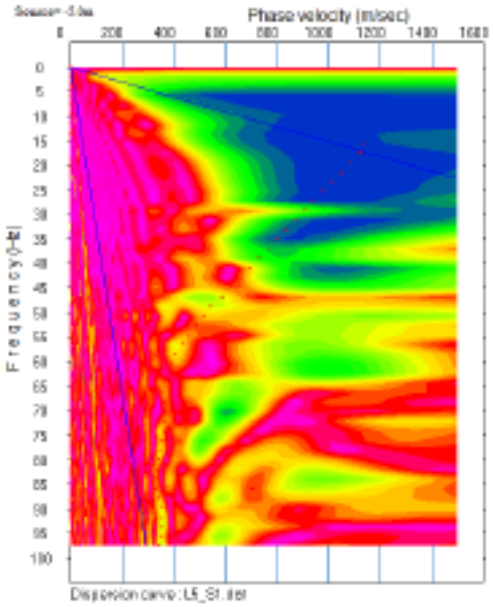
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S2



RIELABORAZIONE LINEA 5 (044044L11Masw11) – COMUNE DI MONTE MONACO

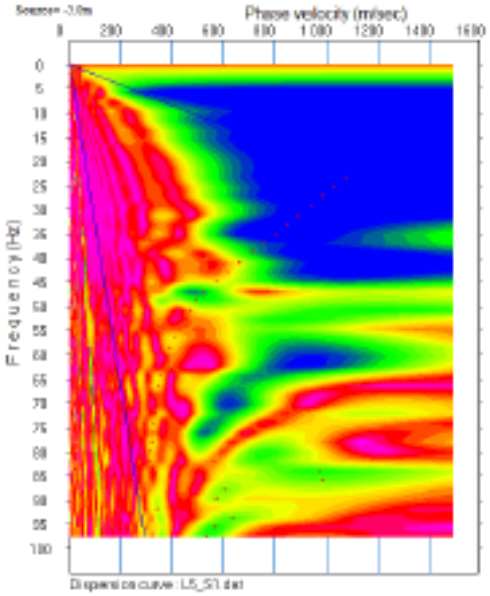
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S1

(DA SISMOGRAMMA S1 COMPLETO)



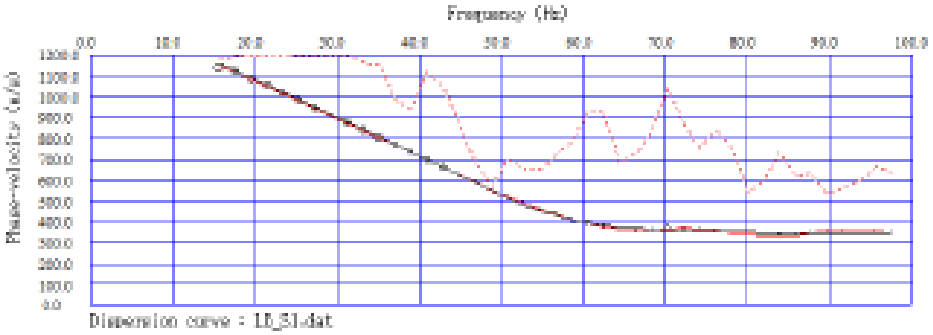
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S1

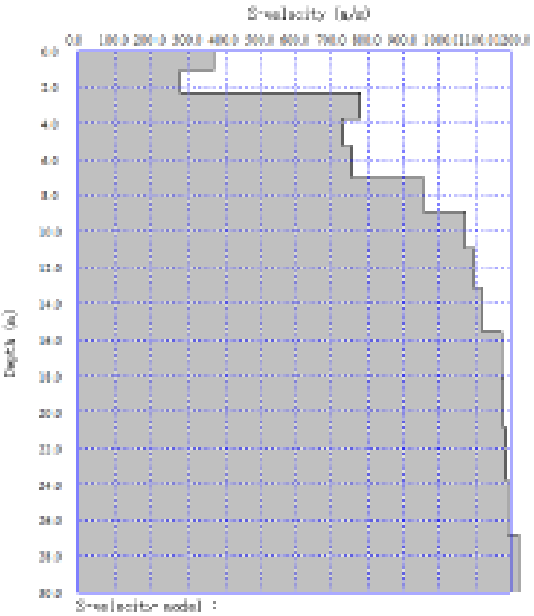
(DA SISMOGRAMMA S1 CON ELIMINAZIONE GEOFONI > 24 MT)



NOTA: IL SEGNALE SEMBREREBBE ESSERCI VISTO CHE SONO CHIARAMENTE VISIBILI, OLTRE QUELLO CHE SEMBRA ESSERE IL MODO FONDAMENTALE, ALMENO TRE MODI SUPERIORI. LA MASW DOVREBBE ESSERE INOLTRE

COMPATIBILE CON LA MISURA HVSR DALLA QUALE NON DOVREBBERO RISULTARE PARTICOLARI CONTRASTI DI IMPEDENZA SISMICA COME CONSEGUENZA DEL BEDROCK SUB-AFFIORANTE ALLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA.





Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	÷	1,07	1,07	369	0,0029	889
1,07	÷	2,31	1,24	270	0,0046	
2,31	÷	3,71	1,40	780	0,0018	
3,71	÷	5,27	1,57	731	0,0021	
5,27	÷	7,01	1,73	756	0,0023	
7,01	÷	8,90	1,90	958	0,0020	
8,90	÷	10,96	2,06	1070	0,0019	
10,96	÷	13,19	2,23	1098	0,0020	
13,19	÷	15,58	2,39	1122	0,0021	
15,58	÷	18,13	2,55	1174	0,0022	
18,13	÷	20,85	2,72	1181	0,0023	
20,85	÷	23,74	2,88	1187	0,0024	
23,74	÷	26,79	3,05	1190	0,0026	
26,79	÷	30,00	3,21	1224	0,0026	
		Σhi=	30,00	ΣHi/Vi=	0,0337	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	23 agosto 2017
Profilo	Fraz. San Giorgio All'Isola-6	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2,0 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,887453		Latitudine: 42,887847	
Longitudine: 13,355289		Longitudine: 13,355047	
Quota		Quota	

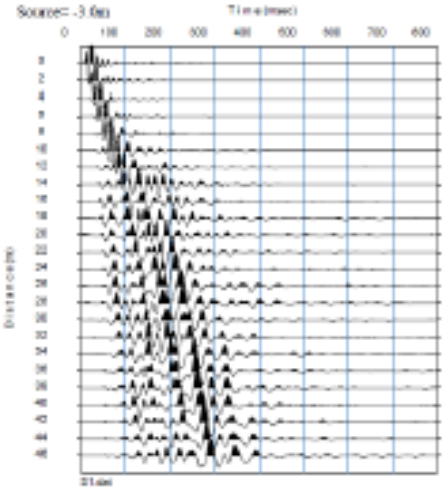
Schema geometria

Energizzazioni: 01-------- 02-------- 03-------- 04-------- 05-------- 06-------- 07-------- 08-------- 09
Ricevitori: 24

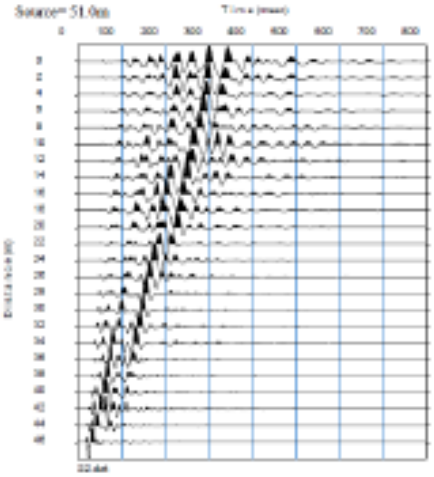
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-3m. da G1	S.1			
3	+5m. da G24	S.2			

LINEA 6_MZS III LIVELLO_MONTE MONACO

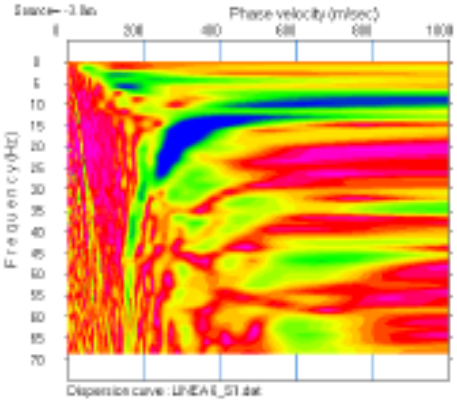
SISMOGRAMMA S1



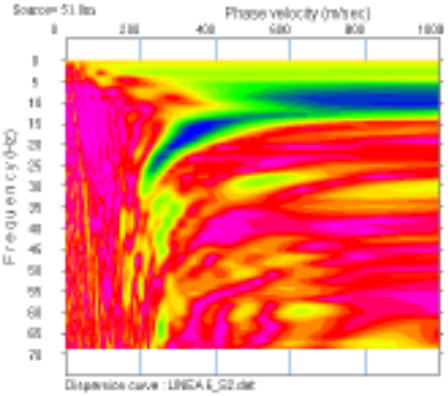
SISMOGRAMMA S2



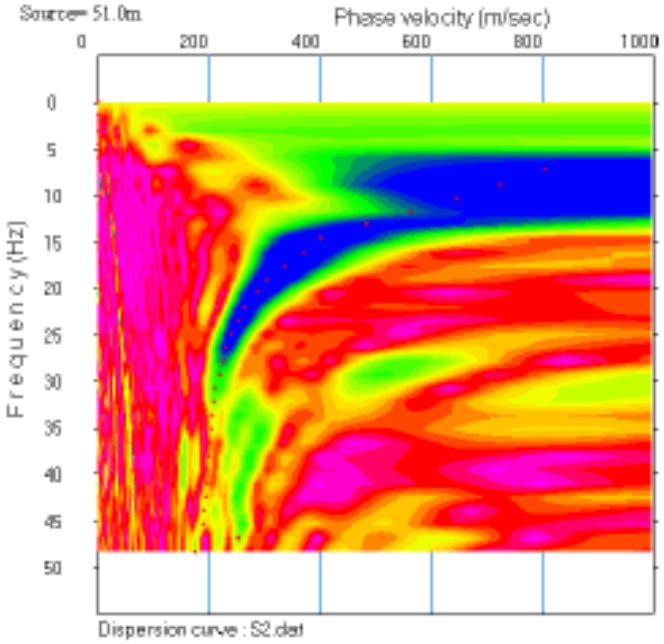
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S1



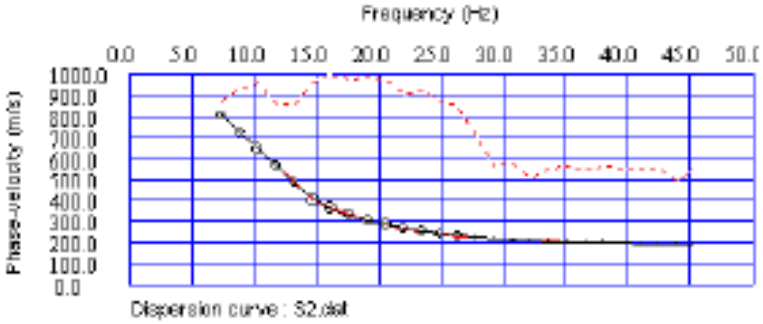
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S2



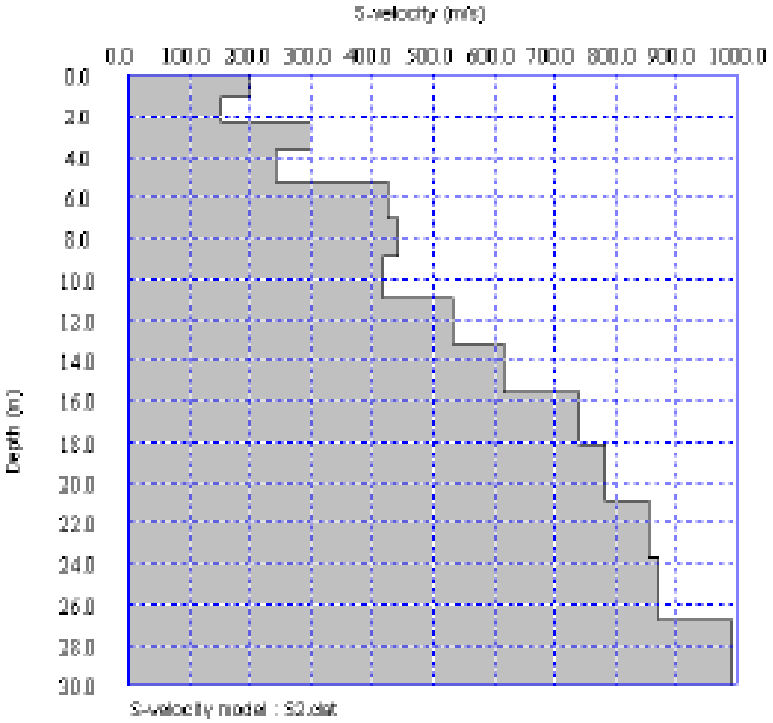
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE CON PICKING_S2



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE E CALCOLATA_S2



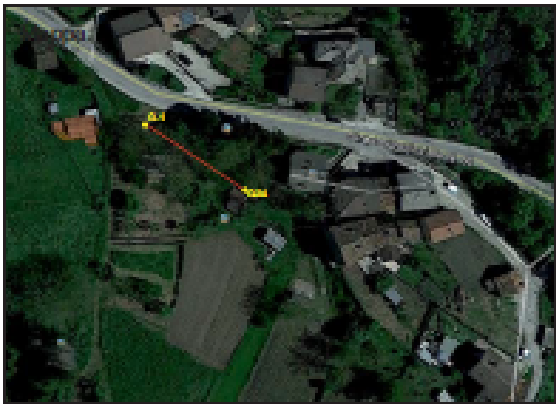
MODELLO VS_S2



Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	÷	1,07	1,07	198	0,0054	
1,07	÷	2,31	1,24	152	0,0081	
2,31	÷	3,71	1,40	299	0,0047	
3,71	÷	5,27	1,57	243	0,0064	
5,27	÷	7,01	1,73	425	0,0041	
7,01	÷	8,90	1,90	444	0,0043	
8,90	÷	10,96	2,06	419	0,0049	476
10,96	÷	13,19	2,23	532	0,0042	
13,19	÷	15,58	2,39	615	0,0039	
15,58	÷	18,13	2,55	741	0,0034	
18,13	÷	20,85	2,72	783	0,0035	
20,85	÷	23,74	2,88	854	0,0034	
23,74	÷	26,79	3,05	872	0,0035	
26,79	÷	30,00	3,21	993	0,0032	
		∑hi	30,00	∑hHi/Vii	0,0630	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	24 agosto 2017
Profilo	Fraz. San Giorgio All'Isola-7	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	1,5 metri
Frequenza Campionamento	2000 Hz	Lungh. Registrazione	1 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,886481		Latitudine: 42,886621	
Longitudine: 13,356174		Longitudine: 13,355777	
Quota		Quota	



