



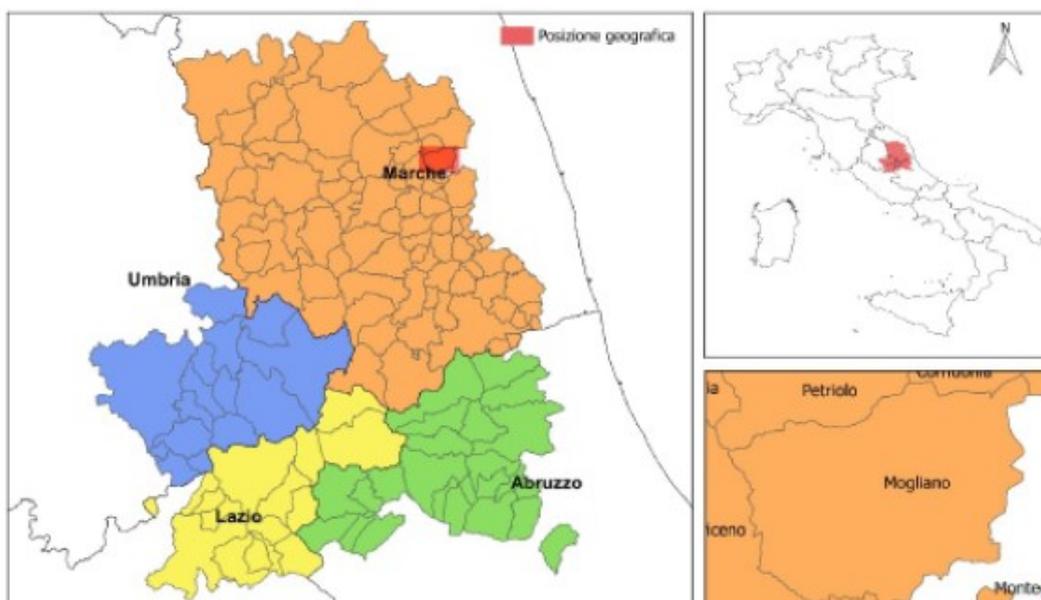
**COMMISSARIO STRAORDINARIO  
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016**

Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Mogliano 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 Mogliano**



<p>Soggetto realizzatore Geol. Fabio Mariani Collaboratori: Geol. Angelica Fioriti</p>	<p>Data e revisione Gennaio 2018</p>	 <p>CENTRO PER LA MICROZONAZIONE SISMICA E LE SUE APPLICAZIONI</p>
--	--	---

## INDICE

1. INTRODUZIONE .....	4
1.1. Finalità degli studi.....	6
1.2. Descrizione generale dell'area comunale.....	8
1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio .....	8
1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS.....	9
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	10
2.1. Sismicità storica dell'area di studio .....	10
2.2. Sismicità recente dell'area di studio .....	17
2.3. Pericolosità sismica di base .....	22
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....	33
3.1. Inquadramento geologico .....	33
3.2. Assetto geomorfologico .....	35
3.3. Assetto stratigrafico .....	38
3.4. Elementi tettonici .....	38
3.5. Considerazioni finali sull'architettura stratigrafica e sull'assetto morfologico e strutturale .....	40
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	41
4.1. Dati pregressi .....	41
4.2. Dati acquisiti ex-novo .....	41
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS .....	42
5.1. Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione .....	42
5.2. Sezioni geologico-tecniche.....	42
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	43
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	43
7.1. Zone stabili e suscettibili di amplificazione .....	43
7.2. Zone instabili .....	43

8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	45
8.1. Carta delle indagini.....	45
8.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni.....	46
8.3. Carta geologico-tecnica per la MS (CGT_MS) .....	46
8.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).....	49
8.5. Carta di microzonazione sismica (MS) di livello 3.....	56
8.6. Commenti finali e criticità.....	56
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI .....	57
10. BIBLIOGRAFIA.....	58

## ALLEGATI

### AL PRESENTE RAPPORTO:

- GRAFICI SPETTRI LINEARI PER OGNI MOPS
- RISULTATI PROVA DOWN-HOLE
- RISULTATI PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE SU UN CAMPIONE DI TERRENO
- RELAZIONE MODELLAZIONE SISMICA 2D

### FUORI TESTO

11.1	Carta delle Indagini	Scala 1:5000
11.2	Carta delle frequenze naturali dei terreni	Scala 1:5000
11.3	Carta geologico tecnica per la MS (CGT_MS)	Scala 1:5000
11.4	Sezioni geologico tecniche	Scala 1:2000
11.5	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)	Scala 1:5000
11.6	Carta di microzonazione sismica (MS) di livello 3	Scala 1:5000
11.7	Accelerogrammi calcolati in superficie	
11.8	Spettri di risposta in accelerazione	

## 1. INTRODUZIONE

Il presente studio di microzonazione sismica di terzo livello del Comune di Mogliano è stato redatto in seguito dell'ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri *“Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016 e proroga di termini di cui all'ordinanza n. 13 del 9 gennaio 2017”*.

Le disposizioni della sopra indicata ordinanza sono finalizzate a dotare i Comuni nei territori delle Regioni Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria, interessati dagli eventi sismici del 24 agosto e 26 - 30 ottobre 2016, di studi di microzonazione sismica di III livello come definiti dagli *“Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”* approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, da utilizzare per la pianificazione e la progettazione esecutiva nelle aree maggiormente colpite dal sisma.

Il presente studio è stato redatto su incarico conferito dal Comune di Mogliano (MC) con convenzione del 07.06.2017 nella persona del Sindaco protempore, secondo le modalità stabilite nei documenti di seguito elencati:

- *“Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”* (ICMS) di cui sopra;
- *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”* - Microzonazione sismica versione 4.0b, definiti dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica, istituita ai sensi dell'articolo 5, comma 7, dell'ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 3907 del 13 novembre 2010;
- *“criteri di utilizzo degli studi di microzonazione per la ricostruzione”* di cui al documento allegato al n. 1 dell'ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017.

Tutte le attività sono state eseguite mediante il supporto ed il coordinamento scientifico del Centro per la microzonazione sismica (CMS) del Consiglio Nazionale

delle Ricerche (CNR), ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettera I-bis), punto 3, del decreto legge n. 189 del 2016.

Il presente rapporto tiene conto di tutte le informazioni e dati presenti nella relazione per lo studio di microzonazione sismica di livello 1.

I riferimenti normativi che seguono sono quelli che hanno attivato la procedura per la redazione del presente studio:

- Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016 e proroga di termini di cui all'ordinanza n. 13 del 9 gennaio 2017".
- Deliberazione del Consiglio dei Ministri del 25 agosto 2016, "Dichiarazione dello stato di emergenza in conseguenza degli eccezionali eventi sismici che il giorno 24 agosto 2016 hanno colpito il territorio delle Regioni Abruzzo, Lazio, Marche ed Umbria".
- Decreto Legge 17 ottobre 2016, n. 189, pubblicato in Gazzetta Ufficiale 18 ottobre 2016, 244, "Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dal sisma del 24 agosto 2016", convertito con modificazioni dalla legge 15 dicembre 2016, n. 229, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 294 del 17 dicembre 2016.
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome.
- "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Microzonazione sismica, versione 4.0b, definiti dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica, istituita ai sensi dell'articolo 5, comma 7, dell'ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 3907 del 13 novembre 2010.
- Ministero delle Infrastrutture: Decreto 14 gennaio 2008, (G.U. 4

febbraio 2008 n. 29 – S. O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008).

- Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- Ordinanza 3907 del 2010: Elenco dei comuni delle marche con relativi valori di  $a_g$  di base;
- D.G.R. 1046 del 29.7.2003 modificata dalla D.G.R. n. 136 del 17 febbraio 2004: Indirizzi generali per la prima applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. Individuazione e formazione dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Marche.

### **1.1. Finalità degli studi**

Il progetto è finalizzato allo studio ed alla predisposizione di cartografie per la classificazione del territorio secondo Microzonazione Sismica di Livello 3.

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione per l'emergenza e per la ricostruzione post sisma.

Nella pianificazione territoriale, in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, gli studi di Microzonazione Sismica sono normalmente condotti su quelle aree per le quali il quadro normativo consenta o preveda l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la loro potenziale trasformazione a tali fini, o ne preveda l'uso ai fini di protezione civile.

Gli studi di MS sono di fondamentale importanza nella pianificazione al fine di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti
- definire gli interventi ammissibili in una data area
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento

- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate
- definire priorità di intervento.

Tutto ciò è oggetto degli studi di Microzonazione Sismica (MS), attraverso i quali è possibile individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone soggette a instabilità, quali frane, rotture della superficie topografica per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno.

Nella pianificazione d'emergenza, sia di livello comunale che provinciale, gli studi di MS consentono una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza ed in generale delle risorse di protezione civile.

La conoscenza dei possibili effetti locali indotti da un evento sismico su un territorio contribuisce a:

- scegliere aree e strutture di emergenza ed edifici strategici in zone stabili;
- individuare, in caso di collasso, i tratti "critici" delle infrastrutture viarie e di servizio e le opere rilevanti per le quali potrebbero essere necessarie specifiche valutazioni di sicurezza.

Nella fase della ricostruzione la Microzonazione Sismica:

- contribuisce a scegliere le aree per le abitazioni temporanee;
- fornisce elementi ai tecnici e amministratori, sull'opportunità di ricostruire gli edifici non agibili;
- contribuisce a scegliere nuove aree edificabili.

Nella progettazione di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di Microzonazione Sismica evidenziano la presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma. Gli studi di Microzonazione Sismica, quindi, possono offrire elementi conoscitivi utili per la progettazione di opere, con differente incisività in funzione del livello di approfondimento e delle caratteristiche delle opere stesse,

indirizzando alla scelta delle indagini di dettaglio.

Lo studio di Microzonazione Sismica è uno strumento conoscitivo dalle diverse potenzialità, che ha costi differenti in funzione del livello di approfondimento che si vuole raggiungere:

- il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee. Questo livello è stato elaborato nel 2015 e su di esso si sono basati gli studi successivi;

- il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una carta di MS basata sul fattore di amplificazione ricavato attraverso l'utilizzo di abachi regionali. Dove questi non siano disponibili o dove le condizioni del territorio siano complesse si ricorre agli studi di livello 3. Tale livello non è stato eseguito nel presente studio poiché l'evento sismico del 2016 che è stato di vaste proporzioni e così devastante da richiedere urgentemente studi con il terzo livello di approfondimento ;

- il livello 3, relativo allo studio che verrà descritto nei successivi capitoli, restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari, scelte insieme all'ufficio tecnico comunale e al Centro MS.

Il miglioramento della conoscenza prodotto dagli studi di MS può contribuire concretamente, insieme a studi di vulnerabilità ed esposizione, all'ottimizzazione delle risorse rese disponibili per interventi mirati alla mitigazione del rischio sismico.

## **1.2. Descrizione generale dell'area comunale**

Il comune di Mogliano si localizza geograficamente nel Foglio 125 (Fermo) della Carta Geologica d'Italia; questa ricade nelle tavolette topografiche I.G.M. (scala 1:25.000) di Corridonia Foglio IV S.O.

Il territorio è formato da un sistema prevalentemente collinare, intervallato da bacini idrografici dei corsi minori (Torrente Entogge ed Ete Morto) che

confluiscono nel fiume Chienti, copre una superficie di 29,26 Km<sup>2</sup>, con una popolazione che raggiunge circa 4.755 abitanti (01/01/2015 Istat).

### **1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio**

I documenti di base utilizzati per lo svolgimento del presente studio sono quelli disponibili ed in particolare:

- Studio di primo livello: la microzonazione sismica di primo livello svolta nel 2015 nel territorio di Mogliano ha permesso la raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica preesistenti e/o acquisite, allo scopo di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico, così come illustrato nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) - 2015. In accordo con le indicazioni degli I.C.M.S e *Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica versione 4.0*, tale studio è stato articolato e sviluppato secondo le seguenti fasi di attività:
  1. rilevamento geologico e geomorfologico dell'intero territorio comunale, con controllo e revisione delle aree instabili anche a seguito di verifiche con la cartografia IFFI, CARG e PAI;
  2. raccolta dati geologici e geofisici di archivio e di quelli reperiti presso gli uffici comunali;
  3. analisi critica del materiale acquisito e valutazione dell'idoneità all'utilizzo ai fini della realizzazione del database delle indagini e della redazione della Carta delle Indagini;
  4. definizione del modello del sottosuolo illustrato nella Carta Geologico-Tecnica di 1° livello, corredata da sezioni geologiche rappresentative dell'assetto stratigrafico;
  5. realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, quale sintesi degli elementi elaborati nelle precedenti fasi e classificazione delle aree individuate.