Foto

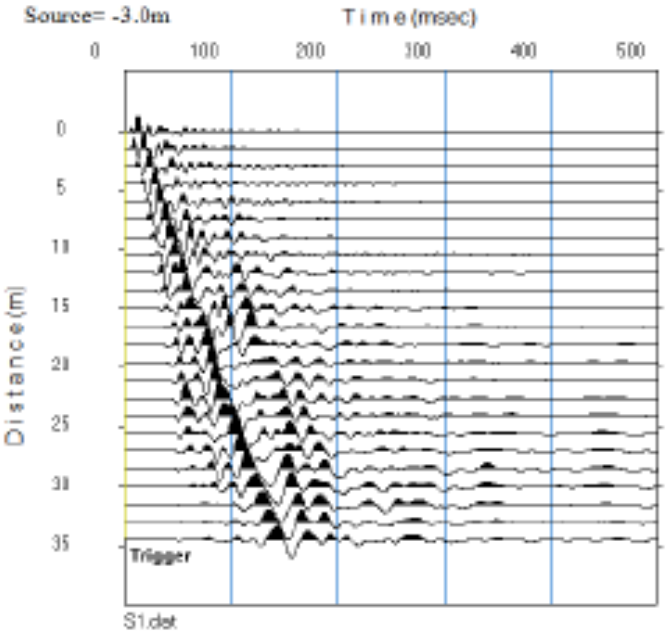
Schema geometria

Energizzazioni: 01-------- 02-------- 03-------- 04-------- 05-------- 06-------- 07-------- 08-------- 09
Ricevitori: 24

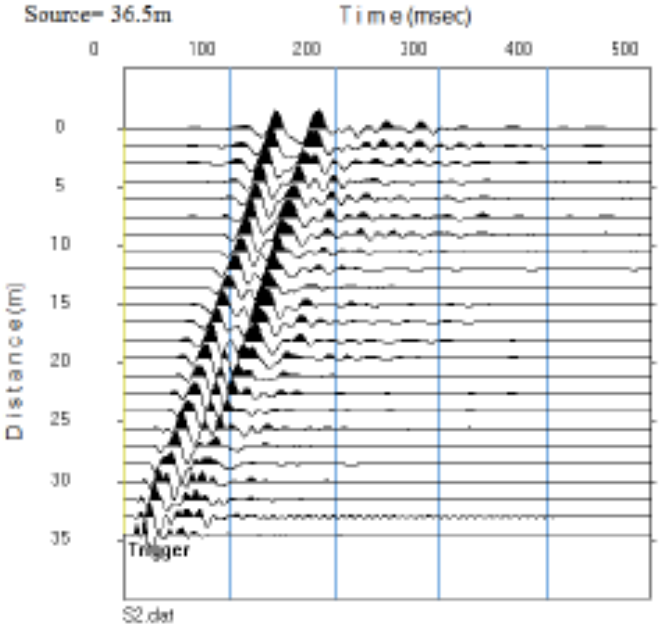
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-3m. da G1	S.1			
3	+2m. da G24	S.2			

LINEA 7_MZS III LIVELLO_MONTE MONACO

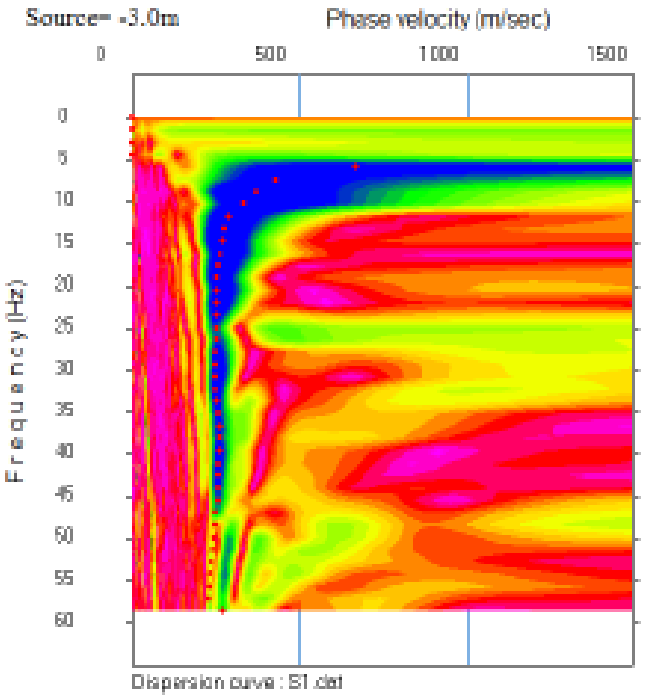
SISMOGRAMMA S1



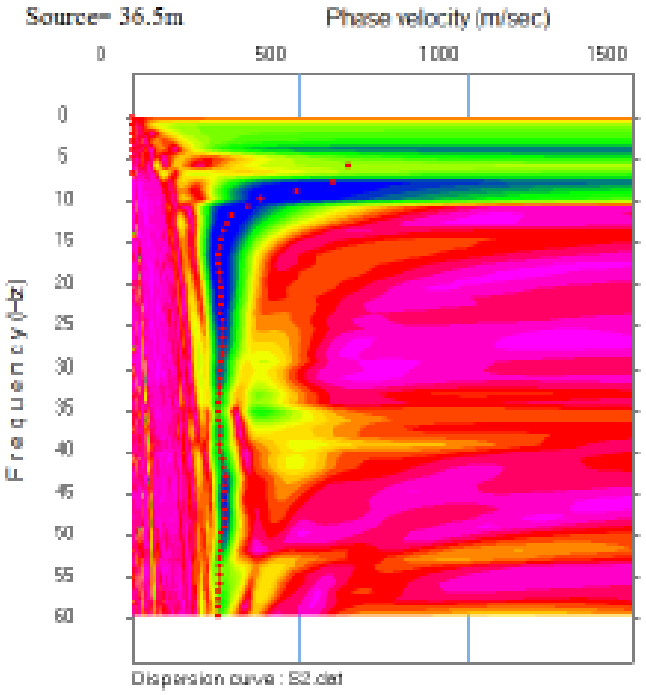
SISMOGRAMMA S2



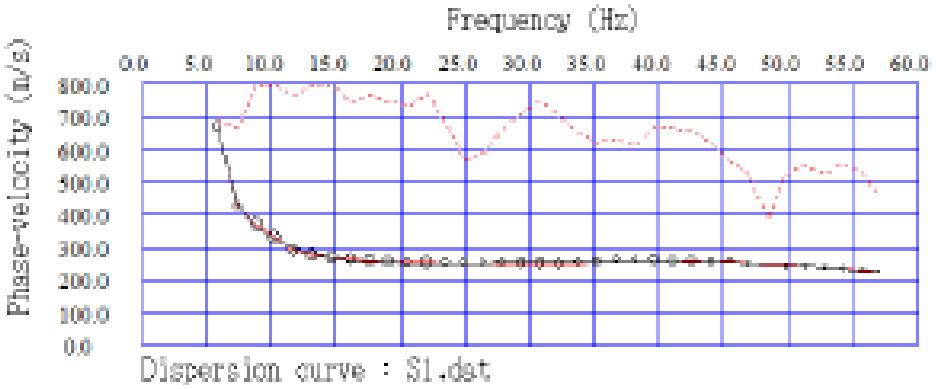
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE CON PICKING_S1



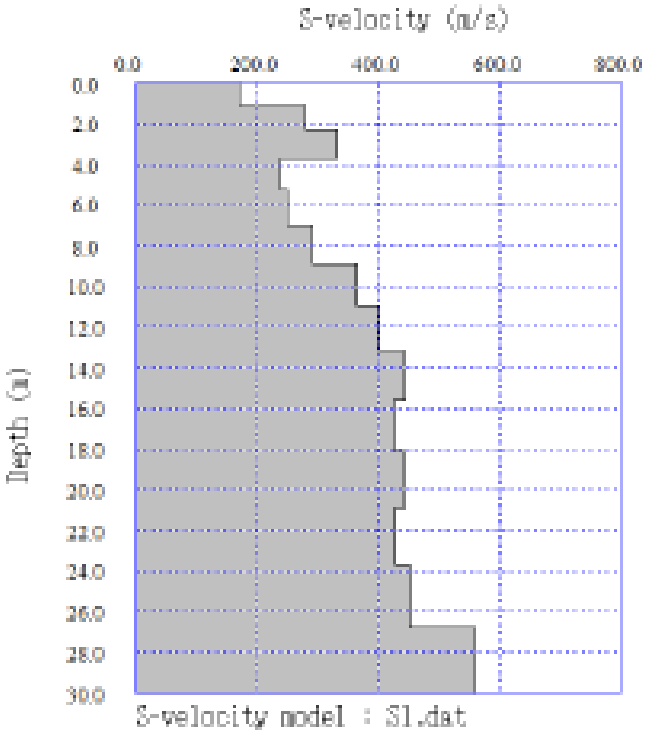
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE CON PICKING_S2



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE E CALCOLATA_S1



MODELLO VS_S1



Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vsze (m/s)
0,00	÷	1,07	1,07	170	0,0063	
1,07	÷	2,31	1,24	281	0,0044	
2,31	÷	3,71	1,40	332	0,0042	
3,71	÷	5,27	1,57	239	0,0065	
5,27	÷	7,01	1,73	250	0,0069	
7,01	÷	8,90	1,90	292	0,0065	
8,90	÷	10,96	2,06	362	0,0057	361
10,96	÷	13,19	2,23	397	0,0056	
13,19	÷	15,58	2,39	445	0,0054	
15,58	÷	18,13	2,55	424	0,0060	
18,13	÷	20,85	2,72	443	0,0061	
20,85	÷	23,74	2,88	427	0,0068	
23,74	÷	26,79	3,05	450	0,0068	
26,79	÷	30,00	3,21	559	0,0057	
		Σhi=	30,00	Σhi/Vi=	0,0830	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	24 agosto 2017
Profilo	Loc. Rascio - linea 8	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2.0 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,880978		Latitudine: 42,881304	
Longitudine: 13,327997		Longitudine: 13,328363	
Quota		Quota	

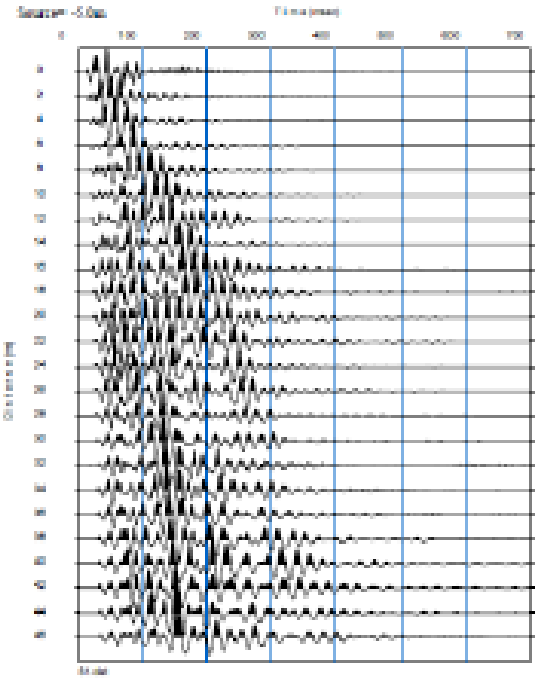
Schema geometria

Energizzazioni: 01-———— 02-———— 03-———— 04———— 05———— 06———— 07-———— 08-———— 09
Ricevitori: 24

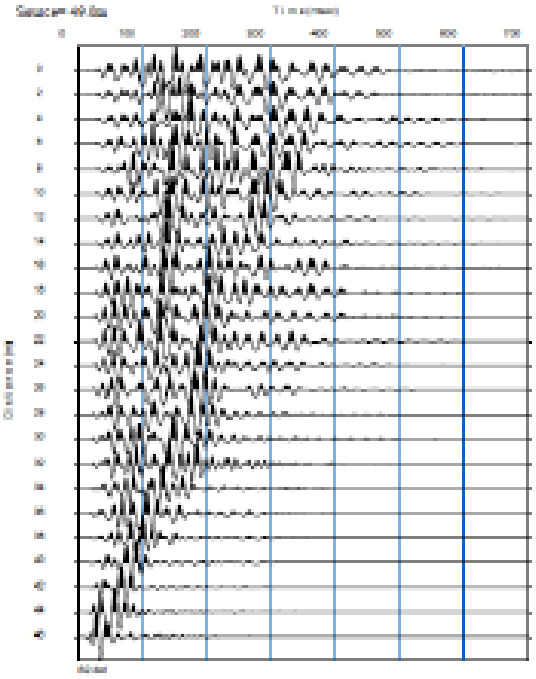
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-5m. da G1	S.1			
3	+3m. da G24	S.2			

LINEA 8_MZS III LIVELLO_MONTE MONACO

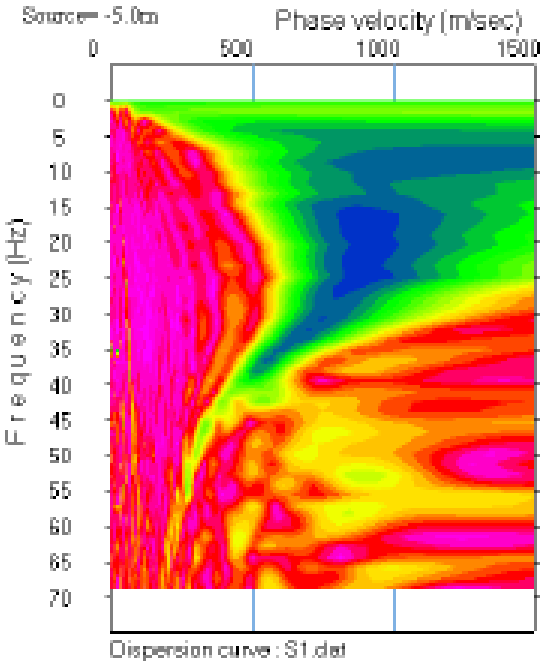
SISMOGRAMMA S1



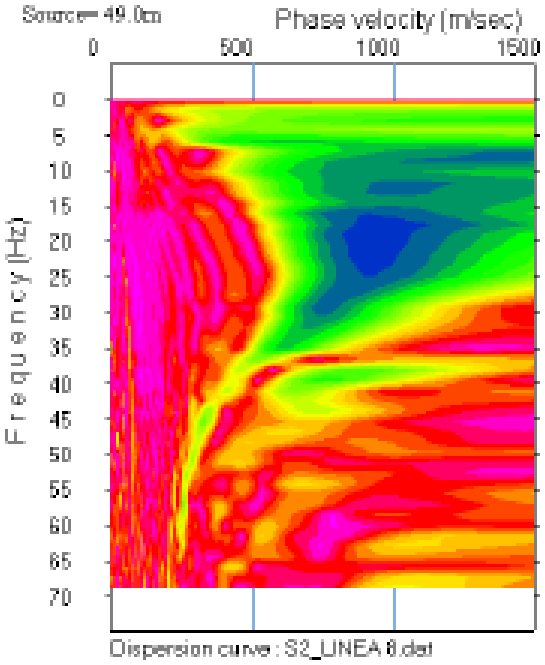
SISMOGRAMMA S2



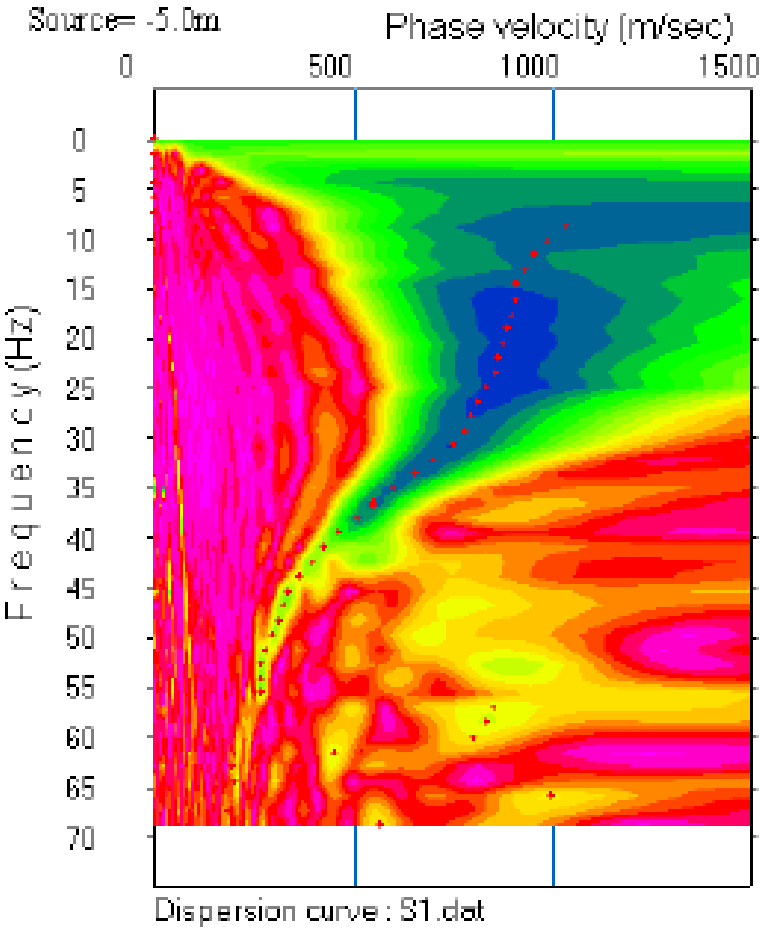
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE_S1



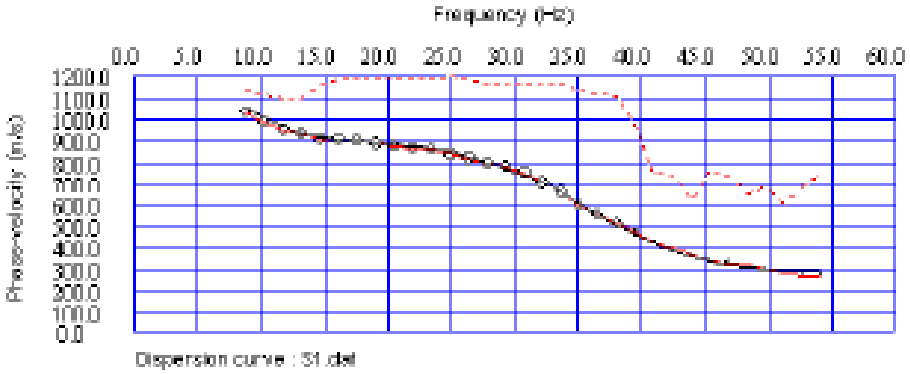
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE _S2



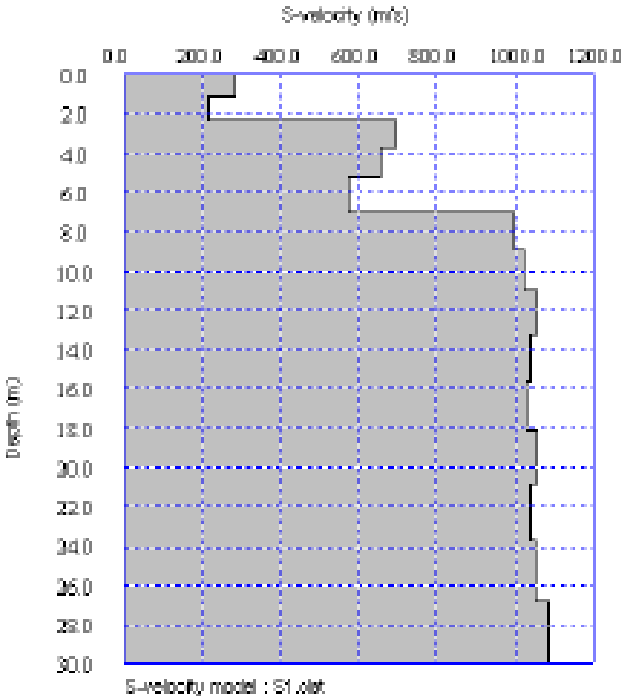
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE CON PICKING_S1



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE E CALCOLATA_S1



MODELLO VS_S1

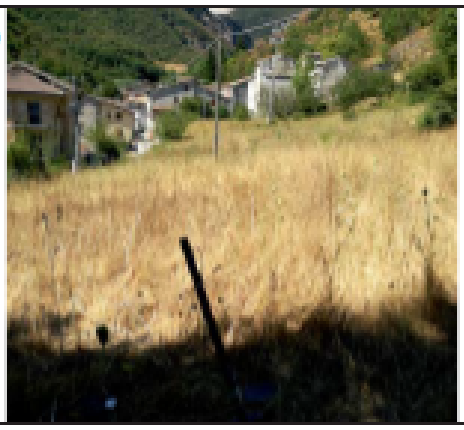


Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	+	1,07	1,07	284	0,0038	769
1,07	+	2,31	1,24	213	0,0058	
2,31	+	3,71	1,40	696	0,0020	
3,71	+	5,27	1,57	657	0,0024	
5,27	+	7,01	1,73	573	0,0030	
7,01	+	8,90	1,90	996	0,0019	
8,90	+	10,96	2,06	1022	0,0020	
10,96	+	13,19	2,23	1056	0,0021	
13,19	+	15,58	2,39	1042	0,0023	
15,58	+	18,13	2,55	1033	0,0025	
18,13	+	20,85	2,72	1056	0,0026	
20,85	+	23,74	2,88	1039	0,0028	
23,74	+	26,79	3,05	1054	0,0029	
26,79	+	30,00	3,21	1082	0,0030	
		∑hi=	30,00	∑hHi/Vi=	0,0390	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	24 agosto 2017
Profilo	Loc. Rocca - linea_09	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2.0 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,891689		Latitudine: 42,891549	
Longitudine: 13,304876		Longitudine: 13,304306	
Quota		Quota	

Foto



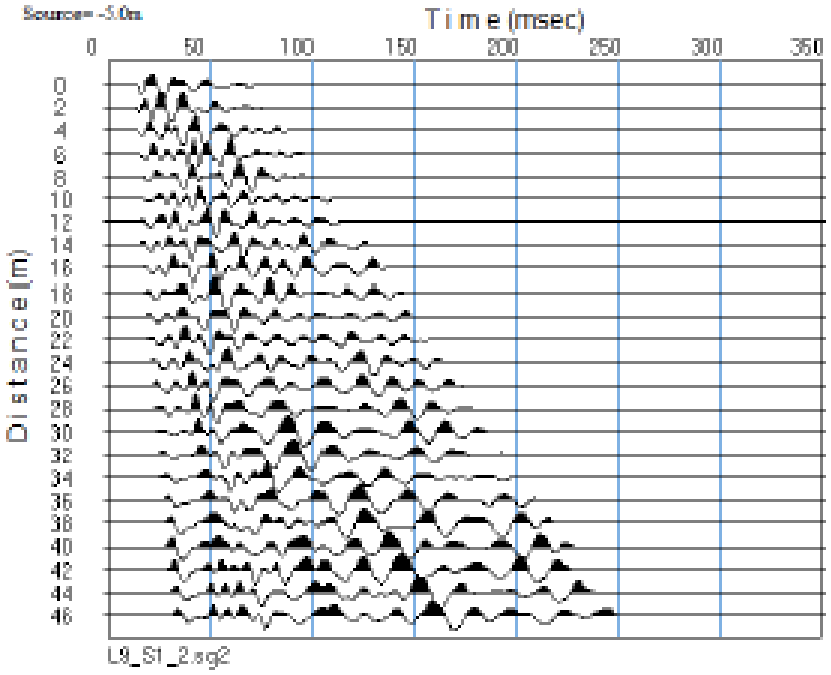
Schema geometria

Energizzazioni: 01-------- 02-------- 03-------- 04-------- 05-------- 06-------- 07-------- 08-------- 09
Ricevitori: 24

ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-5m. da G1	S.1			
3	+4m. da G24	S.2			

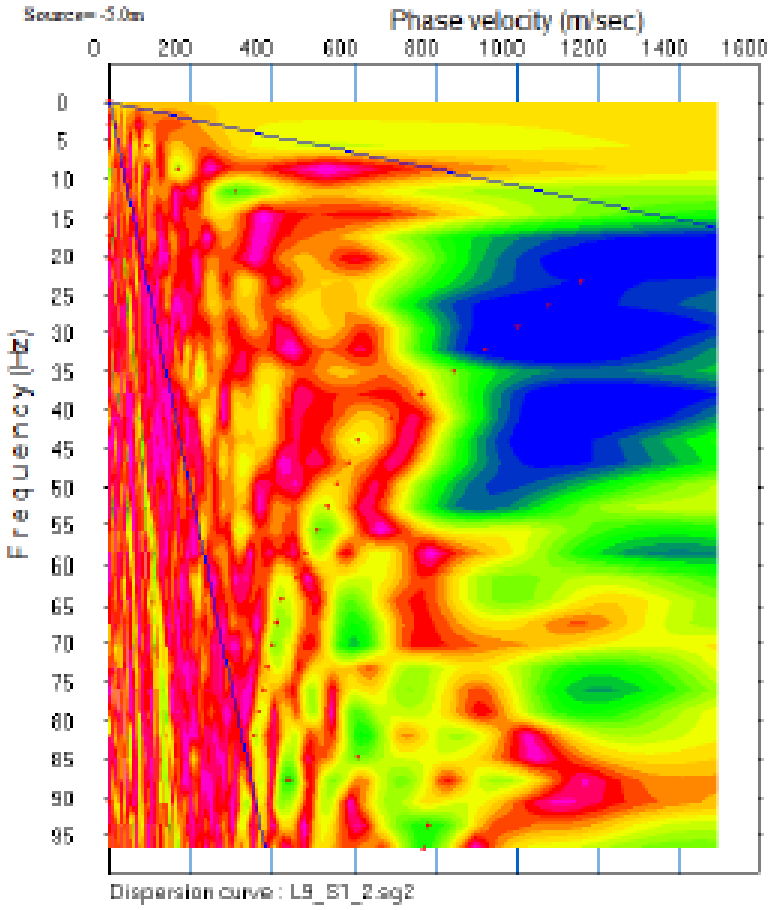
RIELABORAZIONE LINEA9 (044044L6Masw6) – COMUNE DI MONTE MONACO

SISMOGRAMMA S1 TAGLIATO CON GEOGICA FRONT END



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S1

(DA SISMOGRAMMA S1 TAGLIATO)



Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	24 agosto 2017
Profilo	Loc. Foce - linea_10	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2.0 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,875982		Latitudine: 42,876258	
Longitudine: 13,269003		Longitudine: 13,269402	
Quota		Quota	

Foto

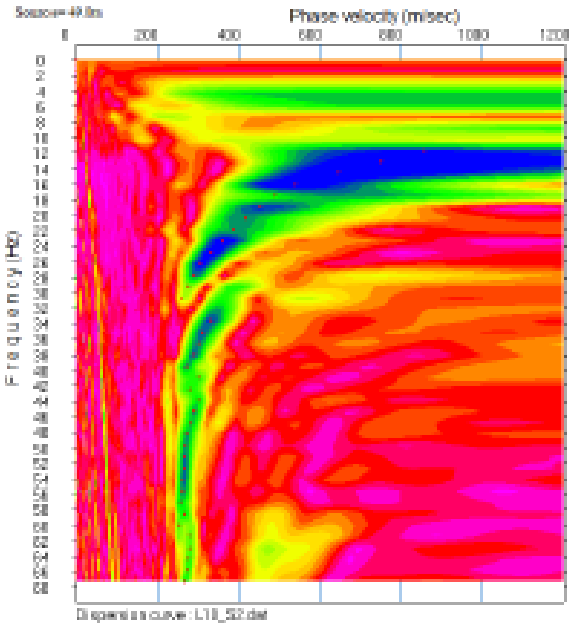
Schema geometria

Energizzazioni: 01-------- 02-------- 03-------- 04-------- 05-------- 06-------- 07-------- 08-------- 09
Ricevitori: 24

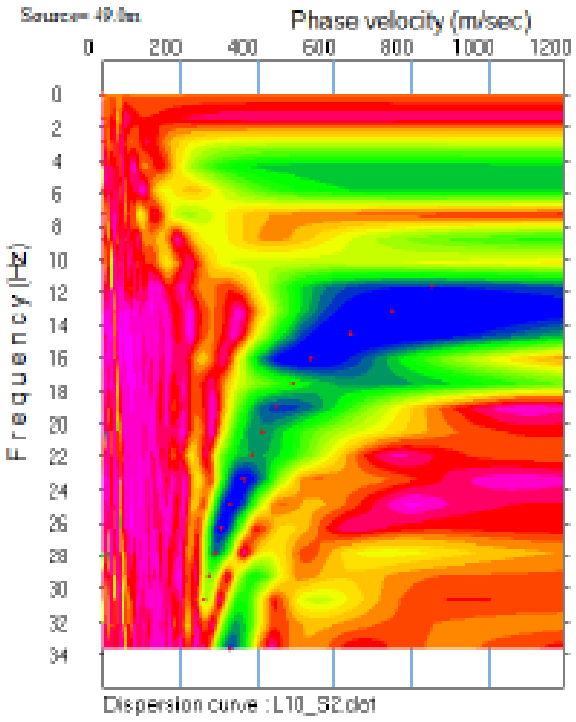
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-3m. da G1	S.1			
3	+3m. da G24	S.2			