- Cartografia topografica IGMI;
- CTR (Carta Tecnica Regionale) della Regione Marche a scala 1:10.000;
- Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000);
- Carta Geologica regionale edizione CTR in scala 1:10.000;
- Carta Geologica PRG;
- Carta Geomorfologica PRG;
- Piano di assetto idrogeologico della Regione Marche P.A.I.;
- Cartografia IFFI;
- Immagini satellitari di Google Earth;
- Cartografie del Geoportale Nazionale (servizi WMS).

#### **1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS**

Le aree interessate dalle indagini di primo livello sono state concordate con l'Ufficio Tecnico comunale competente ed hanno riguardato le porzioni a maggiore densità abitativa e di interesse collettivo presenti sul territorio con particolare riguardo a tutte le aree inserite nel PRG comunale.

Le aree interessate dalle indagini di terzo livello sono state indicate dal Centro MS e risultano differenti rispetto alla perimetrazione precedente escludendo le aree di espansione urbanistica e le frazioni. Infatti lo studio si è concentrato sul Capoluogo abitato.

I diversi perimetri sono indicate nelle carte allegate con diverso colore.

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

### **2.1. Sismicità storica dell'area di studio**

Ai fini della caratterizzazione macrosismica dell'area di studio è stato

consultato il Database Macrosismico Italiano versione DBMI15, accessibile liberamente all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15> (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>). Il Database Macrosismico Italiano fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

Di seguito vengono elencati i terremoti più significativi in termini di magnitudo momento. Per ciascun terremoto viene riportata la magnitudo momento ( $M_w$ ), l'intensità epicentrale x 10 scala MCS ( $I_0$ ) e il numero di Macroseismic Data Points (nMDP).

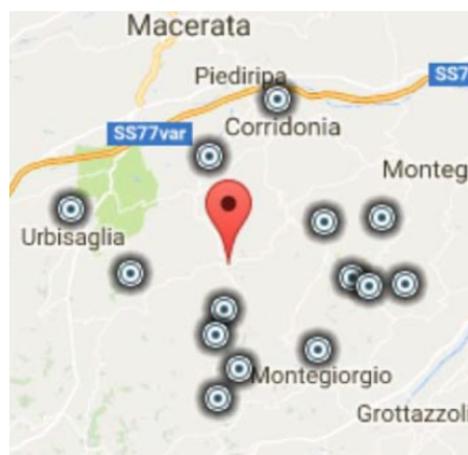
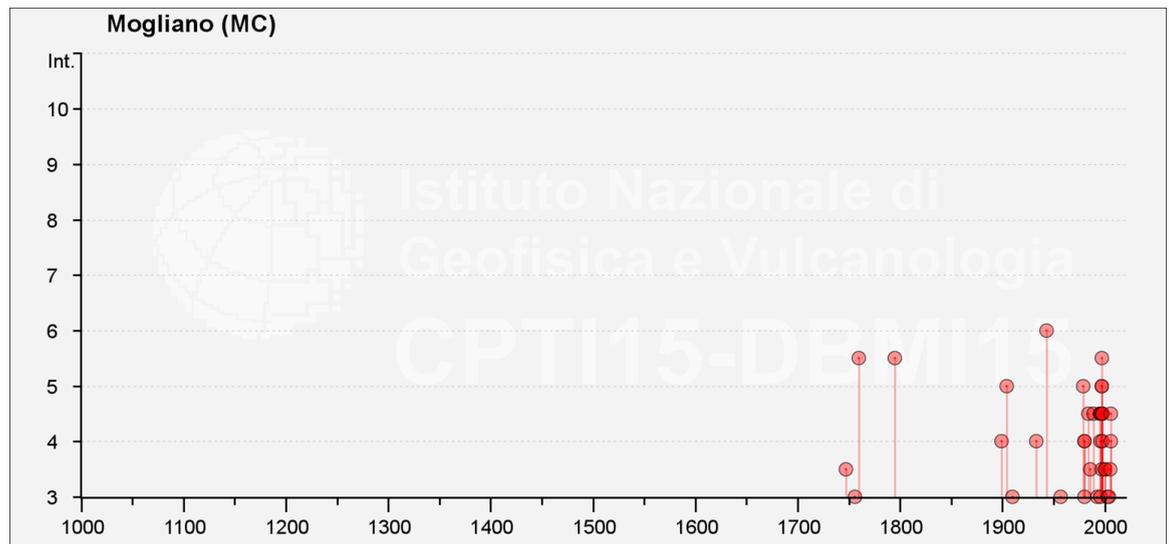
### Mogliano

PlaceID	IT_51821
Coordinate (lat, lon)	43.185, 13.479
Comune (ISTAT 2015)	Mogliano
Provincia	Macerata
Regione	Marche
Numero di eventi riportati	44

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	$I_0$	$M_w$	
3-4	1747	04	17				Appennino umbro-marchigiano	63	9	6.05	
F	1752	07	13	21	40		Appennino umbro-marchigiano	11	5	4.61	
3	1756	10	06	20			Costa pesarese	7	4-5	3.93	
5-6	1760	01	12				Valnerina	6	5-6	4.40	

F	1762 10 06	Aquilano	13	8	5.54
5-6	1795 06 19 23 30	Maceratese	17	6	4.70
4	1899 06 22 13 20	Corridonia	30	5	4.08
5	1904 09 02 11 21	Maceratese	59	5-6	4.63
2-3	1905 11 30 22	Caldarola	9	4	3.70
NF	1906 02 05 16 34	Valnerina	55	5	4.41
3	1910 06 29 13 52	Valnerina	58	7	4.93
2	1930 11 09 01 33	Monti Sibillini	17	5	4.31
4	1933 09 26 03 33 2	Maiella	325	9	5.90
6	1943 10 03 08 28 2	Ascolano	170	8	5.67
3	1957 11 11 21 40	Costa anconetana	50	5	4.50
1-2	1962 01 23 17 31	Costa pesarese	49	5	4.35
5	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	146	6	4.97
4	1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3-4	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
4-5	1989 09 11 02 46 2	Marche meridionali	60	5	4.04
3	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5	1995 12 30 15 22 0	Fermano	106	5	4.19
4-5	1996 01 01 12 21 4	Maceratese	91	5-6	4.20
4	1996 01 22 18 37 4	Fermano	76	5	3.96
3	1996 01 22 23 14 0	Maceratese	45	5	3.66
5	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4-5	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
3-4	1997	11	09	19	07	3	Valnerina	180		4.87
4-5	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
4	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
3-4	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
3-4	2000	10	24	07	52	2	Monti Sibillini	65	5	4.11
3	2003	05	25	17	15	1	Ascolano	88	4-5	3.81
3	2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5	4.09
3-4	2005	04	12	00	31	5	Maceratese	131	4	3.74
2	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14
4-5	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
4	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21



Le Marche sono da sempre interessate da una diffusa e frequente attività sismica, con massima intensità raggiunta pari al X grado della scala MCS.

Nell'area marchigiana l'attività sismica è concentrata in fasce ben definite dal punto di vista geologico e fisiografico:

- una più interna corrispondente alla zona della catena appenninica, caratterizzata da terremoti frequenti e d'intensità pari al X grado della scala MCS;
- una fascia intermedia corrispondente alla zona pedeappenninica, caratterizzata da una blanda ma diffusa attività sismica;
- la fascia periadriatica caratterizzata da attività sismica generalmente moderata.

I terremoti che periodicamente colpiscono il territorio regionale sono espressione di un campo di sforzi tettonici ancora attivo.

Meccanismi focali di tipo distensivo e asse di massima distensione in direzione SW-NE, caratterizzano l'area appenninica che presenta il più alto livello di sismicità e dove l'attività sismogenetica avviene entro i primi 12 Km di profondità.

Meccanismi focali di tipo compressivo e trascorrente e asse di massima compressione in direzione SW-NE, sono tipici dell'area pedeappenninica e periadriatica e in particolare in quest'ultima l'attività sismica è limitata ai primi 10 Km di profondità.

La mappa della "Massima Intensità Macrosismica Risentita in Italia" elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica sulla base dei massimi valori risentiti all'interno di apposite macrozone, che fornisce un quadro immediato del grado di sismicità, evidenzia come il territorio comunale di Mogliano sia inserito in ambiti, caratterizzati da terremoti di intensità dell'VIII grado della scala M.C.S.

Il territorio comunale di Mogliano non faceva parte dei comuni classificati sismici antecedentemente al decreto del M. LL.PP. del 10.02.1983 (G.U. n.80 del 23.03.1983) il quale lo ha inserito in II categoria, contraddistinta da indice di

sismicità  $S = 9$ , coefficiente d'intensità sismica  $C = (S - 2) / 100 = 0.07$  e con valori di picco dell'accelerazione  $A/g = 0.25$ .

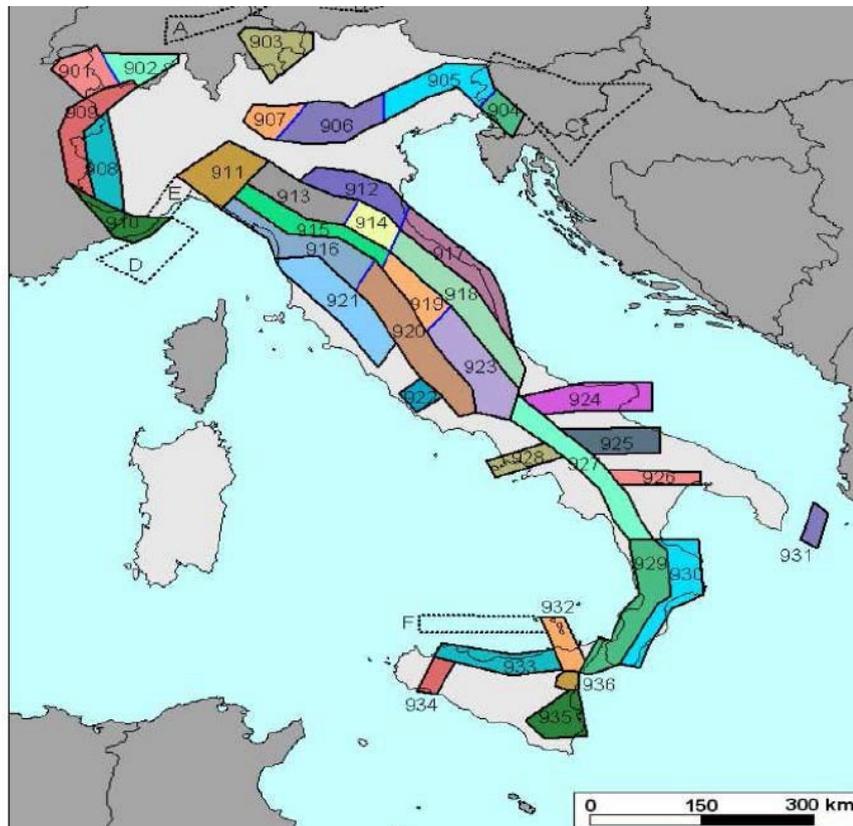


figura 1 – Zona sismogenetica ZS9 (da: “Zonazione sismogenetica ZS9 App.2 al Rapporto Conclusivo, a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004”)

A livello regionale si ricordano le Circolari nn.14 e 15 del 28 agosto 1990 (Indirizzi e criteri per l’effettuazione di indagini geologiche in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici al PPAR e alla legge regionale n.33/84 – Relazione tecnico-illustrativa Circolare ex L.33/84 art.10/11) contenente la tipologia di indagini finalizzate alla riduzione del rischio, alla scala dello strumento generale di piano.

Secondo quanto riportato nelle Circolari richiamate e riguardo alla pericolosità sismica regionale, il territorio di Mogliano è classificato a livello B, rischio sismico medio, ricadente nella fascia intermedia pedeappenninica ed esterna costiera.

Il Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica

(OPCM n.3274 del 20.03.2003 INGV) ha proposto una zonazione sismogenetica ZS9 che integra i livelli informativi precedenti con gli ultimi sviluppi degli studi nel settore geologico strutturale e sismogenetico.

Per l'area marchigiana centro orientale, zona 918, in cui ricade il territorio comunale di Mogliano, il modello ZS9 individua un regime tettonico debolmente compressivo, le cui strutture sono allineate lungo la costa o verso mare e una classe di profondità efficace compresa tra 5 e 8 Km, rappresentativa della maggior parte degli eventi sismici.

L'ordinanza del PCM n.3274 del 20 marzo 2003 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica – G.U. n.105 dell'8.5.2003), e successive modifiche e integrazioni, recepita dalla Regione Marche con D.G.R. n.1046 del 29.07.2003, classifica il comune di Mogliano nella Zona 2.