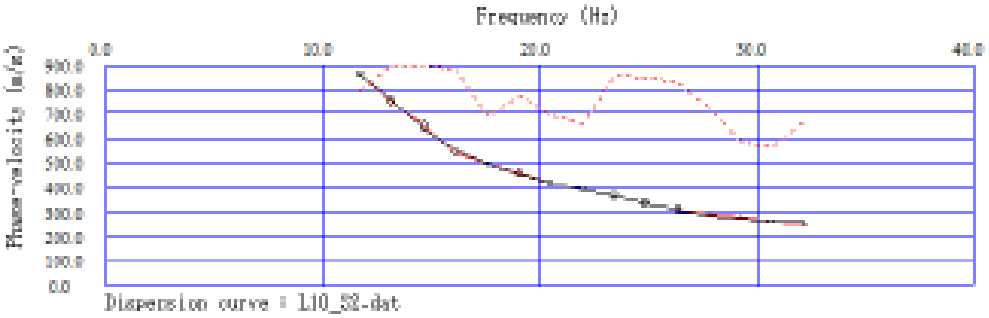
RIELABORAZIONE LINEA 10 (044044L3Masw3) – COMUNE DI MONTE MONACO

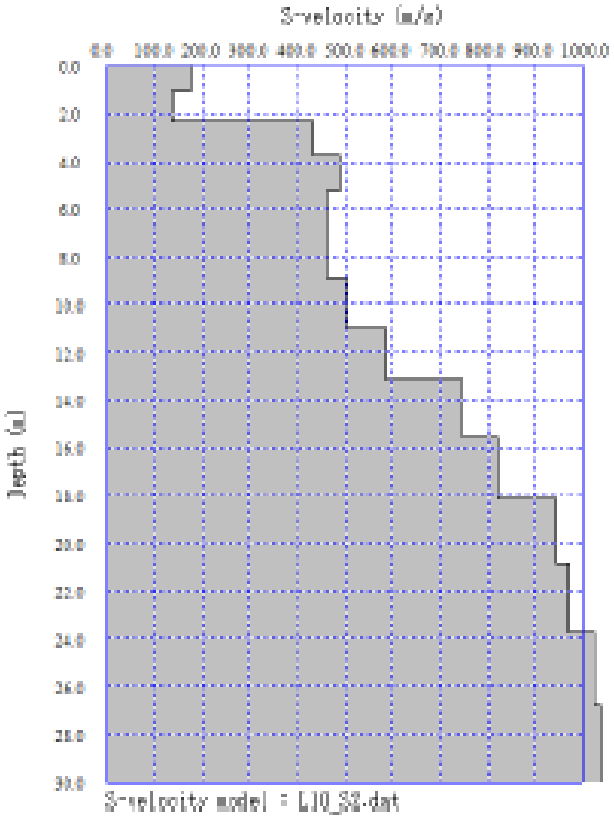
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S2



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S2







Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	-	1,07	1,07	178	0,0061	540
1,07	-	2,31	1,24	136	0,0091	
2,31	-	3,71	1,40	433	0,0032	
3,71	-	5,27	1,57	488	0,0032	
5,27	-	7,01	1,73	462	0,0037	
7,01	-	8,90	1,90	460	0,0041	
8,90	-	10,94	2,04	503	0,0041	
10,94	-	13,19	2,25	557	0,0040	
13,19	-	15,55	2,59	751	0,0032	
15,55	-	18,13	2,58	822	0,0031	
18,13	-	20,85	2,72	946	0,0029	
20,85	-	23,74	2,88	972	0,0030	
23,74	-	26,79	3,05	1025	0,0030	
26,79	-	30,00	3,21	1041	0,0031	
		Σhi	30,00	Σhi/Vi	0,0556	

Foglio Campagna acquisizione Rifrazione/Masw
Fornito dal centro di Microzonazione Sismica (Centro MS)

Campagna	M.S.3° Liv. Montemonaco	Data	24 agosto 2017
Profilo	Loc. Valle Grascia- linea_11	Operatore	Servizi Sismici Snc
Strumento	Sismografo DOREMI 24bit	Condizioni meteo	Soleggiato senza vento
Sorgente	Mazza triggerata	Formato Dati	SEG.2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2.0 metri
Frequenza Campionamento	3000 Hz	Lungh. Registrazione	2 sec.
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine: 42,870192		Latitudine: 42,869817	
Longitudine: 13,312586		Longitudine: 13,312220	
Quota		Quota	

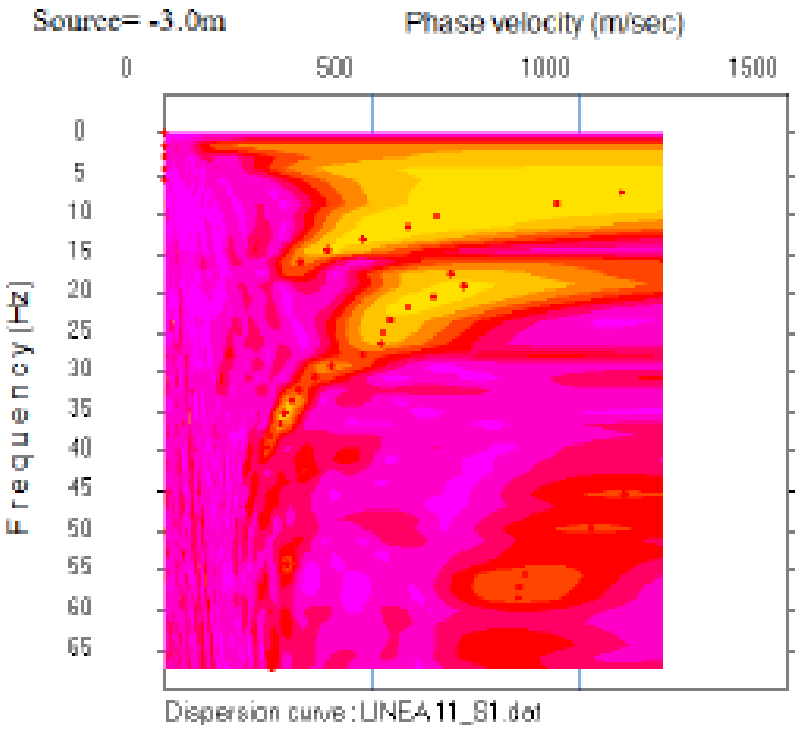
Schema geometria

Energizzazioni: 01-------- 02-------- 03-------- 04-------- 05-------- 06-------- 07-------- 08-------- 09
Ricevitori: 24

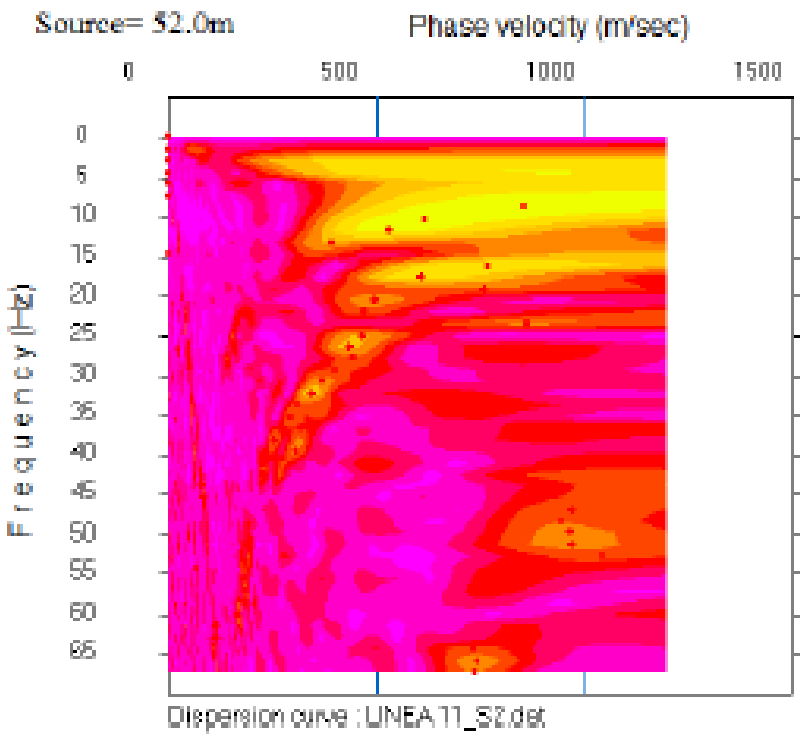
ENERGIZ. N°.	Posizione Energiz.	Nome File	Posizione Ricevitori.	Tracce Inattive.	Note (rumore, energiz. singola, stak energiz.)
3	-3m. da G1	S.1			
3	+6m. da G24	S.2			

RIELABORAZIONE LINEA11 (044044L2Masw2) – COMUNE DI MONTE MONACO

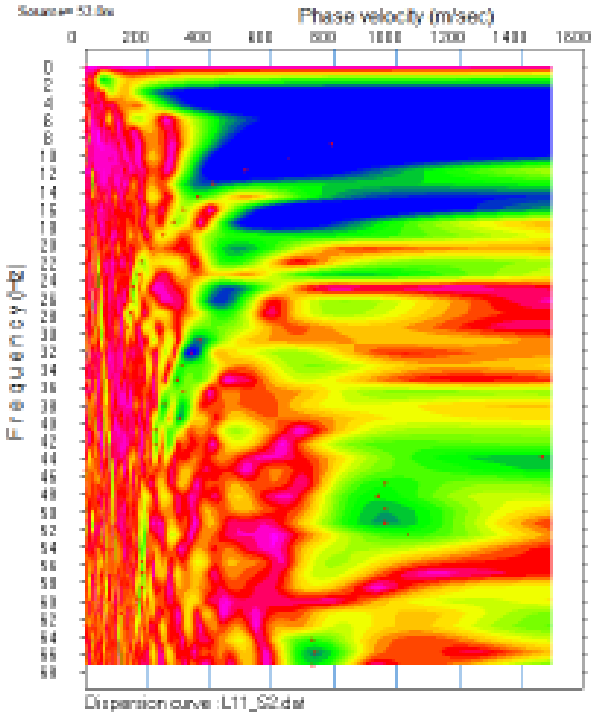
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S1



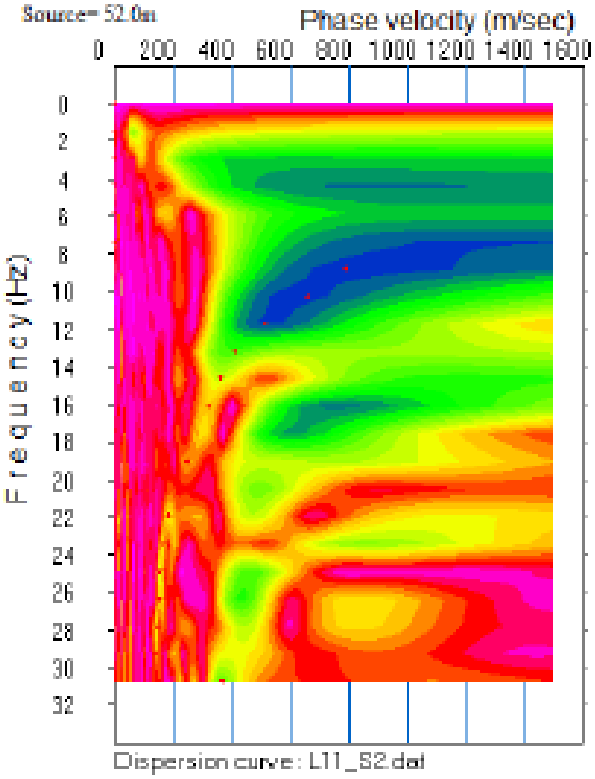
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S2

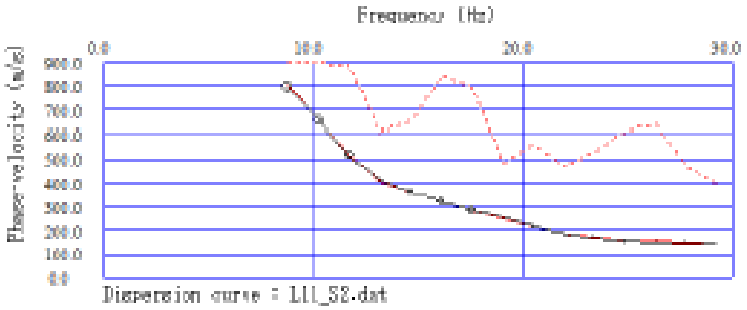


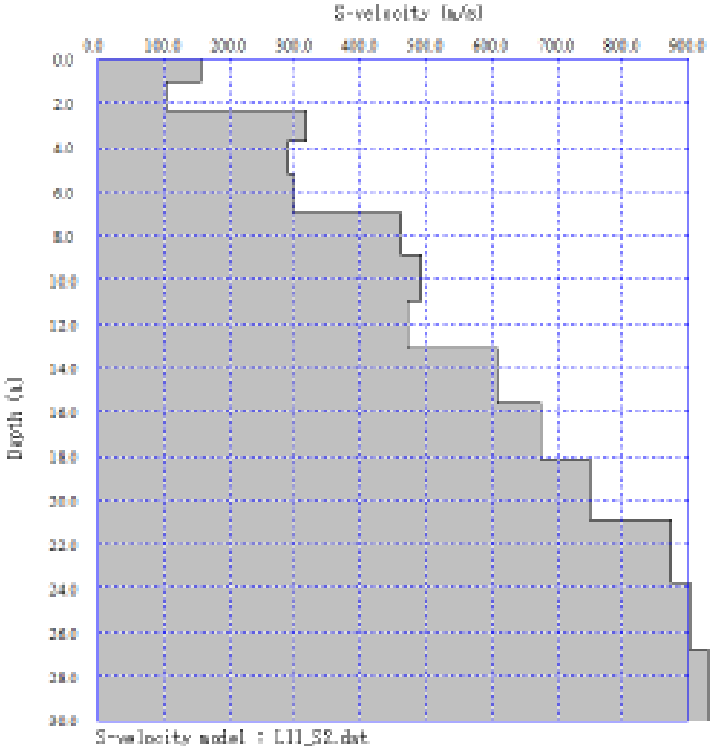
CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S2



CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW_S2 TAGLIATA A 30 hZ







Profondità (mt)			hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00	÷	1,07	1,07	156	0,0069	436
1,07	÷	2,31	1,24	105	0,0118	
2,31	÷	3,71	1,40	315	0,0044	
3,71	÷	5,27	1,57	289	0,0054	
5,27	÷	7,01	1,73	297	0,0058	
7,01	÷	8,90	1,90	462	0,0041	
8,90	÷	10,96	2,06	492	0,0042	
10,96	÷	13,19	2,23	472	0,0047	
13,19	÷	15,58	2,39	607	0,0039	
15,58	÷	18,13	2,55	673	0,0038	
18,13	÷	20,85	2,72	749	0,0036	
20,85	÷	23,74	2,88	874	0,0033	
23,74	÷	26,79	3,05	901	0,0034	
26,79	÷	30,00	3,21	928	0,0035	
		Σhi=	30,00	ΣhiHi/Vi=	0,0669	

6.2 Hvsr

La prova HVSR è una tecnica di sismica passiva che si basa sull'analisi del campo delle vibrazioni ambientali finalizzata alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo al di sotto del punto di osservazione. Considerando che il rumore è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi, confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici, tale tecnica di sismica passiva trova una ideale applicazione negli studi della risposta sismica locale. In particolare essa permette di individuare situazioni sismo-stratigrafiche potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza sismica, consentendo una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni e la determinazione dei periodi di risonanza delle coperture sedimentarie.