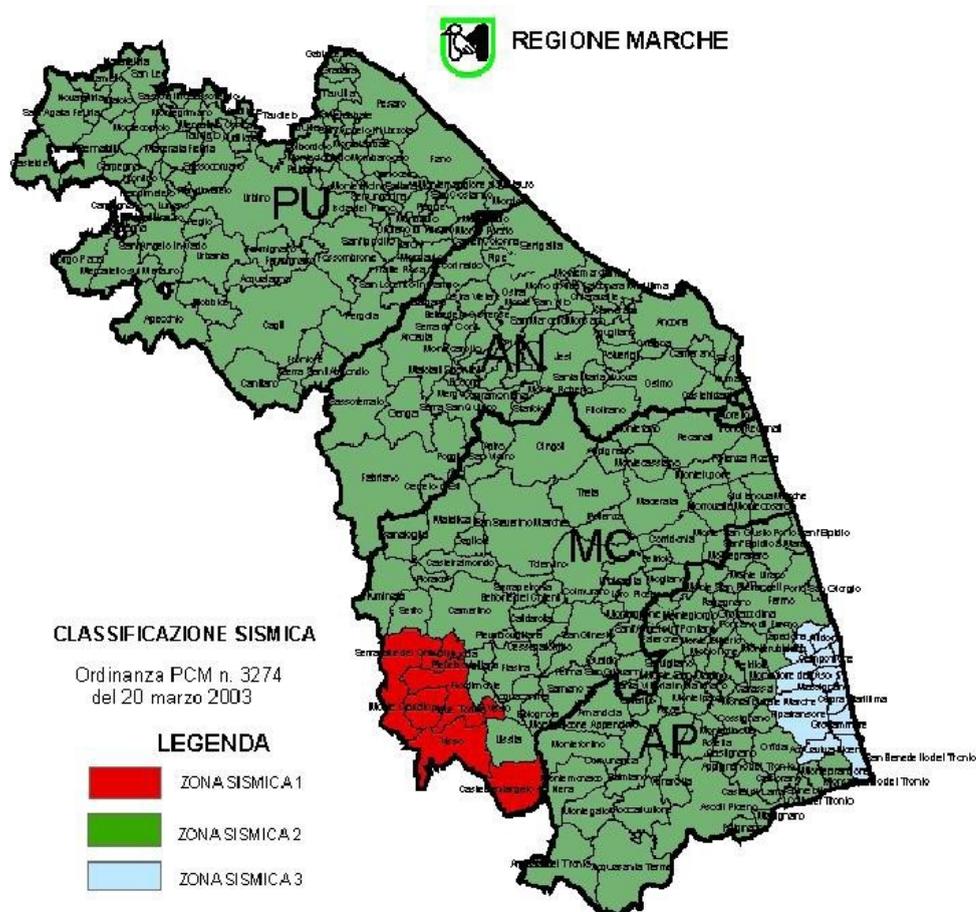


Figura 2 – Elaborato grafico allegato alla D.G.R. n. 1046 del 29.07.2003

(da: "B.U.R. Marche n.79/2003")

Tale zona è individuata da un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g), compresa tra 0.15 e 0.25 g e accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (ag/g) di 0.25.

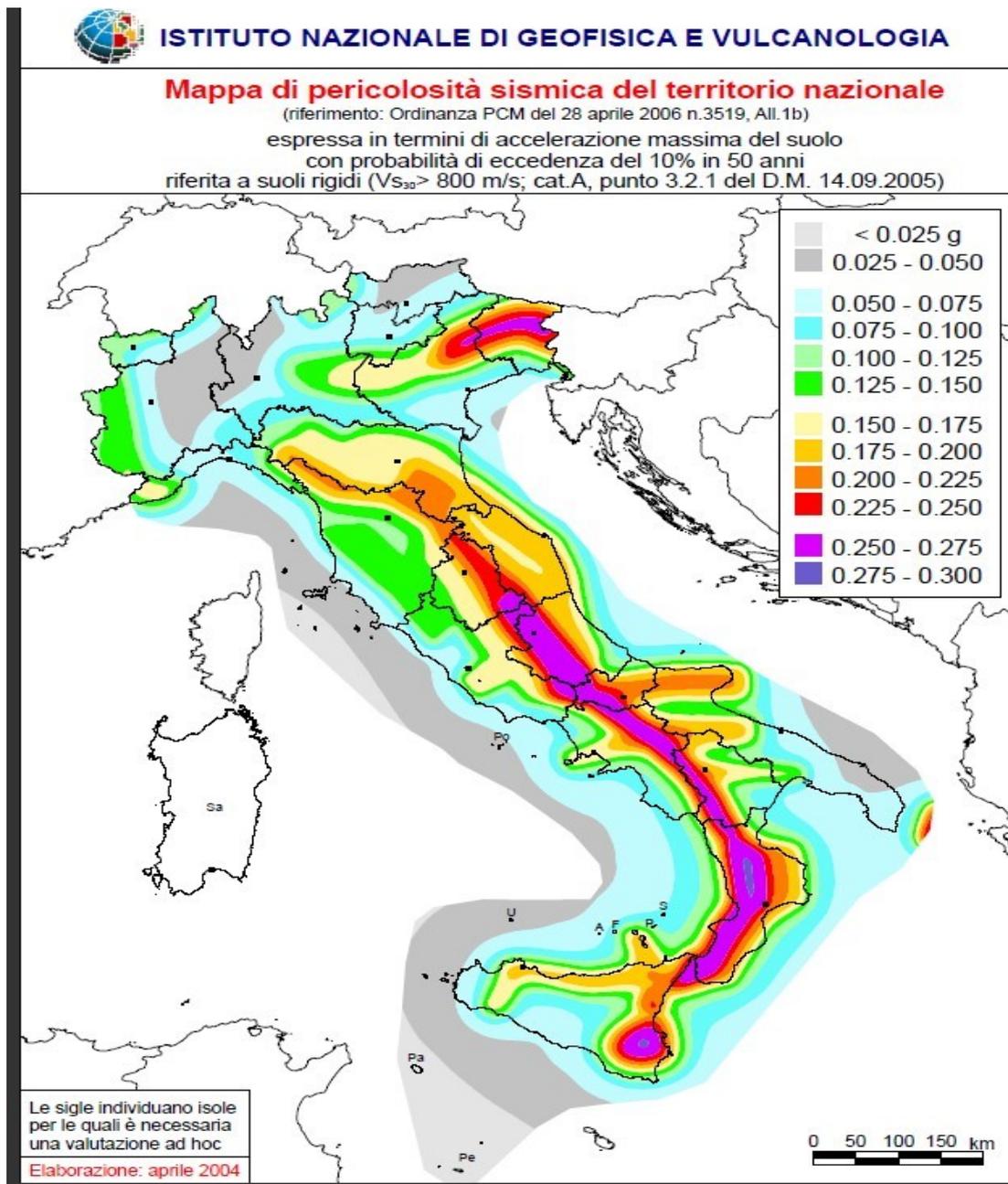


Figura 3 – Mapa della pericolosità sismica del territorio nazionale

La successiva *Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b*, ha definito la pericolosità sismica del territorio nazionale, illustrata mediante la mappa della figura precedente, che rappresenta graficamente la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi ( $V_s$  800 m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

In questo contesto, il territorio comunale è caratterizzato, in via generale, da un'accelerazione ( $a_g$ ) orizzontale massima convenzionale sul suolo di tipo A, compresa tra 0,175 e 0,200 g.

L'analisi sulla sismicità storica del territorio comunale ha preso in considerazione anche i dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano, ultima versione DBMI 2011 (<http://emidius.mi.ingv.it>), da cui sono stati selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato il territorio di Mogliano.

Nel caso sono evidenziati 24 eventi di riferimento a partire dal 1747 e relativa Magnitudo di Momento ( $M_w$ ) dell'epicentro del sisma; nella lista risalta che la massima intensità registrata è pari a 6.8 gradi MCS, riferito all'evento del 23 novembre 1980.

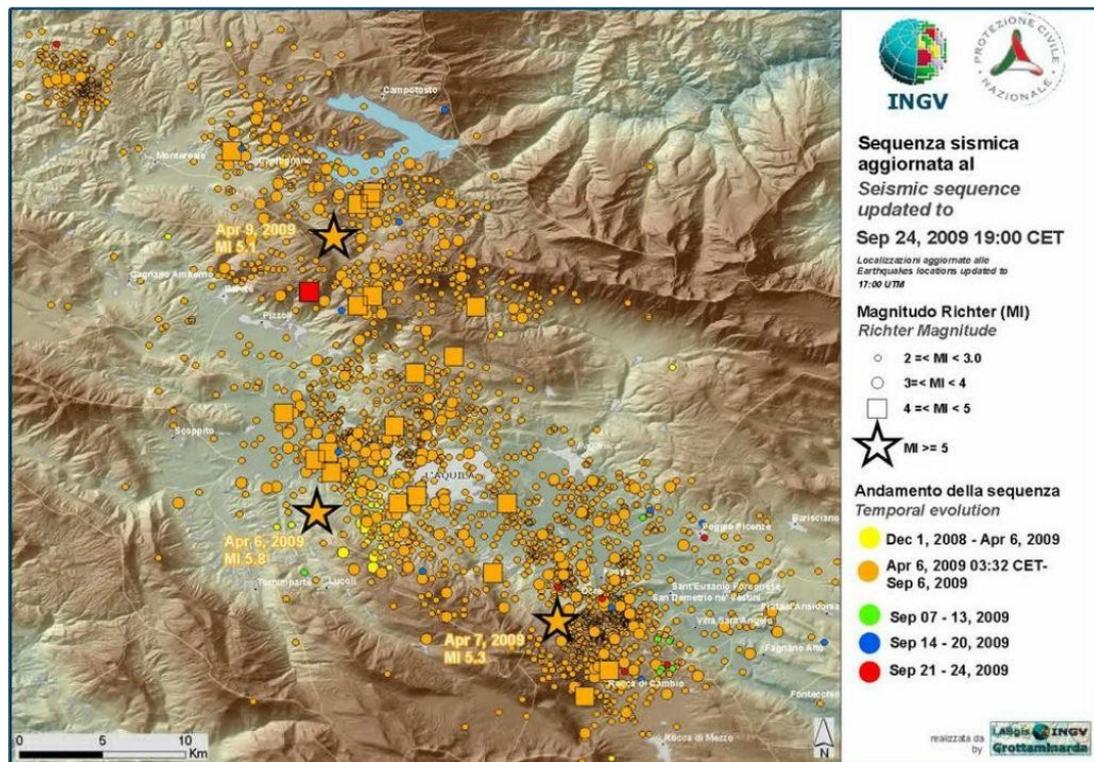
## **2.2. Sismicità recente dell'area di studio**

Di recente un ulteriore evento sismico ha investito indirettamente il territorio comunale di Mogliano e sono l'episodio sismico di L'Aquila e quello del 2016 del centro Italia.

### Sequenza sismica terremoto "Aquilano" del 2009

In data 06/04/2009 alle ore 03:33 un evento sismico di magnitudo momento  $M_w = 6.3$  e magnitudo Richter  $M_I = 5.8$  ha interessato la città dell'Aquila e le aree circostanti. Le principali repliche sono state tre, con  $M > 5$  e sono avvenuti il 6 aprile ( $M_I = 5.8$ ), il 7 aprile ( $M_I = 5.3$ ) e il 9 aprile ( $M_I = 5.1$ ).

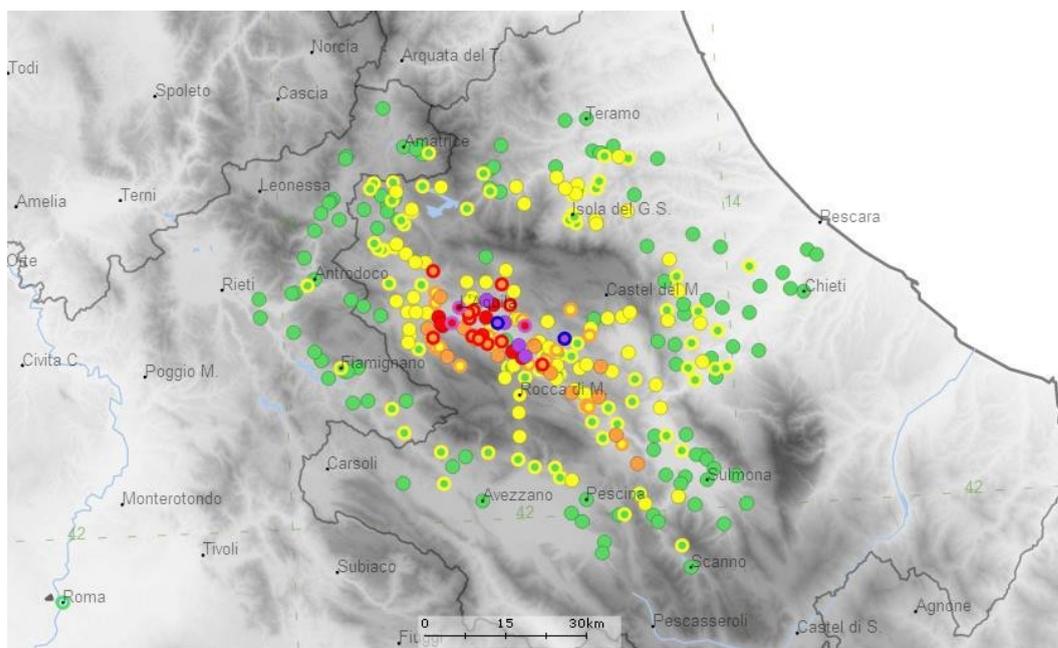
Nel complesso sono state conteggiate oltre 20.000 scosse. La distribuzione in pianta delle repliche evidenzia l'area interessata dalla sequenza sismica che si estende per oltre 30 km in direzione NO-SE, parallelamente all'asse della catena appenninica.