Tale tipologia di prova effettua una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Il risultato di questa tipologia di prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. La frequenza di risonanza sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi. In assenza di contrasti di impedenza alla base della copertura, il rapporto H/V sarà all'incirca unitario.

I criteri SESAME (2004) considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Tale tipologia di indagine richiede una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz), l'assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze e sorgenti di rumore uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se tali ipotesi sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si effettua poi un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

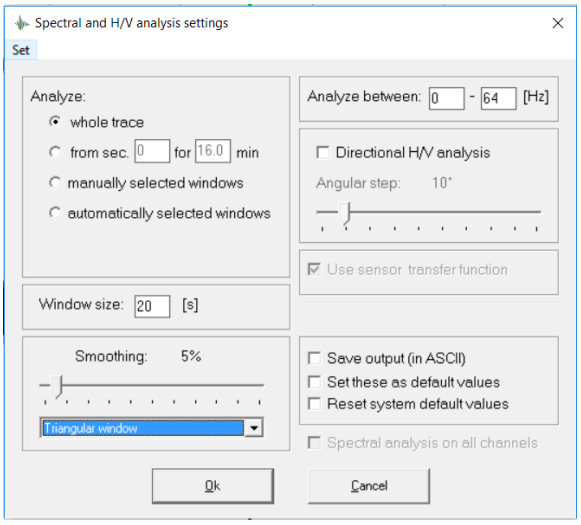
Queste finestre vengono filtrate in base a criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geofisico i terreni in profondità, dove con le prove MASW non è possibile arrivare, è stata eseguita una campagna di prove HVSR. Anche queste distribuite uniformemente lungo tutte le aree a comportamento omogeneo (Mops) individuate al primo livello e confermate nel terzo.

Tali prove sono state realizzata direttamente dall'incaricato con tromografo (Tromino) marca Micromed.

Mediante l'uso dei dati dedotti dalla prova HVSR, che determina la frequenza di risonanza propria dei terreni in sito, si è potuto confrontare la presenza di orizzonti risonanti all'interno della stratigrafia locale, in particolare se tali orizzonti sono coerenti all'interno di ogni perimetro MOPS.



Ai fini di una corretta interpretazione dei dati, sono state effettuate in loco, mediante tromografo, 67 acquisizioni settando lo strumento su 20 minuti di registrazione con frequenza 128Hz.

L'elaborazione è stata effettuata mediante software "Grilla" considerando finestre temporali di 20 s, Smoothing 5% con finestra di analisi tra 0 e 64Hz.

Prima di iniziare la registrazione viene opportunamente preparato il terreno mediante la rimozione di tutto quello che potrebbe interferire nell'accoppiamento strumento-terreno, si presta particolare attenzione alla presenza di fattori che potrebbero disturbare la prova quali radici, erba, elementi di origine antropica, pietrame, vento etc.

Piedini usati per l'ancoraggio a terra

Dopo aver preparato la superficie, rimuovendo le asperità per produrre un piano, si è proceduto all'accoppiamento strumento-terreno con attenzione per la messa in bolla ed il controllo delle tre componenti di registrazione (orizzontali e verticale) che debbono essere libere di registrare (tale operazione viene fatta osservando direttamente sul display del tromino le tracce di registrazione).

Nel caso specifico l'ancoraggio a terra dello strumento è stato sempre effettuato mediante l'ausilio di piedini di lunghezza 3,5 cm, adatti a luoghi con la presenza in superficie di terreni morbidi e poco compatti.

L'accoppiamento dello strumento al suolo, in quasi tutte le prove, è risultata particolarmente agevole in quanto le prove sono state eseguite su terreno naturale, è stato quindi necessario rimuovere soltanto pochi centimetri di terreno di riporto e vegetale. Effettuata l'acquisizione dei dati in campagna si è proceduto al controllo delle curve e della qualità della prova (nel caso in cui la prova fosse risultata particolarmente disturbata si sarebbe proceduto con una nuova acquisizione).

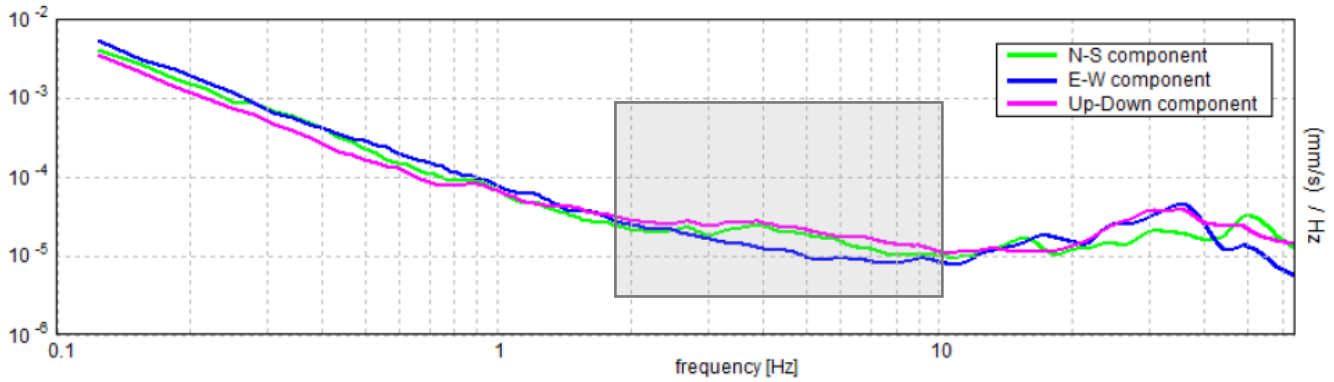


Figura 11 esempio di curve H/V zona capoluogo MOPS 3^ livello n.2001

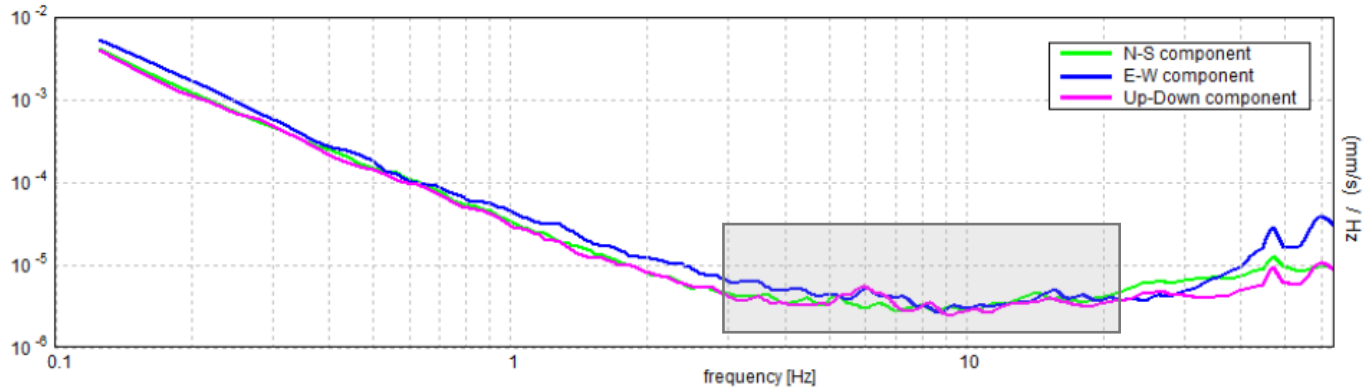


Figura 12 esempi di curve H/V località Rascio MOPS 3^ livello n.2002.

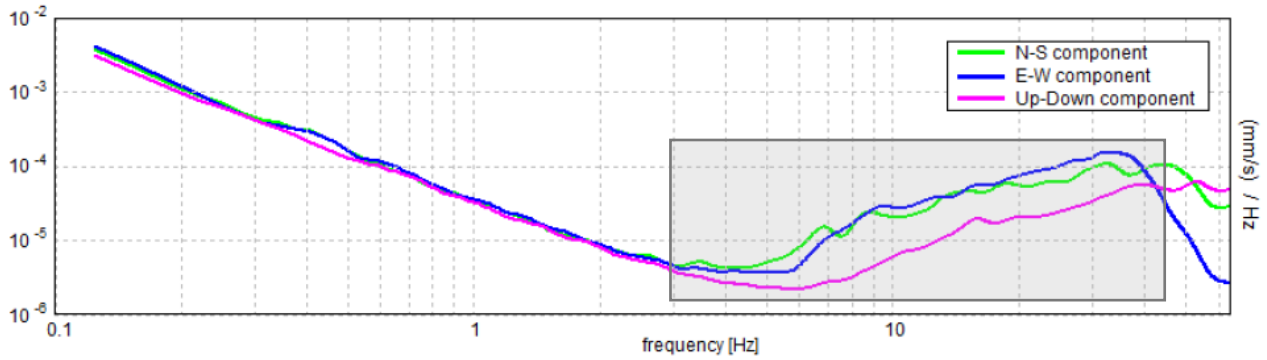


Figura 13 esempi di curve H/V Località Foce MOPS 3^ livello n.2003

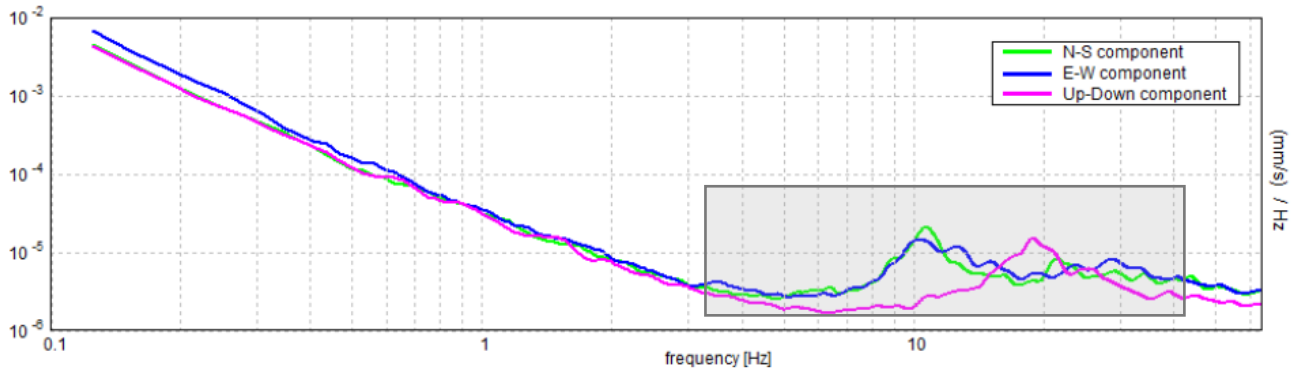


Figura 14 esempi di curve H/V nell'area di Foce di Montemonaco MOPS 3^ livello n.2004

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE

7.1Inversioni congiunte

Terminata la campagna indagini si è provveduto ad eseguire l'analisi congiunta delle curve MASW-HVSR, al fine di determinare il profilo sismico delle aree a comportamento omogeneo individuato nella carta MOPS.

In particolare i dati determinati con tale procedura sono i seguenti

- Profilo delle velocità delle onde S (Vs)
- Profondità del substrato sismico.

A tal proposito è stato utilizzato il software free Hv-Inv il quale combinando i dati grezzi delle due prove: MASW, HVSR ha permesso di soddisfare gli obiettivi sopra elencati.

La combinazione delle prove utilizzate nell'analisi sono le seguenti:

COMUNE	MOPS	SPESSORE MIN (m)	SPESSORE MAX (m)	tipo_gt	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)	Inversioni
MONTEMONACO	2001	2	5	LPS-ALS	ARENACEA 1 (LAG1c)	SG	495	210	780	
				LPS-ALS	ARENACEA 1 (LAG1c)	SS	1090	780	1400	no inversione masw l1 e l9
	2002	3	10	GW-SM	DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI (MUSa1)	TC	300	250	500	
				LPS-ALS	ARENACEA 1 (LAG1c)	SS	1000	800	1200	
										no inversione L7
	2003	15	25	GW-SM	DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI (MUSa1)	TC	325	200	550	
				LPS-ALS	CORNIOLA (COI), ARENACEA 1 (LAG1c)	SS	950	900	1000	
										inversioni DH MASW L1 HVSR 44
	2004	25	35	GW-SM	FRANE IN EVOLUZIONE (MUSa1)	TC	325	150	500	
		15	20	GW-SM	DETRITO DI VERSANTE (MTIa)	SS	1350	1000	1700	
				SFALS	MARNE CON CERROGNA (CRR)	SS		2000		MASW L4 HVSR 25

Rapportando i risultati così ottenuti alle stratigrafie delle colonnine MOPS (area a comportamento omogeneo) è possibile avere un quadro globale delle caratteristiche sismiche delle singole aree microzonate nel territorio di Montemonaco

8. MODELLAZIONE 1D

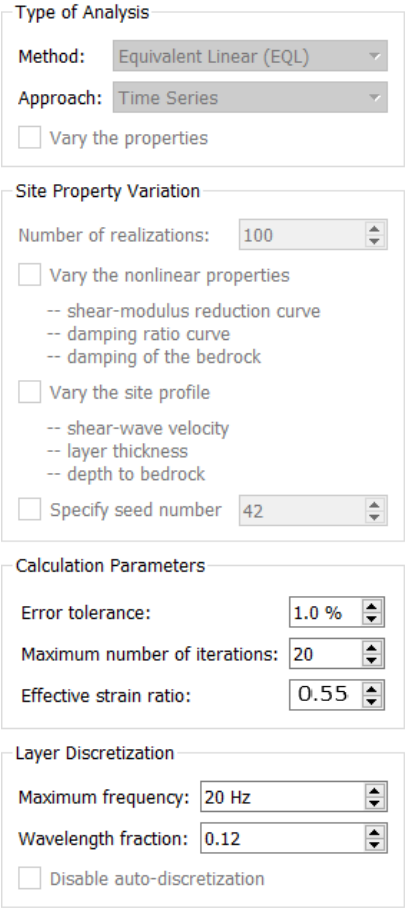
Una volta caratterizzate dal punto di vista sismico, in maniera puntuale le singole area a comportamento omogeneo MOPS, il passo successivo è stato quello di calcolare l'amplificazione del moto sismico (Risposta Sismica Locale).

Tale operazione è stata effettuata utilizzano il software 1d Strata.