Le coordinate dell'epicentro dell'evento principale, determinate dall'integrazione dei dati provenienti da 31 stazioni entro 50 km di distanza dall'epicentro, sono le seguenti: Latitudine: 42.3476 Longitudine: 13.3800.

I dati geologici raccolti concordano nell'identificare la struttura responsabile della scossa principale come una faglia con movimento diretto che si estende per circa 15 km in direzione NO-SE ed immersione SO e la cui estensione in superficie si localizza in corrispondenza della faglia di Paganica.

Di seguito viene inoltre rappresentata la distribuzione areale dei valori dell'intensità macrosismica Mercalli relativa al terremoto Aquilano del 06/04/2009.



*Valori dell'intensità macrosismica Mercalli relativa al terremoto Aquilano del 06/04/2009.*

### Sequenza sismica del 2016

Il 24 agosto 2016 (Mw 6.2) e il 26 ottobre 2016 (Mw 6.1) si sono attivati i due estremi meridionale e settentrionale della struttura del Monte Vettore con evidenze di fagliazione di superficie.

L'evento del 24 agosto è stato generato dall'attivazione del segmento di faglia del Cordone del Vettore e segmento del Monte Vettore e ha generato un movimento con rigetto verticale fino a 30 cm.

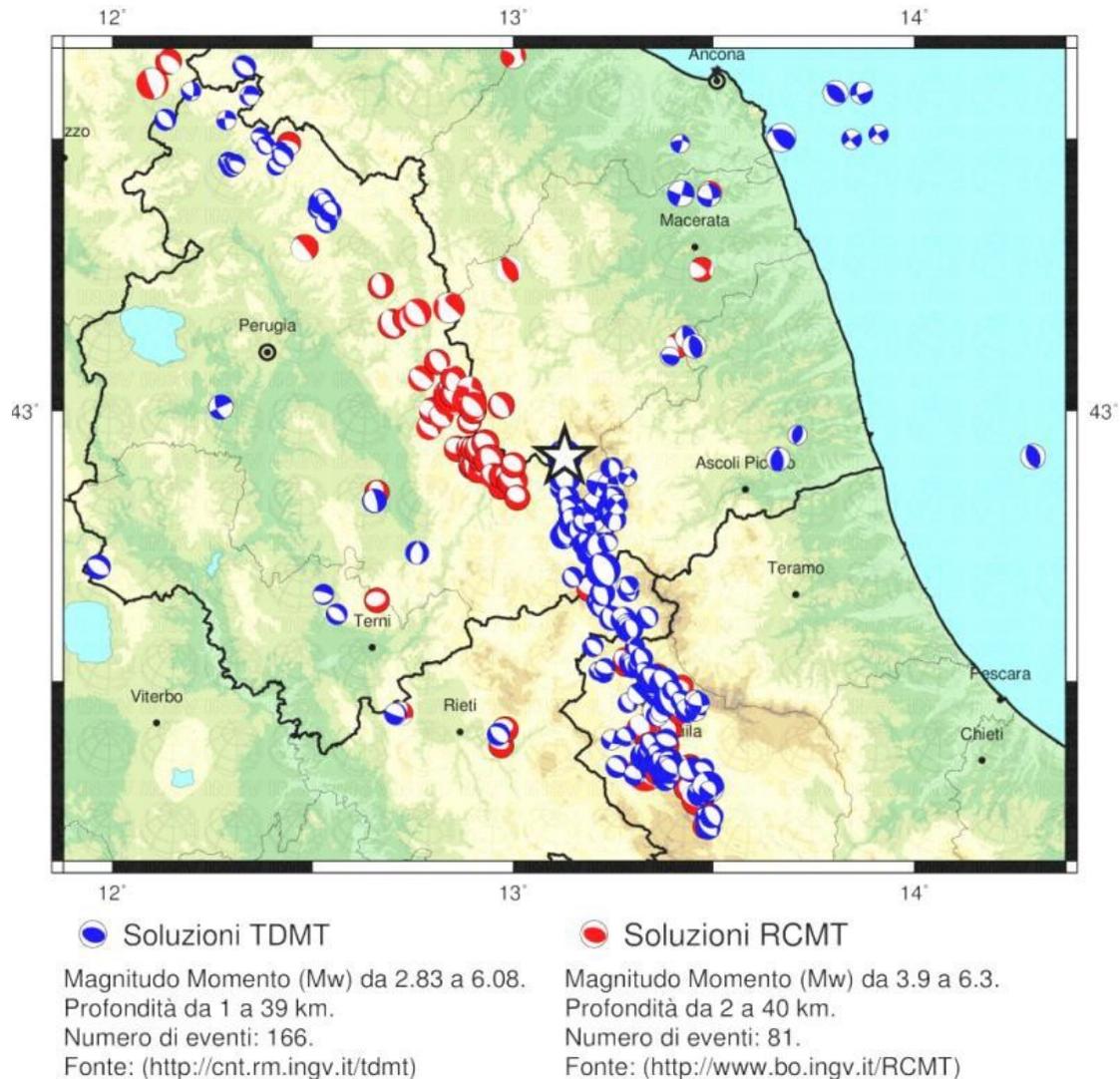
L'evento del 26 ottobre è stato generato dal segmento di Monte Bove Sud.

Il 30 ottobre, alle ore 7:40 locali, il terremoto di Mw 6.5 è stato invece generato dallo scorrimento di tutto il settore centrale della faglia, con un meccanismo focale normale su un piano orientato circa N155° e pendente in profondità meno di 50° verso WSW.

Il 26/10/2016 alle ore 21:18 (19:18:05 UTC) si è verificato un terremoto al confine tra la provincia di Macerata e quella di Perugia, con magnitudo locale (ML)

5.9 e magnitudo momento ( $M_w$ ) pari a 5.9, l'evento è stato seguito da numerose repliche di magnitudo minore.

La zona attivata il 26/10/2016 alle ore 21:18 è risultata adiacente a quella attiva nelle settimane precedenti, estendendo l'area attiva dalla zona di Visso verso nord di circa 10 km, fino al centro di Pieve Torina.



Si è trattato tratta di una faglia normale (estensionale) con piani di faglia paralleli alla direzione della catena appenninica corrispondente alla probabile attivazione di una nuova struttura, contigua con quella del 24 agosto 2016.

Le profondità ipocentrali calcolate dalla sala sismica INGV sono intorno a 8 km, mentre la posizione del centroide del TDMT è intorno ai 5 km.

La zona di Norcia e Visso è stata interessata in passato da forti terremoti, in particolare da terremoti di magnitudo stimata superiore a 6, come quello del 1328.

L'area interessata è adiacente a quella attiva nel 1997 (Colfiorito) che nella sua estensione meridionale aveva interessato Preci e Sellano. Di seguito la mappa dei meccanismi focali ricavati dai tensori momento sismico.

Tratto dalla "Relazione di dettaglio: Macerata Mw 5.9 del 2016-10-26 19:18:05 UTC; versione del 2016-10-26 ore 22:42:54 UTC. INGV".

Infine per quanto riguarda la sismicità recente di seguito viene riportato l'archivio dei terremoti avvenuti nel 2017, fino alla data di elaborazione della presente relazione, tratto dal sito <http://cnt.rm.ingv.it/> (archivio INGV centro nazionale terremoti).

<b>Magnitudo</b>	<b>Zona</b>	<b>Profondità</b>	<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>
Mw 4.0	3 km E Amatrice (RI)	8	42.62	13.33
Mw 4.0	4 km W Campotosto (AQ)	13	42.57	13.33
Mw 4.0	4 km NW Visso (MC)	8	42.95	13.05
Mw 4.0	5 km NW Visso (MC)	8	42.96	13.05
Mw 4.2	1 km E Monte Cavallo (MC)	7	42.99	13.02
Mw 4.0	1 km E Monte Cavallo (MC)	7	42.99	13.02
Mw 4.2	6 km N Montereale (AQ)	11	42.58	13.23
Mw 4.3	3 km S Amatrice (RI)	9	42.60	13.29
Mw 5.0	2 km N Barete (AQ)	10	42.47	13.28
Mw 4.1	3 km W Amatrice (RI)	11	42.62	13.26
ML 4.1	2 km E Montereale (AQ)	10	42.53	13.27
Mw 5.4	3 km SW Capitignano (AQ)	9	42.50	13.28
ML 4.0	5 km W Campotosto (AQ)	9	42.58	13.31
ML 4.6	2 km NE Montereale (AQ)	8	42.54	13.27
ML 4.7	2 km W Capitignano (AQ)	9	42.53	13.29
Mw 5.5	2 km NW Capitignano (AQ)	10	42.53	13.28
Mw 5.1	3 km NW Capitignano (AQ)	10	42.55	13.28

### 2.3. **Pericolosità sismica di base**

La pericolosità sismica di base è definita come la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti).

La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza.

Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

La pericolosità sismica di base costituisce pertanto una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di MS.

La pericolosità sismica dell'area oggetto d'indagine è al momento individuata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003.

<b>Zona sismica 2</b>	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.
-----------------------	---

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

<i>Zona sismica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]</i>	<i>accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]</i>	<i>numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)</i>

<b>1</b>	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$ag > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
<b>2</b>	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < ag \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.230
<b>3</b>	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < ag \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.815
<b>4</b>	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$ag \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.235

A seguito dell'ordinanza di cui sopra la classificazione sismica dei Comuni della provincia di Macerata è stata aggiornata con l'inserimento di tutti i comuni e la variazione di alcuni in classi superiori di pericolosità sismica.

Di seguito si riporta l'elenco completo.

Come si può notare il Comune di Mogliano è rimasto in seconda categoria.

# Macerata

COMUNE	Precedente classificazione (categoria)	Variazione	Attuale classificazione (zona)
ACQUACANINA	2 <sup>a</sup>	=	2
APIRO	2 <sup>a</sup>	=	2
APPIGNANO	2 <sup>a</sup>	=	2
BELFORTE DEL CHIANTI	2 <sup>a</sup>	=	2
BOLOGNOLA	2 <sup>a</sup>	=	2
CALDAROLA	2 <sup>a</sup>	=	2
CAMERINO	2 <sup>a</sup>	=	2
CAMPOROTONDO DI FIASTRONE	2 <sup>a</sup>	=	2
CASTELRAIMONDO	2 <sup>a</sup>	=	2
CASTELSANTANGELO SUL NERA	2 <sup>a</sup>	+1	1
CESSAPALOMBO	2 <sup>a</sup>	=	2
CINGOLI	2 <sup>a</sup>	=	2
CIVITANOVA MARCHE	2 <sup>a</sup>	=	2
COLMURANO	2 <sup>a</sup>	=	2
CORRIDONIA	2 <sup>a</sup>	=	2
ESANATOGLIA	2 <sup>a</sup>	=	2
FIASTRA	2 <sup>a</sup>	=	2
FIORDIMONTE	2 <sup>a</sup>	=	2
FIUMINATA	2 <sup>a</sup>	=	2
GAGLIOLE	2 <sup>a</sup>	=	2
GUALDO	2 <sup>a</sup>	=	2
LORO PICENO	2 <sup>a</sup>	=	2
MACERATA	2 <sup>a</sup>	=	2
MATELICA	2 <sup>a</sup>	=	2
MOGLIANO	2 <sup>a</sup>	=	2
MONTECASSIANO	2 <sup>a</sup>	=	2
MONTE CAVALLO	2 <sup>a</sup>	+1	1
MONTECOSARO	2 <sup>a</sup>	=	2
MONTEFANO	2 <sup>a</sup>	=	2
MONTELUPONE	2 <sup>a</sup>	=	2
MONTE SAN GIUSTO	2 <sup>a</sup>	=	2
MONTE SAN MARTINO	2 <sup>a</sup>	=	2
MORROVALLE	2 <sup>a</sup>	=	2
MUCCIA	2 <sup>a</sup>	+1	1
PENNA SAN GIOVANNI	2 <sup>a</sup>	=	2
PETRIOLO	2 <sup>a</sup>	=	2
PIEVEBOVIGLIANA	2 <sup>a</sup>	=	2
PIEVE TORINA	2 <sup>a</sup>	+1	1
PIORACO	2 <sup>a</sup>	=	2
POGGIO SAN VICINO	2 <sup>a</sup>	=	2
POLLENZA	2 <sup>a</sup>	=	2
PORTO RECANATI	2 <sup>a</sup>	=	2
POTENZA PICENA	2 <sup>a</sup>	=	2
RECANATI	2 <sup>a</sup>	=	2
RIPE SAN GINESIO	2 <sup>a</sup>	=	2
SAN GINESIO	2 <sup>a</sup>	=	2
SAN SEVERINO MARCHE	2 <sup>a</sup>	=	2
SANT'ANGELO IN PONTANO	2 <sup>a</sup>	=	2
SARNANO	2 <sup>a</sup>	=	2
SEFRO	2 <sup>a</sup>	=	2
SERRAPETRONA	2 <sup>a</sup>	=	2
SERRAVALLE DI CHIANTI	2 <sup>a</sup>	+1	1
TOLENTINO	2 <sup>a</sup>	=	2
TREIA	2 <sup>a</sup>	=	2
URBISAGLIA	2 <sup>a</sup>	=	2
USSITA	2 <sup>a</sup>	=	2
VISSO	2 <sup>a</sup>	+1	1