Per ogni MOPS sono state inserite tutte la caratteristiche stratigrafiche e sismostratigrafiche ottenute nei passaggi precedenti, utilizzando come segnale d'ingresso i 7 accelerogrammi rappresentativi della pericolosità sismica locale (scenari di scuotimento) associata ad eventi con tempo di ritorno di 475 anni e relativi spettri di risposta elastici in pseudo-accelerazione con smorzamento pari al 5% dello smorzamento critico (Sa); tali accelerogrammi sono stati forni dal CentroMS.

La modellazione è stata effettuata dall'incaricato utilizzando i codici di calcolo STRATA, che operano nel dominio delle frequenze e modellano il comportamento non lineare dei terreni mediante il metodo lineare equivalente.

Mediante l'analisi di tipo lineare equivalente sono stati ottenuti i valori di accelerazione al suolo (in superficie) modificati per effetto delle condizioni litostratigrafiche del sito. L'analisi effettuata su ogni mops è stata ripetuta per ognuno dei sette spettri d'ingresso forniti dal centroMS.



Sono stati quindi ottenuti per ogni MOPS sette risultati (sette spettri e sette accelerogrammi) che sono stati inseriti in un foglio di calcolo il quale mediante la media logaritmica ha restituito tre valori di accelerazione al suolo divisi per periodi di frequenza. Da tali valori mediante relativa equazione è stato calcolato un fattore di amplificazione per ogni intervallo di frequenza considerato.

Per la verifica del moto sismico nelle singole MOPS è stato quindi considerato in ingresso lo scuotimento sismico (accelerogramma) su basamento sismico affiorante ovvero su un sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale (Categoria di sottosuolo A e Categoria topografica T1 secondo la classificazione NTC08, corrispondente ad un ammasso roccioso o terreno rigido con superficie suborizzontale e valori della velocità media delle onde S nei primi 30 metri almeno pari a 800 m/s); questo scuotimento è detto anche 'moto di input' o 'moto di riferimento' assegnato al codice di calcolo come 'rock outcropping input motion'.

L'analisi del sito è stata effettuata considerando i parametri variabili come riportato nella figura a lato:

Nel risultato finale output vengono quindi prodotti 100 accelerogrammi (e di relativi spettri di risposta, pari al numero di simulazioni effettuate. In questo caso il codice STRATA fornirà come risultato, per ciascuno dei 7 scenari di riferimento, sia l'insieme degli spettri di risposta sia le ordinate relative allo spettro mediano. Lo spettro di risposta (mediano) di riferimento potrà essere considerato rappresentativo di quello scenario di scuotimento.

All'interno del software STRATA è stata inserita una parametrizzazione sismica del profilo stratigrafico per singola MOPS, considerando spessori massimi e minimi e velocità medie massime minime di ogni orizzonte litostratigrafico come riportato nella figura 28.

Sono stati poi inseriti i sette accelerogrammi forniti dal centroMS in maniera non scalata.

Ad ogni orizzonte stratigrafico è stata attribuita una curva di decadimento e smorzamento come di seguito indicato:

GM GP GW GC
depositi alluvionali Rollins e al. (1998)

	Strain (%)	G/Gmax
1	1.00e-4	0.996
2	5.00e-4	0.981
3	1.00e-3	0.962
4	2.00e-3	0.927
5	5.00e-3	0.841
6	1.00e-2	0.736
7	2.00e-2	0.605
8	3.00e-2	0.526
9	4.00e-2	0.472
10	5.00e-2	0.432
11	7.50e-2	0.361
12	1.00e-1	0.313
13	2.00e-1	0.198
14	5.00e-1	0.091
15	7.50e-1	0.062
16	1.00e+0	0.048

	Strain (%)	Damping (%)
1	1.00e-4	0.949
2	5.00e-4	1.239
3	1.00e-3	1.498
4	2.00e-3	1.905
5	5.00e-3	2.805
6	1.00e-2	3.894
7	2.00e-2	5.454
8	3.00e-2	6.605
9	4.00e-2	7.523
10	5.00e-2	8.282
11	7.50e-2	9.737
12	1.00e-1	10.793
13	2.00e-1	13.229
14	5.00e-1	15.758
15	7.50e-1	16.555
16	1.00e+0	17.009

<table>
<tr>
<td>Substrato Geologico Vs30<800m/s</td>
<td>
<table>
<tr><th></th><th>Strain (%)</th><th>G/Gmax</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1.00e-4</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>2</td><td>3.16e-4</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>3</td><td>1.00e-3</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>4</td><td>3.16e-3</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>5</td><td>1.00e-2</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>6</td><td>3.16e-2</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>7</td><td>1.00e-1</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>8</td><td>3.16e-1</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>9</td><td>1.00e+0</td><td>1.000</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><th></th><th>Strain (%)</th><th>Damping (%)</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1.00e-4</td><td>0.500</td></tr>
<tr><td>2</td><td>3.16e-4</td><td>0.500</td></tr>
<tr><td>3</td><td>1.00e-3</td><td>0.500</td></tr>
<tr><td>4</td><td>3.16e-3</td><td>0.500</td></tr>
<tr><td>5</td><td>1.00e-2</td><td>0.500</td></tr>
<tr><td>6</td><td>3.16e-2</td><td>0.500</td></tr>
<tr><td>7</td><td>1.00e-1</td><td>0.500</td></tr>
<tr><td>8</td><td>3.16e-1</td><td>0.500</td></tr>
<tr><td>9</td><td>1.00e+0</td><td>0.500</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

Figura 29 curve di decadimento e smorzamento utilizzate nella risposta sismica 1D

Dai risultati ottenuta dall'anali sono state messa in rapporto le accelerazioni in input al Bedock con quelle in output in superficie e mediante la seguente formula che sfrutta la media logaritmica

$$m_{ln} = \frac{1}{7}\sum_{i=1}^{7} ln(FA_i)$$

$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$

Vengono così determinati i valori di Amplificazione (FA) relativi a tre intervalli di periodi (0.1-0.5s, 0.4-0.8s e 0.7-1.1s)

8.1Amplificazione topografica

In alcune situazioni tipo Capoluogo, esistono delle MOPS dove il substrato sismico è affiorante ma sono caratterizzate da acclività o configurazioni morfologiche potenzialmente in grado di provocare fenomeni di amplificazione del moto sismico. In questi casi, l'assegnazione del fattore di amplificazione è stata effettuata utilizzando l'approccio di seguito descritto. In pratica, in funzione della forma del rilievo (pendio o cresta) viene dapprima individuata la fascia di periodi (fra le tre di interesse) dove l'effetto può realizzarsi e poi viene definito un valore di FA (per la sola fascia di periodi interessati dal fenomeno) sulla base delle indicazioni di seguito riportate.

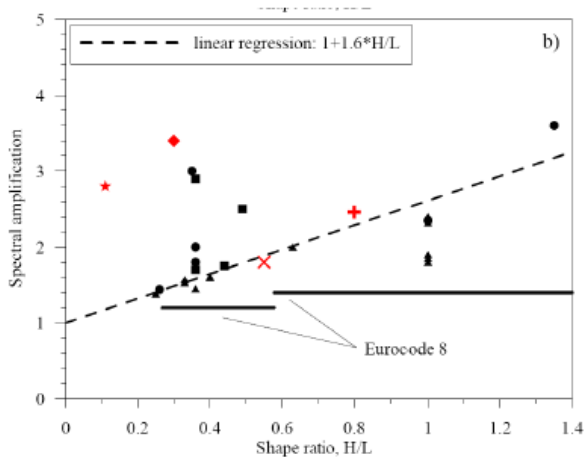
Rilievi isolati

Alla cresta di rilievi isolati i fenomeni di amplificazione topografica interessano prevalentemente i valori di periodo intorno a (Paolucci, 2002):

$T_0 = (1.2) * 2L/Vs$ (2)

dove L è la semi-larghezza del rilievo misurata alla base (Fig. 1b), Vs è la velocità delle onde di taglio media (pesata sullo spessore) dei materiali che costituiscono il rilievo.

Il fattore di amplificazione topografica in cresta può essere valutato a partire dalla retta di regressione riportata nel grafico di Fig. 2 in funzione del rapporto di forma H/L con H altezza del rilievo.



Fattore di amplificazione topografica per rilievi isolati (Pagliaroli et al., 2007)

Stimato T_0 con la (2), si moltiplica per il valore di S_T, ricavato dal grafico di Figura 2, il fattore di amplificazione FA relativo all'intervallo di periodo in cui ricade T_0.

Lungo i versanti del rilievo si usa sempre la (2) ponendo, se inclinazione maggiore di 15°: S_T =1.2, se inclinazione maggiore di 30°: S_T =1.4.

8.2 Amplificazione Topografica del Capoluogo

$$T0 = (1.2) * \frac{2L}{Vs} = 1.2 * \frac{2 * 800}{1000} = 1.16\ s$$

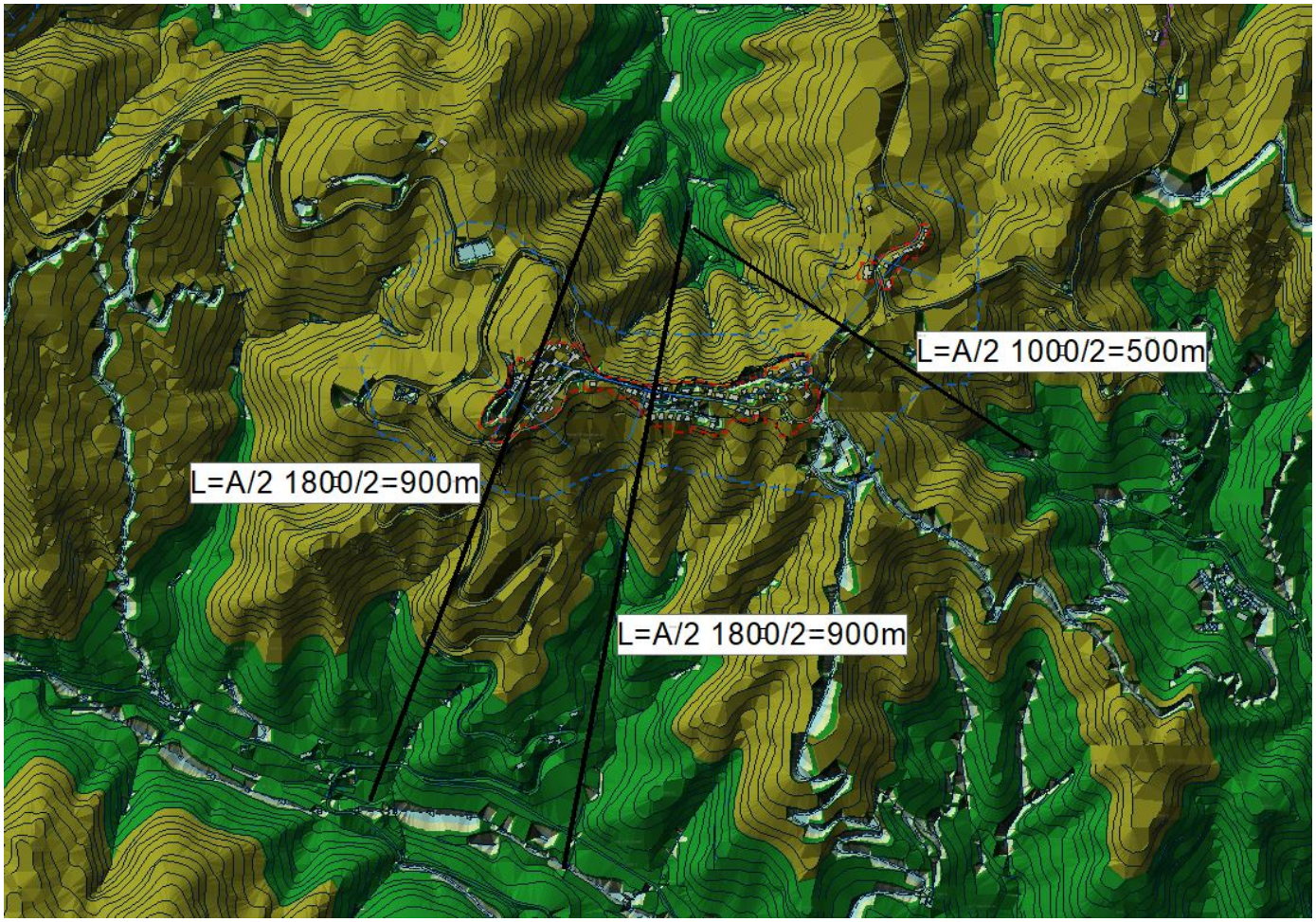
Periodo interessato dall'amplificazione

Shape ratio H/L= 200/800=0.25

Dal grafico si ricava

Spectral Amplification = 1.4

L'altezza del pendio è stata (H) è stata calcolata con un valore medio dei punti che partono dal vertice del Capoluogo fino ai rispettivi fondovalli. La semiampiezza (L) è stata calcolata sulla media di diverse sezioni come di seguito evidenziato



9. IL MODELLO DI SOTTOSUOLO

9.1 La Carta Geologico tecnica

La Carta Geologico-Tecnica del 1^livello è stata corretta e rivista in base alle nuove specifiche dettate dal centroMS, e ai nuovi rilievi fatti sul territorio, in particolare ai tipi litologici riscontrati sono stati assegnati i seguenti codici:

GM tf, fd, ca	Terrazzo fluviale, falda detritica, conoide alluvionale
SM ec	Depositi Eluvio colluviali
SFALS	Marne con Cerrogna
ALS	Scaglia Cinerea, Bisciaro, Marne con cerrogna, Marne a Pteropodi, Associazione Arenaceo Pelitica della Formazione della Laga
LPS	Corniola, Associazione Arenacea della Formazione della Laga

Figura 15 codici assegnati ai tipi litologici individuati nella carta GT

L'area analizzata in tale cartografia è più ampia rispetto i perimetri del terzo livello condizione che è servita per avere una conoscenza del territorio più ampia.

Tale carta è stata redatta sulla base dei seguenti dati cartografici:

Cartografia tecnica comune di Montemonaco in Scala 1:5000 riferibile alla carta regionale CTR (Carta Tecnica Regionale) alla scala 1:10.000, Sezioni 325080 326050 325110 325120 325150 325160 326090;

- Rilievi geologici e geomorfologici alla scala 1:10.000 eseguiti per la realizzazione del CARG per le aree di interesse;
- Carta Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI);
- Cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI);
- Dati stratigrafici, geotecnici e geofisici derivanti dai sondaggi eseguiti in corrispondenza delle aree di interesse (reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale del Comune di Montemonaco);
- Tutti i dati raccolti sono stati vagliati criticamente e verificati attraverso rilievi geologico-geomorfologici sul terreno ed esame delle foto aeree in visione stereoscopica dell'area in esame, disponibili presso l'Ufficio

I dati cartografici sono quindi stati comparati con le indagini puntuali reperite (Carta delle Indagini) al fine di verificare la natura delle litologie affioranti e definirne i reciproci rapporti geometrici. La "Carta Geologico-Tecnica" è stata redatta secondo le indicazioni contenute negli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) e negli Standard per la stesura della carta delle indagini e l'informatizzazione (Versione 4.0), nonché le indicazioni ricevute negli incontri con la Commissione TecnicaRegionale a supporto degli studi di MS. Essa descrive le principali caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio del Comune di Matelica.