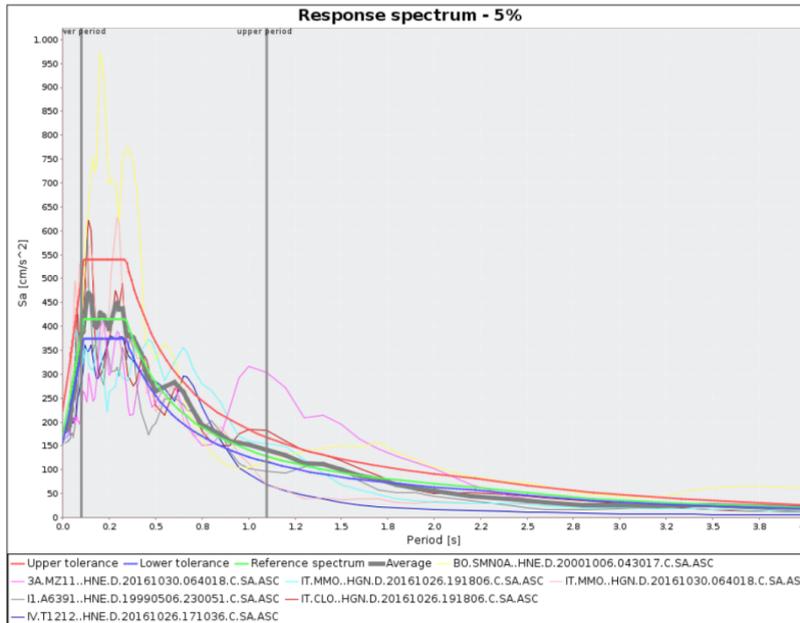
Nel comune di Mogliano non ci sono stazioni sismiche delle reti:

La stazione di rilevamento più vicina è posta nel Comune di Loro Piceno (<http://itaca.mi.ingv.it/>).

Gli accelero grammi utilizzati nel presente lavoro sono stati forniti del Centro MS e vengono di seguito riportati:

**MARCHE2 - MOGLIANO (475yrs)**

Mon Jul 03 16:53:02 CEST 2017

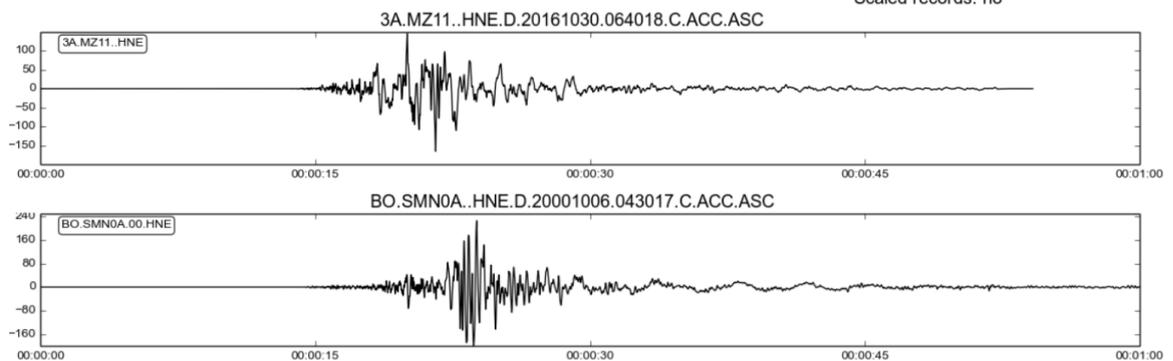


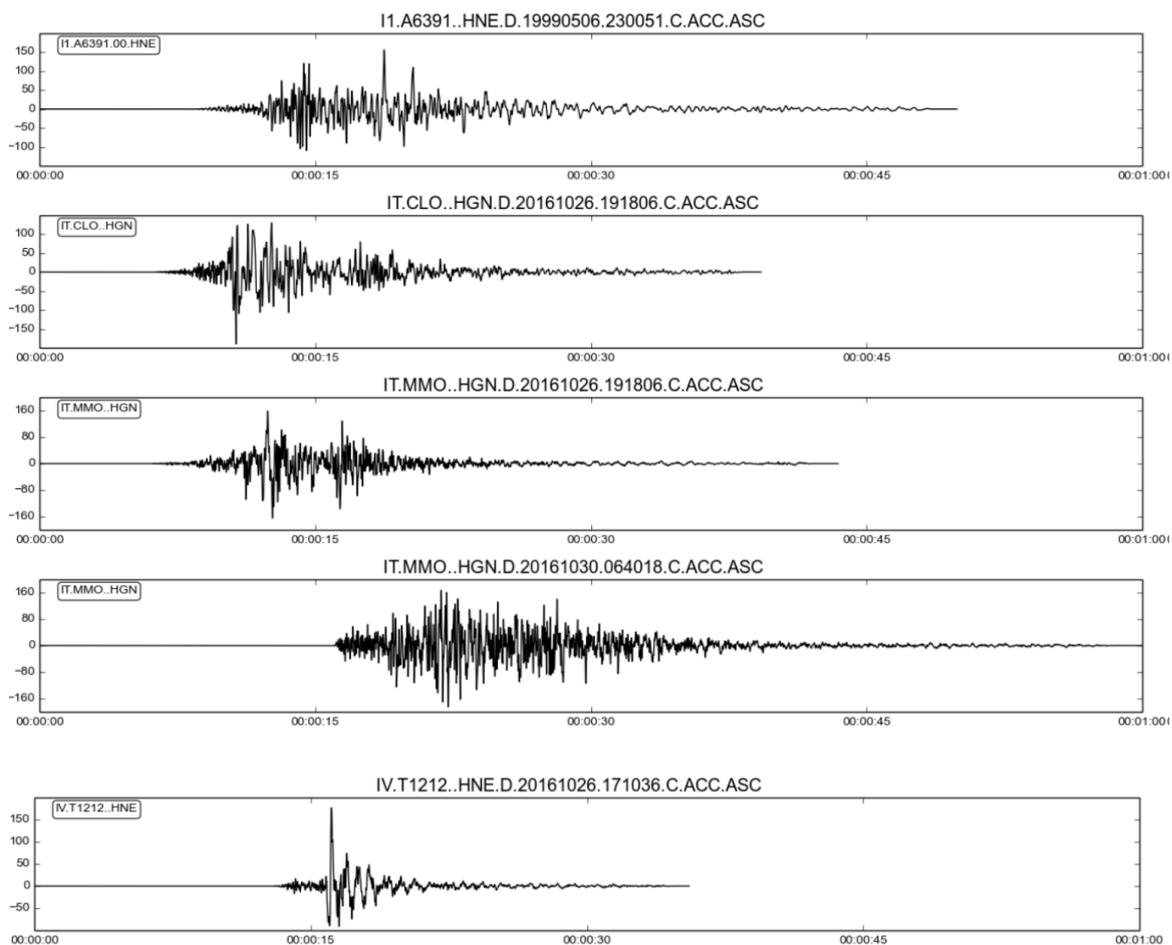
Target spectrum  
 =====  
 Latitude: 43.186  
 Longitude: 13.48082  
 Site classification: A  
 Topography: 1  
 Nominal life [years]: 50  
 Building functional type (Cu): 1.0  
 Limit state probability : 0.1

Preliminary record search  
 =====  
 Station site classification: A,A\*  
 Magnitude min: 4.7  
 Magnitude max: 6.1  
 Types of magnitude considered: WL  
 Epicentral distance min [km]: 5.0  
 Epicentral distance max [km]: 45.0  
 Include late trigger events: no  
 Include analog recordings: yes

Analysis options  
 =====  
 Period range min [s]: 0.1  
 Period range max [s]: 1.1  
 Tolerance below average [percent]: 10.0  
 Tolerance above average [percent]: 30.0  
 Scaled records: no

Scaled records: no





Per quanto riguarda le faglie sismogenetiche è stato consultato il sito <http://diss.rm.ingv.it/diss/> che riporta il database delle faglie sismogenetiche realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Dalla cartografia si osserva che il comune in oggetto ricade all'interno di un'area sismogenetica "*composite seismogenic source*" denominata "Bore-Montefeltro-Fabriano- Laga".

Inoltre emerge che a nord del comune di Bolognola è presente una sorgente sismogenetica singola "*Individual seismogenic source*" denominata "Sarnano"

Di seguito viene indicata l'ubicazione di suddette aree sismogenetiche e le informazioni essenziali desunte dal database citato.



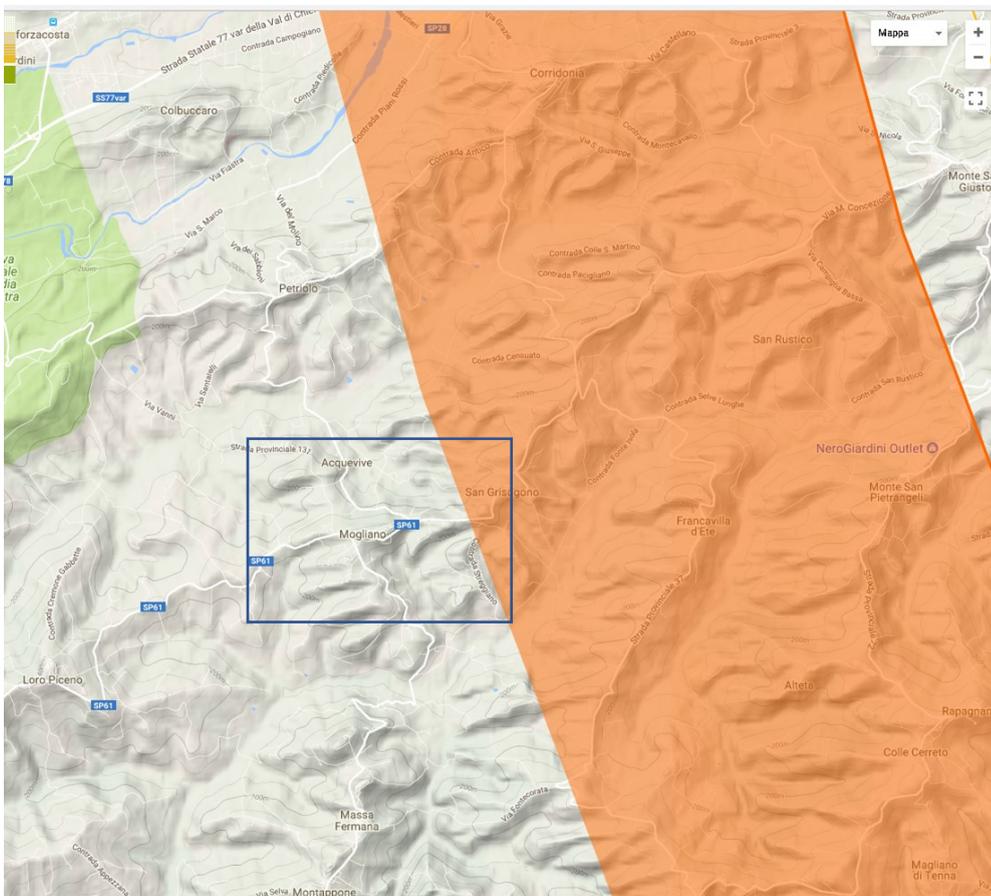
**DISS 3.2.0**

- Active Faults
- Active Folds
- Individual Seismogenic Sources
- Composite Seismogenic Sources
- Debated Seismogenic Sources
- Subduction Zones
- Area of relevance

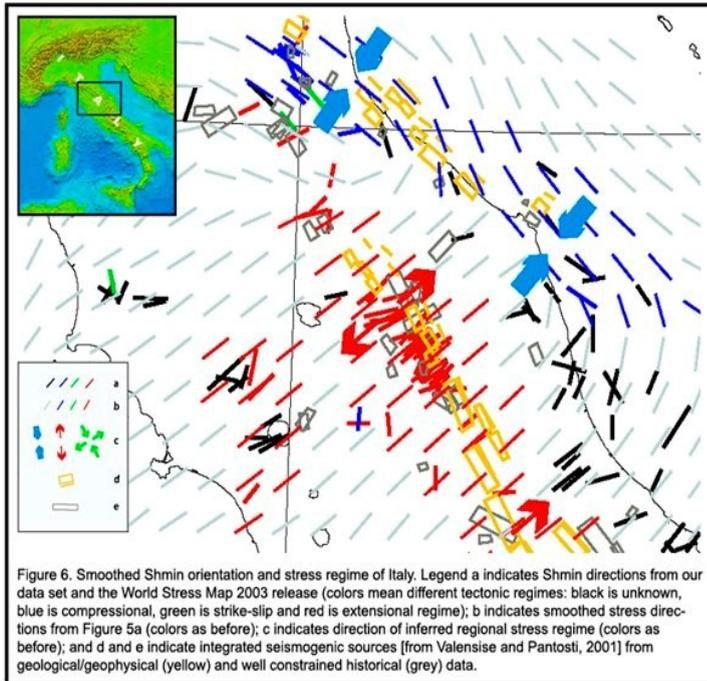
0 120 240 360 480 600  
slab depth (km)

Except where otherwise noted, content on this site is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) licence.

[Contact us](#) to request additional permissions to use the work granted by this license.



*Individuazione delle fonti sismogenetiche composte rispetto all'are di studio.*



*Rappresentazione dell'orientamento levigato e regime di stress*

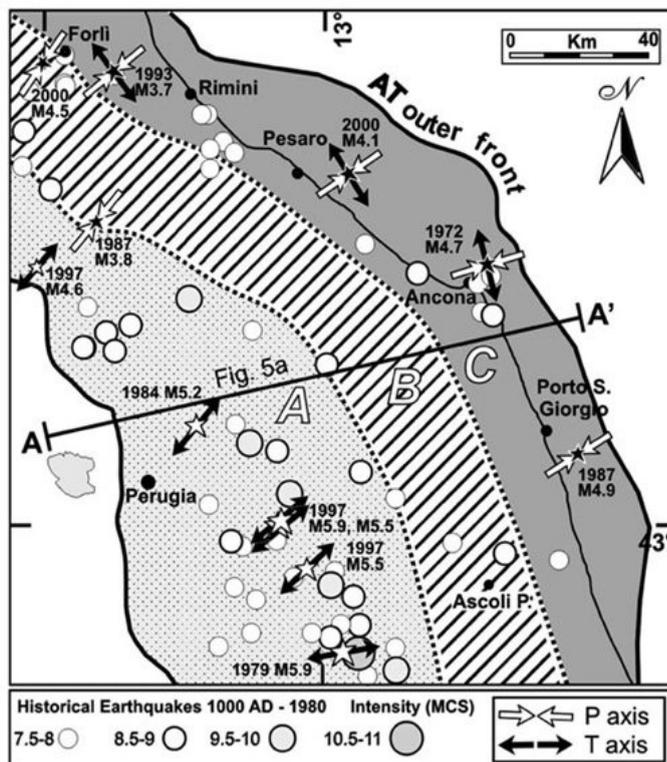


fig. 3. Seismotectonic zoning of central-eastern Italy (modified after Lavecchia et al., 1994; Lavecchia et al., 2002a; see fig. 1 for location). Key: zone A=upper crust extension; zone B=upper crust extension and upper part of the lower crust contraction, zone C=upper crust contraction; circles=historical earthquakes with Intensity of the Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) scale 15/7 (data from Gruppo di Lavoro CPTI, 1999); stars=recent (1972-2002) instrumental earthquakes with magnitude M5.7 for which reliable hypocentral location and focal mechanisms are available (data from Gasparini et al., 1985, 1989; Riguzzi et al., 1989; Harvard CMT catalogue at [www.seismology.harvard.edu](http://www.seismology.harvard.edu); Mednet regional CMT catalogue [t.mednet.ingv.it](http://t.mednet.ingv.it); Frepoli and Amato, 1997; Borracini et al., 2002); arrows=P- and T-axes from focal mechanism (one white arrow indicates reverse solution, one black arrow indicates normal solution, two arrows, one white and one black, indicate strike-slip solution).

**Indicazione delle zone sismogenetiche. La zona B in particolare è una zona di estensione della crosta superiore e contrazione della crosta inferiore.**

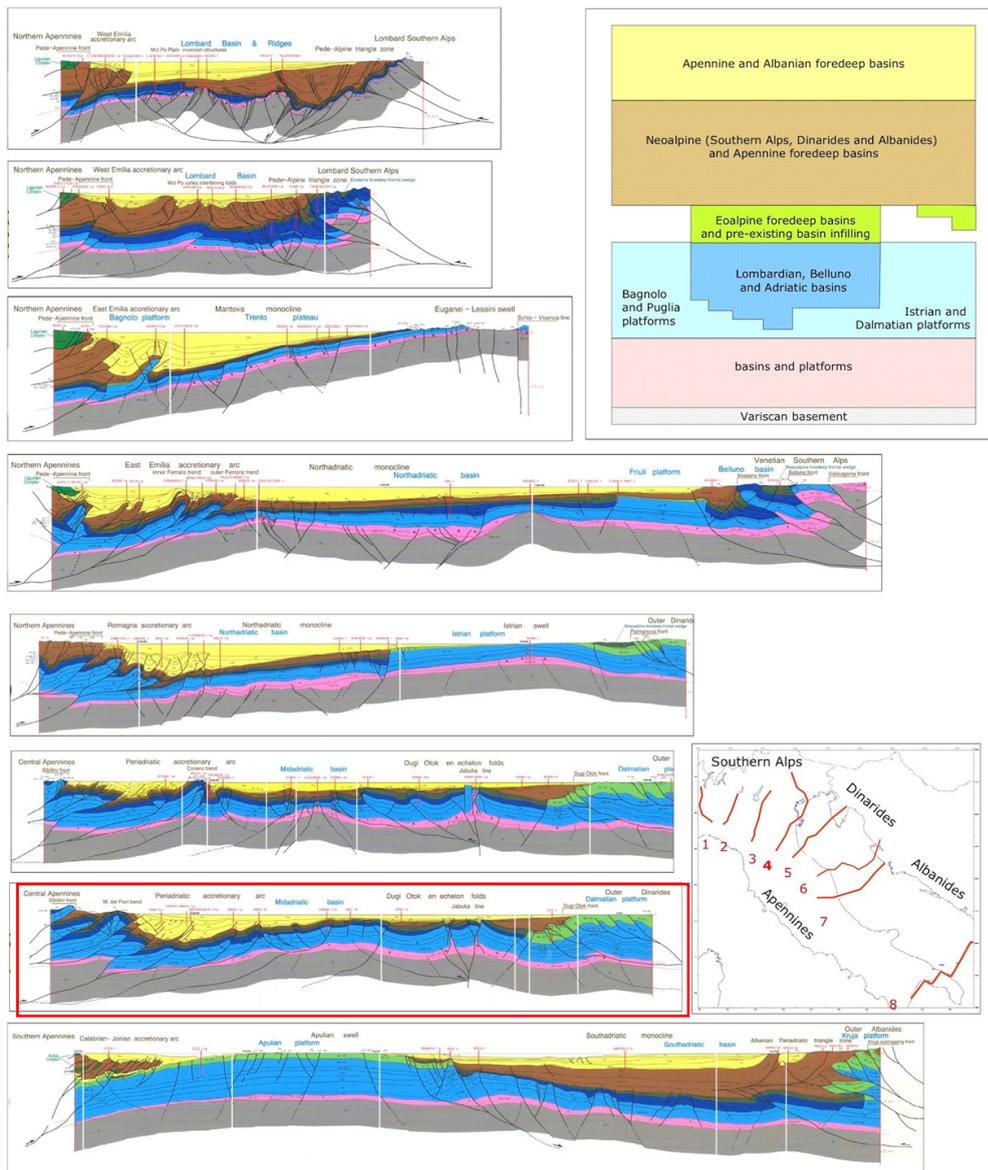


Fig. 3 – Geological section across Po Plain and Adriatic sea (vertical exaggeration 2:1)

**Nella sezione selezionata si può notare una certa estensione della porzione superiore della crosta terrestre e una contrazione di quella inferiore.**



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**

**Database of Individual Seismogenic Sources**



DISS version 3

User: Guest | [LOGIN](#)

[HOME](#)
[MAP](#)
[SEARCH](#)
[HELP](#)

**COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES** ?

[COMMENTARY](#) ▼
[PICTURES](#) ▼
[REFERENCES](#) ▼
[USER COMMENTS](#) ▼

**GENERAL INFORMATION**

<b>DISS-ID</b>	ITCS020
<b>Name</b>	Southern Marche
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1), Fracassi U.(1), Mariano S.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1), Fracassi U.(1), Mariano S.(1)
<b>Affiliation(s)</b>	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
<b>Created</b>	08-Jan-2005
<b>Updated</b>	21-Apr-2010

**Display map ...** 

**Related sources** [ITIS070](#)

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
<b>Min depth [km]</b>	3.0	OD Based on structural geology and geodynamic constraints.
<b>Max depth [km]</b>	9.0	OD Based on structural geology and geodynamic constraints.
<b>Strike [deg] min... max</b>	150...170	OD Based on geological constraints and seismic reflection profiles.
<b>Dip [deg] min... max</b>	30...50	OD Based on geological constraints and seismic reflection profiles.
<b>Rake [deg] min... max</b>	80...100	EJ Inferred from geological data.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1...0.5	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	5.9	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;

**ACTIVE FAULTS**

**ACTIVE FOLDS**

**COMMENTARY**

**COMMENTS**

This composite source straddles the region from the cities of Macerata (to the northwest) toward Teramo (to the southeast) and is the southernmost part of the Umbro-Marche Apennines outer onshore thrust. This front is the E- to NE-verging fault system at the eastern border of the Northern Apennines chain, parallel to the Marche coast.



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

#### 3.1. *Inquadramento geologico*

I terreni che sono stati rilevati nel corso del rilevamento di campagna e sulla base della carte relative al progetto CARG e delle carte geologiche del PRG comunale possono essere raggruppati nel modo seguente:

a1) ALLUVIONI TERRAZZATE DEL III° E IV° ORDINE: depositi sabbioso siltosi con scarsi elementi clastici grossolani costituiti essenzialmente da ciottoli arenacei e più raramente calcarei.

a2) ALLUVIONI TERRAZZATE DEL I° E II° ORDINE: questi depositi sono stati ritrovati esclusivamente lungo il versante sinistro del Torrente Ete Morto. Questi depositi, presenti con spessori di circa un metro, sono caratterizzati da ghiaie con ciottoli prevalentemente calcarei e silicei anche i grosse dimensioni (fino a 45 cm.), sparse su superfici orizzontali e/o sub-orizzontali e da sabbie più o meno limose.

b1) DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI PREVALENTEMENTE SILTOSO-ARGILLOSI: questi sono costituiti da silt, argilla e subordinatamente sabbia, con abbondanti concrezioni carbonatiche e orizzonti di paleosuoli grigio-nerastri.

b2) DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALE PREVALENTEMENTE SABBIOSO-SILTOSI E/O SILTOSO-SABBIOSI: questi sono costituiti da sabbia, silt e subordinatamente da argilla. Localmente prevale la sabbia.

c) ASSOCIAZIONE PELITI LAMINATE SOTTILMENTE STRATIFICATE: questo litotipo presenta strati molto sottili (1-3cm) e sottili (3÷10cm) di argille marnose e/o siltose con veli siltoso-sabbiosi sui punti di stratificazione (litofacies pelitica). Sono a luoghi presenti sabbie fini in singoli strati sottili e molto sottili (litofacies pelitica-arenacea). Sono spesso fossilifere e vi si rinvengono, in livelli e orizzonti, ciottoli sparsi ben

arrotondati di dimensioni fino a 10÷15cm costituiti da calcari grigi e nocciola e subordinatamente da clasti silicei (litofacies pelitica-conglomeratica).

d) LITOFACIES PELITICO-ARENACEA: strati molto sottili (1-3cm) e sottili (3÷10cm) di sabbia da media-fine a finissima, alternati ad argille in strati molto sottili e subordinatamente sottili. Rapporto arenacea/pelite >1.

e) LITOFACIES PELITICA: argille marnose siltose spesso intensamente fratturate, di color grigio e grigio azzurrognolo, di aspetto massivo.

f) ASSOCIAZIONE ARENACEO-PELITICA: è costituita da strati sottili (3-10cm), medi (10-30cm) e subordinatamente molto sottili (1-3cm) di sabbie generalmente da medie a fine, spesso cementate alternati a strati molto sottili (1-3cm) e sottili di argille marnose e/o siltose (litofacies arenaceo-pelitica). Si sono rinvenute a volte lenti di conglomerati a riempimento di canali d'erosione (litofacies conglomeratica). Il rapporto arenaria/pelite è sempre >>1.

g) ASSOCIAZIONE ARENACEO-PELITICA AD ALTO RAPPORTO A/P: strati sottili (3-10cm), medi (10-30cm) e spessi (30-100cm) di sabbie a volte cementate, alternati a strati molto sottili (1-3cm) e più raramente sottili (3-10cm) di argille marnose e/o siltose (litofacies arenacea-pelitica ad alto rapporto a/p). A luoghi si osservano strati spessi di sabbia, separati da sottili e discontinui livelli pelitici (litofacies arenacea). Lenti di conglomerati costituiti da clasti calcarei e subordinatamente silicei (litofacies conglomeratica) caratterizzano l'associazione affiorante a W di Mogliano in località la Caccia e a SE di quest'ultima.

h) ARGILLE MASSIVE: argille marnose, subordinatamente siltose, di color grigio-azzurrognolo e azzurrognolo, di aspetto massivo molto fratturate. La stratificazione è quasi sempre assente.

i) **ARGILLE A COLOMBACCI:** argille marnose e siltose di colore grigio scuro e grigio azzurro, con frequenti veli siltosi bruno ocracei. I caratteristici livelli calcarei tipo "Colombacci", sono stati riconosciuti in tutta l'area di affioramento, ad eccezione della località la Commenda dove si rinvengono intercalazioni di strati arenacei sottili e medi, cementati.