- La legenda della carta è stata sviluppata seguendo le indicazioni fornite negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica vers.4.0.
- Di seguito vengono descritti nel dettaglio tutti gli elementi che sono stati inseriti nella legenda della Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica, in quanto identificati all'interno dell'area di studio.

9.2 Terreni di copertura

GM tf;fd,ca	*GM tf, fd ca– Ghiaie limose, miscela di sabbia e limo, ghiaie e sabbie.* Tali terreni mostrano il tipico aspetto dei terrazzi fluviali e/o conoidi alluvionali e di falda detritica. La granulometria è variabile con la presenza di livelli e lenti a granulometria fine (sabbie limi e argille). Si presentano generalmente ben addensate, gli spessori possono essere variabili e compresi tra 3 e 30 m.
SM ec	*SM ec– Sabbie limose e limi sabbioso argillosi* Tali terreni mostrano il tipico aspetto dei depositi eluvio-colluviali. Si presentano generalmente mediamente addensati. Gli spessori possono essere localmente variabili.

9.3 Substrato geologico

SFALS	*SFALS – Alternanza di litotipi stratificati Fratturato o Alterato.* *Substrato che presenta generalmente Vs < 800 m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico alle unità litostratigrafiche del Messiniano (Formazione delle Marne con cerrogna) genericamente in affioramento molto alterato.*

ALS	*ALS – Alternanza di litotipi stratificati.* *Substrato riferibile dal punto di vista litostratigrafico alle unità litostratigrafiche del Messiniano (Scaglia Cinerea, Bisciaro, Marne con Cerrogna, Marne a Pteropodi, Formazione della Laga - Associazione Areanaceo pelitica).*
LPS	*LPS Lapideo stratificato--Substrato rigido/non rigido a tratti fratturato. Substrato che presenta riferibile dal punto di vista litostratigrafico del Messiniano (Corniola, Formazione della Laga - Associazione Areanacea).*

9.4 Instabilità di versante

Le instabilità di versante sono state riconosciute e distinte sulla base delle informazioni assunte sulla carta gemorfologica del vigente PRG, sugli elaborati del PAI, in base a quanto riportato sull'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI), verificate e riscontrate puntualmente attraverso sopralluoghi sul posto e indagini indirette condotte attraverso la visione stereoscopica del territorio studiato.

I depositi di frana presenti nell'area di studio si possono coì caratterizzare:

	Scorrimento – attivo
	Scorrimento – inattivo
	Complessa – quiescente

9.5 Forme di superficie e sepolte

	Conoide Alluvionale
	Falda detritica
	Orlo di scarpata morfologica di h compresa fra 10 e 20 m

	Orlo di scarpata morfologica di h maggiore di 20 m
	Cresta

9.6 Elementi tettonico – strutturali

Gli elementi tettonico – strutturali riportati sulla Carta geologico-tecnica sono stati ottenuti dalle informazioni rese disponibili dalla Carta

Geologica Regionale della

Regione Marche (CARG; rilievi alla scala1:10.000).

	Faglia inversa potenzialmente attiva (presunta)
	Faglia trascorrente/obliqua potenzialmente attiva (certa)
	Faglia trascorrente/obliqua potenzialmente attiva (presunta)

9.7 Elementi geologici e idrogeologici

45	*Giacitura di strato (normale) e valore di inclinazione degli strati*
20	*Profondità (m) sondaggio o pozzo che ha raggiunto il substrato.* In considerazione del fatto che il substrato presente nell'area di studio può essere assunto come non rigido, è stato riportato quest'ultimo come substrato di base, al fine di evidenziare il contatto con le soprastanti coperture quaternarie e non perdere quindi questa informazione.
10	*Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato*

9.8Sezioni geologiche

All'interno dell'area di studio delimitata per la realizzazione della Carta geologico-tecnica, sono stati identificati n.9 profili topografici significativi in corrispondenza dei quali sono state realizzate altrettante sezioni geologico- tecniche.

Tali profili sono stati selezionati in modo da fornire un quadro il più completo possibile delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche riconoscibili nell'area di studio. Le sezioni sono state denominate come Sez. A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', G-G', H-H'. I-I', e realizzate in modo da permetterne una adeguata restituzione su carta alla scala scelta per la rappresentazione di tutti gli elaborati 1:2.000 e 2500.

Sono stati riportati lungo le sezioni, oltre ai punti dei sondaggi che raggiungono il substrato, anche i siti di misura del rumore ambientale (tramite metodologia HVSR), con le relative frequenze fondamentali di sito (f0) di maggiore interesse ingegneristico (cfr. Carta delle MOPS).

10. LA CARTA DELLE MOPS

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) –raggruppa le aree studiate a un comportamento omogeneo in caso di sisma. In questa carta sono state quindi individuate, ai sensi degli standard di microzonazione sismica 4.0, le microzone ove, sulla base delle modellazioni effettuate è stata prevista la presenza di diversi e specifici tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

Tali aree sono state distinte in prima analisi grazie a caratteristiche litologiche-geomorfologiche simili (MS1^livello), successivamente con la fase delle indagini si è verificato se le aree individuate avessero effettivamente un comportamento sismico omogeneo.

Le aree a comportamento omogeneo previste dagli standard sono le seguenti:

A) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°). Non sono state individuate zone stabili all'interno delle aree esaminate.

B) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale. Tale categoria è quella maggiormente rappresentata all'interno dell'area esaminata, e come si è visto in alcuni casi a seguito della modellazione 1d in alcune di queste zone in moto sismico subisce una notevole trasformazione.

C) zone di attenzione, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Non sono

presenti tali zone all'interno dell'area perimetrata nel 3^ livello .

10.1 Aree stabili (tipo_z=1000)

Non sono state individuate all'interno del territorio esaminato in quanto, limitatamente ai dati in nostro possesso, anche dove presenti formazioni rocciose caratterizzate da valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, superiori o prossime ai 800 m/sec, come a Poggeto o Braccano la topografia con acclività significativa fa si che in tali aree il moto sismico venga modificato con la formazione di fenomeni di amplificazione.

10.2 Aree stabili suscettibili di amplificazione (tipo_Z=2000)

Nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale.

La quasi totalità della porzione del territorio del Comune di Montemonaco oggetto del presente studio è caratterizzata dalla presenza di terreni di copertura di varia consistenza, natura e spessore, e da substrato di natura prevalentemente argilloso-marnosa-arenacea, marnoso-argillosa, marnoso-calcarea e in minor parte calcareo marnosa.

La porzione centrale della valle di Matelica le coperture sono costituite in prevalenza da depositi alluvionali in prevalenza ghiaiosi, alternati di differenti profondità da livelli sabbioso-limosi.

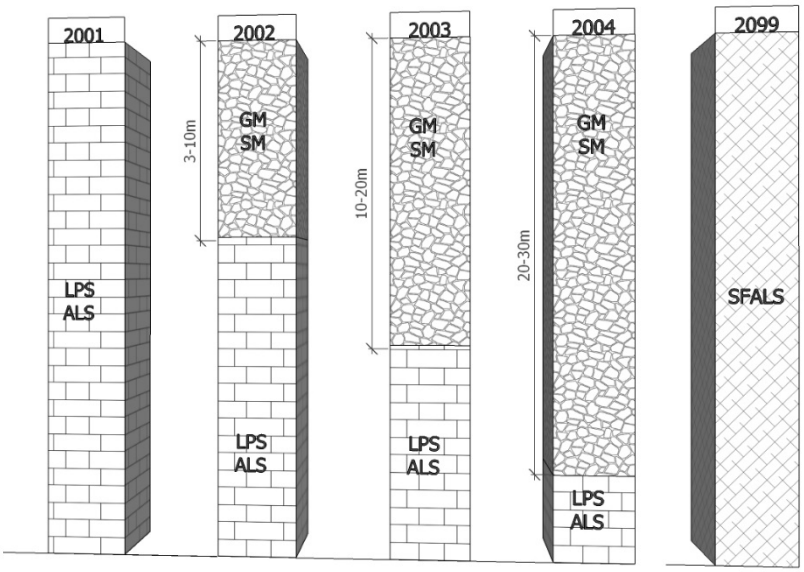
Spostandosi dal centro della valle verso le colline si intercetta una fascia di copertura detritica, che caratterizza il passaggio tra materiali alluvionale grossolano e materiale colluviale fino. In tali aree sono frequenti alternanze litologiche, sia in senso verticale che orizzontale, dei depositi alluvionali e depositi eluvio colluviali.

Spostandosi in prossimità dei versanti collinari in medi a passa pendenza, si rinvengono a copertura del substrato cunei di depositi eluvio colluviali. Il tetto delle colline in genere è presente il substrato mediamente alterato.

Vista l'estrema variabilità verticale e laterale dei terreni presenti, con fitte alternanze litologiche, gli stessi sono stati accorpati in unità significative . In particolare le classi alle quali sono stati assimilati i terreni presenti sul territorio (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica di microzonazione sismica vers,4.0) sono le seguenti:

Utilizzando tali classi sono state elaborate n.9 successioni stratigrafiche rappresentative, in base alle quali sono state definite, nel campo carta, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, ognuna delle quali ha una corrispondenza univoca. Accanto ad ogni litologia è riportato orientativamente lo spessore massimo e minimo più rappresentativo del litotipo. Laddove non è stato possibile definire lo spessore della coltre di copertura lo stesso è stato indicato con un punto interrogativo.

Le microzone di questa categoria sono state indicate nella carta delle MOPS rappresentate da colori con gradazione dal verde al giallo contrassegnate dai seguenti codici:2001, 2002, 2003, 2004



.

Inoltre per la compilazione delle colonnine stratigrafiche che hanno portato alla successiva individuazione delle MOPS, i dati provenienti dalle indagini di campagna reperite (Sondaggi geognostici ecc.) sono stati messi in relazione

con la genesi (ossia il processo che li ha prodotti) per ottenere un quadro comparativo il più possibile rappresentativo di estese porzioni di territorio.

Figura 16 MOPS individuate nel territorio del comune di Montemonaco

MOPS 2001

E' caratterizzata dalla presenza di substrato sismico prevalentemente lapideo di natura calcarea e calcareo-marnosa, arenaceo e arenaceo-pelitico stratificato, fratturato, rigido (Vs>800 m/sec).

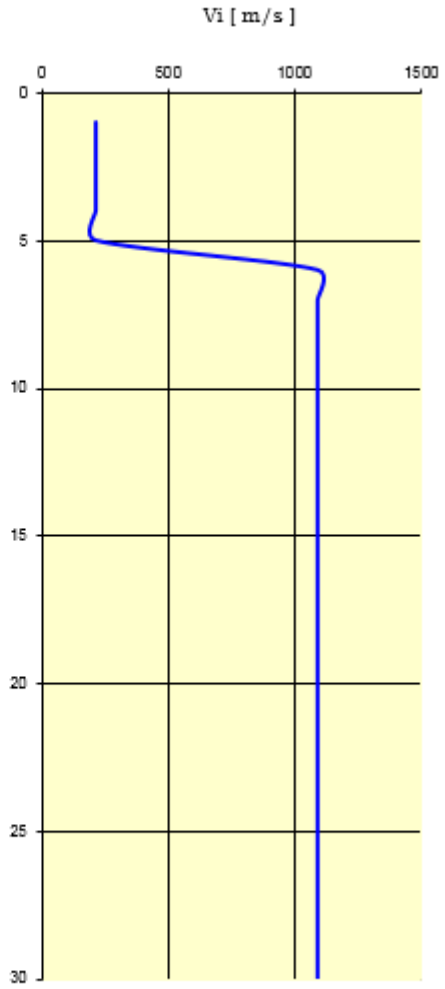
Le indagini MASW effettuate hanno evidenziato velocità delle onda sismiche Vs30 maggiori a 800m/S già da pochi metri dal piano campagna.

Mentre le acquisizioni eseguite con il tromografo indicano un rapporto della curva H/V piatto senza evidenziali contrasti d'impedenza in profondità

Dalle analisi effettuate sia per la risposta sismica locale, che per il calcolo delle Vs30 sono stati ottenuti i seguenti risultati:

CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO OPCM 3274 del 2003

Profondità [m]	N° Strati	Vi [m/s]
1.00	1	210.00
2.00	1	210.00
3.00	1	210.00
4.00	1	210.00
5.00	1	210.00
6.00	2	1090.00
7.00	2	1090.00
8.00	2	1090.00
9.00	2	1090.00
10.00	2	1090.00
11.00	2	1090.00
12.00	2	1090.00
13.00	2	1090.00
14.00	2	1090.00
15.00	2	1090.00
16.00	2	1090.00
17.00	2	1090.00
18.00	2	1090.00
19.00	2	1090.00
20.00	2	1090.00
21.00	2	1090.00
22.00	2	1090.00
23.00	2	1090.00
24.00	2	1090.00
25.00	2	1090.00
26.00	2	1090.00
27.00	2	1090.00
28.00	2	1090.00
29.00	2	1090.00
30.00	2	1090.00



Spessore da 5 a 20 m giacente su sub-strato roccioso	NO

NO

V_{s30} = 641.78 m/s

<u>In base ai dati sopra riportati i terreni identificati nella MOPS 2001 APPARTENGONO ALLA CATEGORIA DI SUOLO "B"</u>

MOPS 2002

E' caratterizzata dalla presenza prevalente di depositi di versante e alluvionali, ghiaie in matrice sabbioso-limosa argillosa e sabbie limose su substrato sismico di natura calcareo-marnosa e marnoso-calcarea, arenacea, arenaceo-pelitica a profondità 3-10m

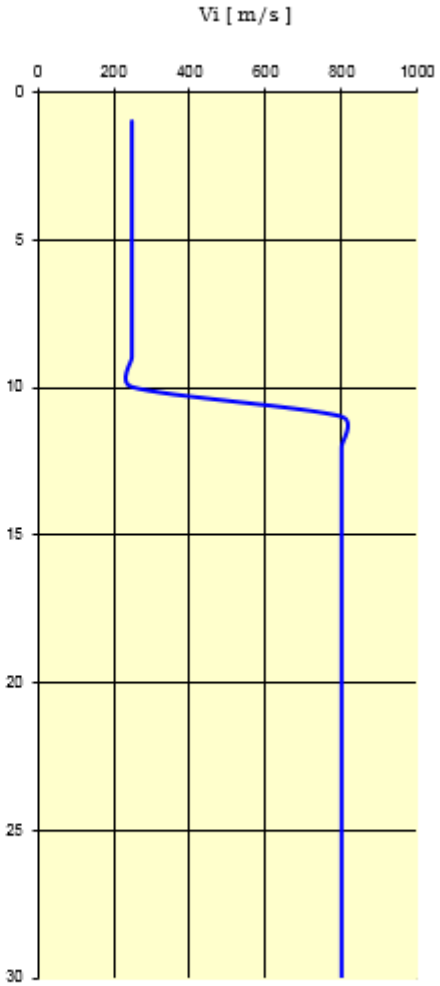
Le indagini MASW effettuate hanno evidenziato velocità delle onda sismiche Vs30 maggiori a 800m/S a profondità maggiori di 10-12m, al di sopra di tale livello le velocità sono molto più lente a causa di corpo detritico.