### **3.2. Assetto geomorfologico**

#### **3.2.1. Premessa.**

Nell'area studiata si nota una generale conformità tra elementi geologici e geomorfologici (All.3). Infatti è quasi sempre presente la tipica asimmetria da monoclinale (ad eccezione dell'area interessata dalle argille a Colombacci) con i versanti a reggipoggio acclivi e quelli a franapoggio (con strati aventi generalmente una pendenza prossima a quella del pendio) più dolci e quasi sempre interessati da coperture eluvio-colluviali aventi spessori anche notevoli, dell'ordine di 20÷30m.

La presenza di orizzonti a diversa litologia hanno dato luogo a processi di erosione selettiva producendo quelle rotture morfologiche (anomalie del profilo di versante) che mettono in risalto gli orizzonti più coerenti a prevalente composizione arenacea. Tuttavia alcune eccezioni a tale assetto morfologico sono costituite da rilievi in cui si ritrova una spessa copertura eluvio-colluviale a volte debolmente cementata. Questa copertura testimonia l'esistenza di un paesaggio antico successivamente modificato.

La tettonica ha decisamente condizionato l'assetto morfologico dell'area del reticolo idrografico. Esso segue dei trends preferenziali, ricorrenti nelle faglie e nei Joints alcuni lineamenti morfologici interpretabili come probabili scarpate di linea di faglia.

#### **3.2.2. Forme terrazzate.**

Lungo i due corsi d'acqua, T. Ete Morto e T. Cremona, sono state riconosciute le 4 unità alluvionali terrazzate, sospese le une sulle altre; il I° e II° ordine sono presenti solo lungo la valle del T. Ete Morto come lembi residuali di

esiguo spessore (1m).

Tali depositi sono costituiti da ghiaie sabbiose-siltose che sono (depositi del I° ordine) a contatto erosivo con il substrato. Questi due ordini terrazzati si trovano a q. 165-130 m. il I° e a quota 135-115 m. il II° (sul livello del mare) procedendo da monte verso valle.

Il III° e IV° ordine di terrazzi sono costituiti prevalentemente da sedimenti sabbiosi-siltosi; per quanto riguarda il T. Ete Morto sono presenti sacche e/o lenti di ghiaie.

L'unità terrazzata più estesa è quella del III° ordine, che si estende anche nelle valli degli affluenti principali.

Nel fosso Pisciaroni i lembi del III° ordine terrazzato risultano sospesi di 30m circa rispetto a quelli del T. Ete Morto; ciò è dovuto, molto probabilmente, agli sbarramenti subiti dal fosso per frane staccatesi principalmente dal versante W.

### 3.2.3. *Superfici residuali*

In corrispondenza delle due valli principali, sono presenti lembi di superfici d'erosione fluviale e superfici d'accumulo, sub orizzontali e orizzontali, spesso correlabili con le diverse unità terrazzate. Nell'area sono presenti anche lembi di superfici d'erosione e/o più raramente d'accumulo (paleosuperfici) posti a volte su crinali di colline. Essi fanno parte molto probabilmente dei vari stadi d'evoluzioni geomorfologica della regione.

I lembi delle superfici d'erosione fluviale, d'accumulo e le paleosuperfici costituiscono aree molto stabili dal punto della fenomenologia gravitativa.

### 3.2.4. *Movimenti di massa.*

Molto diffusi sono i fenomeni franosi, soprattutto in corrispondenza di litologie più pelitiche e di spesse coperture eluvio-colluviali. Questi movimenti gravitativi risultano molto evidenti nella fascia occidentale in corrispondenza delle litologie pelitiche, e in quella più orientale dove sono abbondanti le coperture eluvio colluviali di natura prevalentemente argillosa.

Le superfici di scivolamento interessano quasi sempre il substrato, che in alcuni casi affiora sia nei corpi di frana che nelle corone di distacco.

Queste frane hanno spesso movimenti lenti e continui, con picchi nelle stagioni più piovose; raramente sono quiescenti.

Nella fascia centrale dell'area e in particolare in prossimità dell'abitato, vi sono molte frane in lenta attività (si veda anche cartografia IFFI e PAI).

Si nota che tali movimenti franosi sono spesso associati a particolari condizioni geologiche, morfologiche e idrogeologiche: falde idriche in pressione; strati a franapoggio; coperture eluvio colluviali a permeabilità variabile; versanti con notevoli acclività.

Le frane attive per colamento interessano più spesso le coperture eluvio-colluviali. Diffusi sono il soliflusso e la reptazione; il secondo è dovuto soprattutto all'intensa attività agricola e alla quasi assente copertura vegetale spontanea.

#### 3.2.5. *Processi erosivi.*

Molto intensi sono i processi di erosione superficiali, a causa della diffusa attività antropica. Nel territorio sono presenti: il ruscellamento diffuso; tratti di alvei in erosione; piane di esondazione; accumuli di fango per ruscellamento diffuso; canali a solchi artificiali in periodico approfondimento. Sviluppato è il ruscellamento concentrato, lungo fossi anche piuttosto incisi, e che costituiscono spesso, insieme alle scarpate, gli unici cordoni a vegetazione spontanea. La rete idrografica è distribuita secondo andamenti monoclinali e anaclinali.

#### 3.2.6. *Attività antropica.*

L'area è interessata, come già più volte accennata, da un'intensa attività antropica, soprattutto di tipo agricolo.

Infatti, il territorio è quasi interamente soggetto a coltivazioni praticate mediante aratura profonda eseguita quasi esclusivamente a ritocchino, che oltre ad aumentare la permeabilità ne favorisce il ruscellamento secondo la direzione dei solchi.

Esistono poi numerosi sbancamenti e riporti di materiali, discariche di detrito, versanti a gradoni. Lungo le strade e in prossimità delle abitazioni si hanno muri di sostegno, gabbionate e palificate.

Numerosissime sono le scarpate antropiche (>2m) coincidenti spesso con limiti di proprietà e/o di coltivazione. In alcuni casi tali scarpate possono coincidere con antiche nicchie di distacco e/o gradini di frana, accentuate e modellate poi dall'attività agricola (con conseguente accumulo a monte e scalzamento alla base). Pochi e di piccole dimensioni sono i laghi artificiali, in genere posti nelle valli lungo i fossi e più raramente a mezza costa.

### **3.3. Assetto stratigrafico**

L'assetto stratigrafico del territorio è stato rappresentato in precedenza al punto 3.1 e successivamente al punto 3.4.

### **3.4. Elementi tettonici**

Le unità litostratigrafiche plioceniche costituiscono una monoclinale immergente a E-NE di circa 10°. Tale monoclinale è dislocata da faglie tra le quali le principali hanno andamento NW-SE. Subordinate a queste si hanno faglie ad andamento NE-SW, N-S e E-W. Tra le prime, le più evidenti sono: quella che pongono a contatto le Argille a Colombacci (i) (Messiniano sup.) con le Argille Massive del Pliocene inferiore-medio (h), seguibile lungo l'allineamento tra Commenda-Cigliare e il margine occidentale dell'area comunale; la faglia seguibile lungo l'allineamento S. Martino - Zoccolanti probabilmente ha dislocato l'Associazione arenaceo-pelitica ad alto rapporto A/P (g) presente nel centro storico di Mogliano, ribassandola verso NE di circa 20m; la faglia che pone a contatto tettonico l'Ass. Arenaceo-pelitica (f) con le Peliti stratificate (c) e la Litofacies pelitica-arenacea (d) in località S. Anna.

Dette faglie, da osservazioni principalmente stratigrafiche possono considerarsi come normali e ribassanti a NE. Esse individuano, nella

porzione centro meridionale dell'area, quattro blocchi principali, a loro volta disarticolati da faglie ad andamento NE-SW, N-S e E-W.

Per quanto riguarda le faglie ad andamento NE-SW, vanno segnalate le seguenti; quella a S-E di la Caccia; la faglia a E di la Marsa; quella in contrada Vanni; quelle rinvenibili in località Madonna dei Prati e case Luchetti, che separano tre blocchi via via ribassati verso S-E.

La Formazione delle argille a Colombacci, affiorante nella porzione occidentale dell'aria rivelata, costituisce qui l'unità litostratigrafica più recente della successione UMBRO-MARCHIGIANA coinvolta negli elementi strutturali della catena (pieghe e sovrascorrimenti) sepolti dalla successione Plio-pleistocenica.

La successione marina, ad esclusione delle argille a Colombacci, è riferita al Pliocene medio-superiore (ELIO CATALINI 1988, Rivelamento geologico dei terreni plio-pleistocenici compresi tra il fiume Potenza e il fiume Tenna, Zona Meridionale), andando naturalmente da W verso E.

Riguardo le faglie attive e capaci è stato consultato il catalogo on-line ITHACA, tramite il portale del Servizio Geologico d'Italia, GeoMapView-2 (<http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html>). Il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano

Per il Comune di Mogliano il suddetto catalogo ITHACA, nella versione più aggiornata, non indica alcun elemento tettonico attivo (dicembre 2017)

ArcGIS ▾ ITHACA Project - ITaly HAZard

Dettagli | Mappa di base |

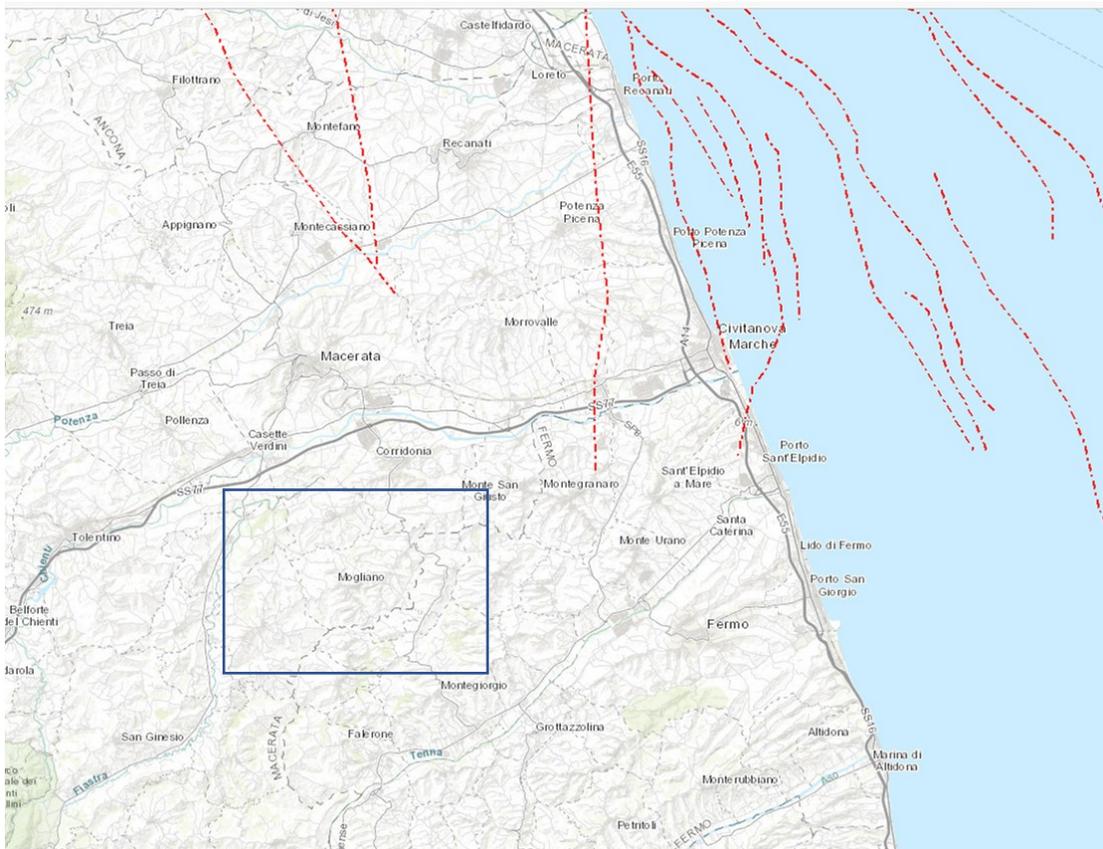
Informazioni | Contenuti | Legenda

**Legenda**

**ITHACA Project - ITaly HAZard from CApable faults**

ITHACA\_Faglie

- Normale
- Normale obliqua dx
- Normale obliqua sx
- N.D.
- Obliqua normale dx
- Obliqua normale sx
- - - Obliqua inversa
- - - Inversa
- - - Inversa obliqua



### **3.5. Considerazioni finali sull'architettura stratigrafica e sull'assetto morfologico e strutturale**

In conclusione l'architettura stratigrafica del comune di Mogliano, descritta nei paragrafi precedenti, risulta essere particolarmente delicata ai fini della definizione della risposta sismica locale.