Mentre le acquisizioni eseguite con il tromografo indicano un picco delle H/V piatto senza evidenziali contrasti d'impedenza in profondità

Dalle analisi effettuate sia per la risposta sismica locale, che per il calcolo delle Vs30 sono stati ottenuti i seguenti risultati:

CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO OPCM 3274 del 2003

Profondità [m]	N° Strati	Vi [m/s]
1.00	1	250.00
2.00	1	250.00
3.00	1	250.00
4.00	1	250.00
5.00	1	250.00
6.00	1	250.00
7.00	1	250.00
8.00	1	250.00
9.00	1	250.00
10.00	1	250.00
11.00	2	800.00
12.00	2	800.00
13.00	2	800.00
14.00	2	800.00
15.00	2	800.00
16.00	2	800.00
17.00	2	800.00
18.00	2	800.00
19.00	2	800.00
20.00	2	800.00
21.00	2	800.00
22.00	2	800.00
23.00	2	800.00
24.00	2	800.00
25.00	2	800.00
26.00	2	800.00
27.00	2	800.00
28.00	2	800.00
29.00	2	800.00
30.00	2	800.00



Spessore da 5 a 20 m giacente su sub-strato roccioso	**NO**

NO

V_{s30} = **461.54** **m/s**

<u>In base ai dati sopra riportati i terreni identificati nella MOPS 2002 APPARTENGONO ALLA CATEGORIA DI SUOLO "B"</u>

MOPS 2003

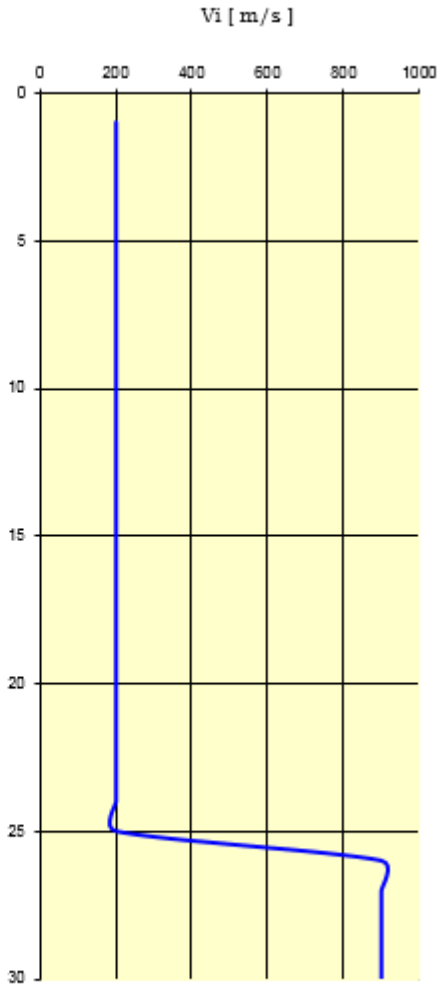
E' caratterizzata dalla presenza prevalente di depositi di versante e alluvionali, ghiaie in matrice sabbioso-limosa argillosa e sabbie limose su substrato sismico di natura calcareo-marnosa e marnoso-calcarea, arenacea, arenaceo-pelitica a profondità 10-20m

Mentre le acquisizioni eseguite con il tromografo indicano un picco delle H/V piatto senza evidenziali contrasti d'impedenza in profondità

Dalle analisi effettuate sia per la risposta sismica locale, che per il calcolo delle Vs30 sono stati ottenuti i seguenti risultati:

CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO OPCM 3274 del 2003

Profondità [m]	N° Strati	Vi [m/s]
1.00	1	200.00
2.00	1	200.00
3.00	1	200.00
4.00	1	200.00
5.00	1	200.00
6.00	1	200.00
7.00	1	200.00
8.00	1	200.00
9.00	1	200.00
10.00	1	200.00
11.00	1	200.00
12.00	1	200.00
13.00	1	200.00
14.00	1	200.00
15.00	1	200.00
16.00	1	200.00
17.00	1	200.00
18.00	1	200.00
19.00	1	200.00
20.00	1	200.00
21.00	1	200.00
22.00	1	200.00
23.00	1	200.00
24.00	1	200.00
25.00	1	200.00
26.00	2	900.00
27.00	2	900.00
28.00	2	900.00
29.00	2	900.00
30.00	2	900.00



Spessore da 5 a 20 m giacente su sub-strato roccioso	**NO**

NO

V_{s30} = **229.79** **m/s**

<u>In base ai dati sopra riportati i terreni identificati nella MOPS 2003 APPARTENGONO ALLA CATEGORIA DI SUOLO "C"</u>

MOPS 2004

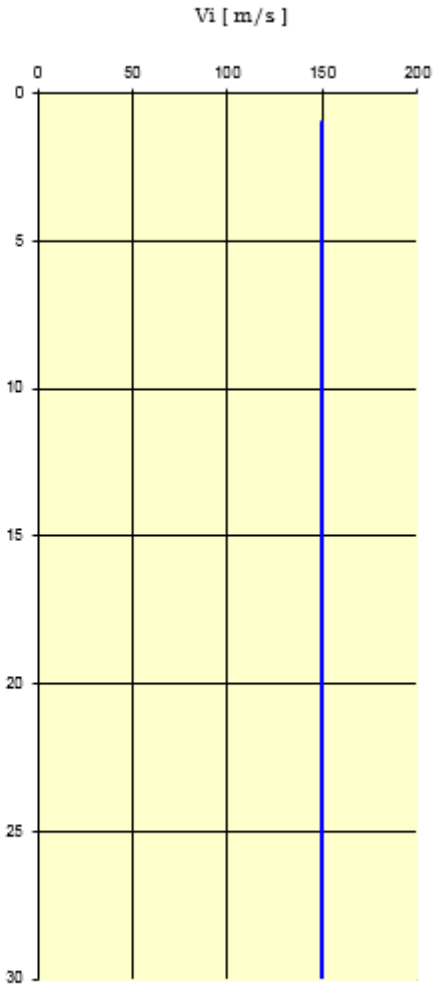
E' caratterizzata dalla presenza prevalente di depositi di versante e alluvionali, ghiaie in matrice sabbioso-limosa argillosa e sabbie limose su substrato sismico di natura calcareo-marnosa e marnoso-calcarea, arenacea, arenaceo-pelitica a profondità 20-30m

Mentre le acquisizioni eseguite con il tromografo indicano un picco delle H/V piatto senza evidenziali contrasti d'impedenza in profondità

Dalle analisi effettuate sia per la risposta sismica locale, che per il calcolo delle Vs30 sono stati ottenuti i seguenti risultati:

CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO OPCM 3274 del 2003

Profondità [m]	N° Strati	Vi [m/s]
1.00	1	150.00
2.00	1	150.00
3.00	1	150.00
4.00	1	150.00
5.00	1	150.00
6.00	1	150.00
7.00	1	150.00
8.00	1	150.00
9.00	1	150.00
10.00	1	150.00
11.00	1	150.00
12.00	1	150.00
13.00	1	150.00
14.00	1	150.00
15.00	1	150.00
16.00	1	150.00
17.00	1	150.00
18.00	1	150.00
19.00	1	150.00
20.00	1	150.00
21.00	1	150.00
22.00	1	150.00
23.00	1	150.00
24.00	1	150.00
25.00	1	150.00
26.00	1	150.00
27.00	1	150.00
28.00	1	150.00
29.00	1	150.00
30.00	1	150.00



Spessore da 5 a 20 m giacente su sub-strato roccioso	**NO**

NO

V_{s30} = **150.00** **m/s**

<u>In base ai dati sopra riportati i terreni identificati nella MOPS 2004 APPARTENGONO ALLA CATEGORIA DI SUOLO "D"</u>

MOPS 2099

E' caratterizzata dalla presenza prevalente di substrato affiorante superficialmente alterato e fratturato. Questa Microzona deriva dalla carta di Microzonazione di I Livello e non è compresa nelle aree di Livello III.

10.3 Zone di Attenzione per frana ZAfr

All'interno delle aree microzonate sono presenti zone di attenzione per frana con con codice ZAfr, precisamente nella zona del capoluogo sul versante Sud e su quello a Nord e nella Località Isola San Biagio. Tali zone sono interessate da movimenti franosi molto antichi e ben cartografati. Mentre nel Capoluogo esse interessano soltanto le coltri superficiali di zone disabitate e con versanti molto acclivi, in Località Isola San Biagio si manifesta come un movimento antico favorito anche dagli spessori dei materiali interessati e dalla pendenza del versante. Il movimento franoso cartografato coinvolge anche l'abitato. In carta delle MOPS sono state inserite soltanto come zone di attenzione e se ne rimanda a studi più approfonditi per studiarne i rispettivi cinematismi.

10.4 Zone di attenzione per liquefazione ZAliq

All'interno delle aree microzonate non sono presenti zone di attenzione per liquefazione

11. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Durante le analisi di microzonazione effettuate le incertezze che maggiormente hanno caratterizzato lo studio sono legate alla profondità del substrato sismico. In alcuni casi (MOPS 2004) non avendo dei dati certi derivanti da prove dirette, tale profondità è stata determinata mediante inversione con metodo probabilistico.

12. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Le NTC di cui al D.M. 14/1/08 suddividono le tipologie di sottosuolo in categorie, basandosi sul concetto che l'amplificazione sismica di un depositi dipende dal suo modulo di taglio a piccole deformazioni G0, quest'ultimo è inoltre legato alla velocità di propagazione delle onde di taglio Vs30.

Delle NTC 08 mediante criteri geofisici del profilo stratigrafico del suolo, possono essere rapportate le aree caratterizzate da differenti MOSP alle categorie dettate dalle NTC 2008 A - B - C - D - E (più altri due speciali: S1 e S2).

In particolare mediante la determinazione della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno (VS30) si avrà:

Categoria suolo	descrizione	Vs_{30} m/s	N_{spt30} terreni a grana grossa	Cu_{30} kPa terreni a grana fina
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	*>800		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360<*<800	*> 50	*> 250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180<*<360	15<*<50	70<*<250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	*<180	*<15	*<70
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V_s > 800 m/s).			
categorie aggiuntive di sottosuolo				
S1	Depositi di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	*<100		10<*<20
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Per la MOPS 2001 si avrà un suolo di tipo “B” con una vs 30 pari a 641 m/s

Per la MOPS 2002 si avrà un suolo di tipo “B” con una vs 30 pari a 461 m/s

Per la MOPS 2003 si avrà un suolo di tipo “C” con una vs 30 pari a 229,79 m/s

Per la MOPS 2004 si avrà un suolo di tipo “D” con una vs 30 pari a 150 m/s

13. RISULTATI E LORO PRESENTAZIONE ELABORATI GRAFICI

A termine di tutte la analisi effettuate i risultati sono stati presentati mediante cartografie di sintesi, otre l’aggiornamento della carta GT geologico tecnica se delle mops sopra descritte sono state realizzate:

13.1 Carta delle frequenze naturali del terreno

Grazie all’archiviazione su apposito shp delle frequenze proprie dei terreni e delle loro ampiezze ,ottenute dalle prove HVSR è stata predisposta una carta delle frequenze naturali dei terreni. In legenda viene riportato mediante forme grafiche (Cerchi) e colori rispettivamente l’ampiezza della frequenza di risonanza e la fascia di frequenza.

Grazie all’archiviazione su apposito shp delle frequenze proprie dei terreni e delle loro ampiezze ,ottenute dalle prove HVSR è stata predisposta una carta delle frequenze naturali dei terreni.

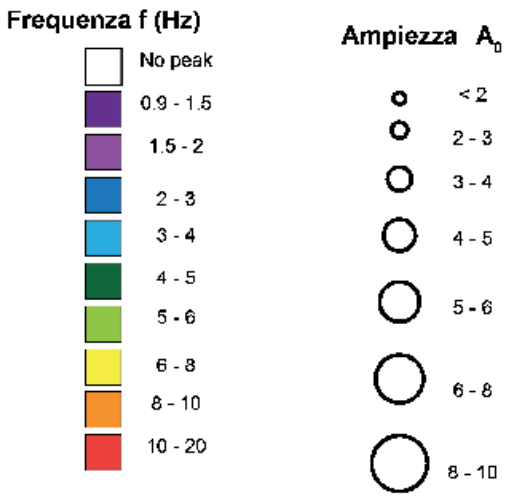


Figura 17 legenda carta delle frequenze proprie

Carta della microzonazione sismica di livello 3 per intervalli di periodo 0.1-0.5, 0.4-0.8. 0.7-1.1 s

I dati ottenuti dalle modellazioni 1d e 2d sono stati inseriti all'interno di un SHP file in modo da poter essere assegnati e visualizzati sulle singole MOPS. In tal modo sono state prodotte 3 distinte carte per diversi periodi 0.1-0.5, 0.4-0.8. 0.7-1.1 s di vibrazione.

Figura 18 legenda carta del fattore di amplificazione sismica

14. BIBLIOGRAFIA

- Cartografia topografica del Comune di Matelica alla scala 1:5.000;

-- Cartografia topografica CTR (Carta Tecnica Regionale) alla scala 1:10.000;

-- Cartografia geologica d'Italia del Servizio Geologico d'Italia e progetto CARG;

-- Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia);

-- Cartografia del PAI (Piano per l'assetto Idrogeologico);

-- Microzonazione sismica dell'area Aquilana;

-- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Specifiche tecniche per la redazione in ambiente gis degli elaborati cartografici della microzonazione sismica – versione 4.0– redatto dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.

-- Indagini geologiche del Piano regolatore generale del Comune di Matelica;

-- Indagini geologiche varie redatte dal settore LLPP del Comune di Matelica;

-- Indagini geologiche realizzate per la stesura di interventi privati;

-- Boschi E. & Cocco M. (Eds) (1997) - Studi preliminari sulla sequenza sismica dell'Appennino Umbro Marchigiano del settembre-ottobre 1997. Istituto Nazionale di Geofisica, pubbl. No. 593;

-- Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. e Valensise G. (eds.), 1995. Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980. ING-SGA, Bologna;

--Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. e Gasperini P. (eds.), 1997. Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990, 2. ING-SGA, Bologna;

--Centamore & Deiana (Eds) (1986) - La Geologia delle Marche. Studi Geologici Camerti, Num. spec..

Idriss, I. M.; Lysmer, John; Hwang, Richard N.; Seed, H. Bolton; QUAD-4: a computer program for evaluating the seismic response of soil structures by variable damping finite element procedures, Center for Geotechnical Modeling, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis, 1994