In particolare la presenza di una coltre eluvio colluviale con caratteristiche geotecniche e sismiche abbastanza mediocri su un substrato geologico argilloso e sabbioso posto a profondità variabili anche piuttosto modeste (da pochi metri fino a circa 20 m) determina una condizione potenzialmente molto severa in termini di amplificazione del moto sismico in termini di ampiezza e contenuto in frequenze.

## 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

### 4.1. *Dati pregressi*

Il modello geologico del sottosuolo è stato ricostruito attraverso gli studi eseguiti in passato sul territorio comunale in occasione di indagini inerenti e della stesura delle carte Geologico-Tecnica e MOPS di primo livello.

In totale sono stati raccolti i dati che si riferiscono a n° 91 siti puntuali (indagini geognostiche, di laboratorio, geofisiche) e n° 1 siti lineari (indagini di tipo geofisico), del periodo 1983/2015.

Ai fini di una caratterizzazione geotecnica a grande scala e con caratteristiche di uniformità e ripetibilità del dato, i terreni sono stati classificati valutandoli sulla base litologica e di prove in sito e di laboratorio.

1)DEPOSITI ALLUVIONALI: in questo litotipo sono ricompresi tutti i terreni alluvionali terrazzati e descritti nella litologia alle voci a1) e a2). I terreni alluvionali sono in genere costituiti da elementi argillosi limosi e sabbiosi e con rari orizzonti ghiaiosi che conferiscono ai depositi caratteristiche geomeccaniche mediocri e, localmente, anche scadenti. I valori geomeccanici orientativi relativi ai terreni alluvionali, possono essere così schematizzati:

Peso di volume	$\gamma = 1,9$	g/cm <sup>3</sup> .
Coesione non drenata	$c_u = 0,7$	kg/cm <sup>2</sup>
Coesione drenata	$c' = 0,06$	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito	$\phi' = 18-22$	gradi

2)COPERTURA ELUVIO-COLLUVIALE: in questo litotipo sono stati inseriti quei litotipi che costituiscono le coltri di copertura. Queste sono prive di struttura interna e con caratteristiche meccaniche assai simili, ma anche estremamente variabili da zona a zona a seconda delle condizioni idrologiche locali. Indicativamente sono qui di seguito riportati i valori geomeccanici ricavati da prove in laboratorio effettuate su campioni di terreno.

Limiti di Atterberg	IP = 14-20
Peso di volume	Y = 1,95-2,1 g/cmc.
Coazione non drenata	Cu = 0,7-3 kg/cmq
Coazione drenata	c' = 0,1-0,2 kg/cmq
Angolo di attrito	Fi' = 20-26 gradi

3)UNITA' ESSENZIALMENTE PELITICO-ARENACEA: costituita da litotipi c) e d) e caratterizzata dalla presenza di argille con orizzonti sabbiosi. Le caratteristiche geomeccaniche di questi terreni risultano, da prove effettuate in laboratorio su campioni di terreno, orientativamente le seguenti:

Limiti di Atterberg	IP = 15
Peso di volume	Y = 2,0-2,1 g/cmc.
Coazione non drenata	Cu = 0,7-3 kg/cmq
Coazione drenata	c' = 0,5 kg/cmq
Angolo di attrito	Fi' = 21-22 gradi

4)UNITA' PREVALENTEMENTE ARENACEO-PELITICA: costituita dai litotipi f) e g) e caratterizzata dalla presenza di sabbie più o meno cementate con in subordine straterelli argillosi. I caratteri geomeccanici di questi sedimenti possono essere indicativamente i seguenti:

Limiti di Atterberg	IP = 11
Peso di volume	Y = 1,84 g/cmc.
Coazione non drenata	Cu = 1,2 kg/cmq
Coazione drenata	c' = 0,04-0,2 kg/cmq
Angolo di attrito	Fi' = 22-31 gradi

5)PELITI MASSIVE: costituite dai litotipi e) e h) e costituite esclusivamente da argille marnose e siltose massive, spesso molto fratturate. I caratteri geomeccanici indicativi sono i seguenti:

Peso di volume	Y = 2,1 g/cmc.
Coazione non drenata	Cu = 1,5 kg/cmq
Coazione drenata	c' = 0,2-0,4 kg/cmq
Angolo di attrito	Fi' = 23 gradi

Per quanto riguarda le indagini geofisiche reperite nel corso della raccolta indagini del 2015 il quadro delle velocità delle onde sismiche delle onde SH che ne era emerso era così schematizzato (sintesi):

UNITA' GEOLOGICA	VELOCITA' ONDE SH
Depositi alluvionali	Non valutati per mancanza di dati
Copertura eluvio-colluviale	160÷390 m/s
Substrato geologico arenaceo pelitico e pelitico-arenaceo ALTERATO	395÷480
Substrato geologico pelitico ALTERATO	400÷430
Substrato geologico arenaceo pelitico e pelitico-arenaceo INTEGRO	480÷600
Substrato geologico pelitico INTEGRO	450÷560

#### **4.2. Dati acquisiti ex-novo**

Nella fase attuale di studio sono stati inseriti nuovi elementi:

- Acquisizione parametri geofisici mediante Down-Hole;
- Acquisizione parametri geotecnici e geofisici mediante analisi su campione di terreno;
- Acquisizione parametri geofisici lineari mediante esecuzione di n.4 prove MASW
- Acquisizione parametri geofisici puntuali mediante esecuzione di n. 11 prove HVSR
- Reperimento parametri geofisici puntuali mediante acquisizione di n. 1 prova HVSR presso l'UT. Comunale.
- n. 7 accelerogrammi (cfr.2.2) dati input.

Tutti i dati puntuali e lineari sono stati informatizzati, collegati al database e consultabili in formato pdf allegati all'interno della cartella indagini - documenti.

I nuovi dati geofisici eseguiti ex-novo hanno permesso una valutazione di dettaglio della risposta sismica locale delle varie zone individuate nel corso del primo livello di indagine, e hanno contribuito alla loro modifica. Il nuovo schema

delle velocità è riportato direttamente nel capitolo successivo a seconda dell'unità geologico-tecnica individuata in accordo con gli standard normativi.

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS

### 5.1. *Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione*

Il modello geologico del comune in esame è stato costruito mediante: le correlazioni litostratigrafiche tra le indagini puntuali e lineari reperite sul territorio, il confronto con le cartografie geologiche esistenti (Carta Geologica Regionale in scala 1:10000- progetto CARG ; progetto IFFI, Carta Geologica allegata al vigente strumento urbanistico, Cartografie di Piani attuativi); l'integrazione dei dati dei sondaggi e delle cartografie con rilievi diretti di campagna anche eseguiti ex-novo per il presente studio di terzo livello ed il confronto con i rilievi svolto dai tecnici del Centro MS.

Il risultato di questo modello è stato in parte già descritto nel precedente capitolo 3.0; ai fini della microzonazione sismica ed in accordo con quanto previsto dagli standard di rappresentazione e archiviazione informatica (v. 4.0 b) le unità geologiche prima descritte sono confluite nelle seguenti unità geologico-tecniche:

#### COPERTURE:

- Terreno vegetale: **PT**, torbe ed altre terre fortemente organiche,
- Riporto: **RI**, terreni contenenti resti di attività antropica
- Depositi alluvionali terrazzati: rappresentano l'unione delle unità a1) ed a2) descritte in precedenza; si evidenzia che tali materiali insistono nelle zone di fondovalle attraversate dai Torrenti Ete Morto e Cremona; coprono limitate zone pianeggianti prevalentemente costituite da alluvioni fini o finissime con rare intercalazioni ghiaiose e sabbiose; in particolare si hanno:
  - **ML**: limi inorganici, sabbie fini limose e argillose, limi argillosi

di bassa plasticità;

- **SM:** sabbie limose, miscela di sabbia e limo;
  - **GP:** ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia.
- Depositi eluvio-colluviali: le zone periferiche meridionali rispetto al Capoluogo e le zone delle località “San Pietro” e “Macina” sono caratterizzate dalla quasi totale prevalenza delle coperture eluvio colluviali costituite prevalentemente da limi argilloso-sabbiosi o argille limoso-sabbiose:
    - **ML:** corrispondenti qui all’unità b2) del capitolo 3 e trattasi sempre di limi inorganici, sabbie fini limose e argillose, limi argillosi di bassa plasticità;
    - **CL:** argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose e sabbiose, argille magre corrispondenti all’unità b1) descritta in precedenza.

**SUBSTRATO GEOLOGICO:** il substrato è nella zona costituito da depositi marini che sui rilievi sono quasi sempre in affioramento con frazione grossolana e fine in aumento verso oriente. Spesso sono stratificati in sottili straterelli e piccoli banchi soprattutto nella zona del capoluogo; si possono distinguere:

- **ALS:** substrato costituito da un alternanza di litotipi corrispondente alle associazioni arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee prima descritte (unità d) f) e g))
- **CO:** substrato geologico coesivo sovraconsolidato (unità pelitiche massive non stratificate)

Le unità delle argille a colombacci ed il substrato pelitico stratificato, sebbene presenti nel comune non rientrano nelle zone delimitate per il

presente studio.

Inoltre, si fa presente che a tetto delle formazioni descritte possono essere presenti discreti spessori di materiale molto alterato e/o fratturato –**SFALS**- o –**SFCO**–; il substrato descritto inoltre è un substrato di tipo geologico e non sismico poiché presenta velocità delle onde sismiche generalmente inferiori a 800 m/s e quindi non caratterizzanti di un terreno rigido sismicamente ma di materiali potenzialmente soggetti ad amplificazione sismica.

I materiali delle coperture eluvio-colluviali e localmente anche quelli della formazione possono essere coinvolti in fenomeni gravitativi. Questi sono stati circoscritti e riportati nelle carte allegare al presente studio come zone instabili (tavole: carta geologico tecnica e Mops).

La parametrizzazioni di tali unità sulla base delle caratteristiche geotecniche reperite nello studio di primo livello e riportate nel precedente capitolo e di quelle geofisiche reperite e di nuova acquisizione, ai fini della microzonazione sismica, può essere così sintetizzata:

UNITA' GEOLOGICO TECNICA AI FINI DELLA MS	PESO DI VOLUME Kg/cm <sup>3</sup>	VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE SH
Riporto RI	1,8	110-120
Coperture eluvio-colluviali CL/ML	2.0	240
Substrato geologico alterato di tipo SFALS	2.1	386-491
Substrato geologico integro di tipo ALS	2.1	639
Substrato geologico integro di tipo CO	2.2	560

## **5.2. Sezioni geologico-tecniche**

In allegato sono riportate n.5 sezioni geolitologiche realizzate nei tratti ritenuti più significativi dal punto di vista geologico, strutturale e topografico.

A livello geologico non si evidenziano particolarità geologiche significative. Si fa presente che rispetto allo studio di primo livello è leggermente cambiata la rappresentazione delle varie unità geologico-tecniche sia nella carta geologico-technica che di conseguenza nelle sezioni geologiche allegate. Le modifiche sono dovute a diversi elementi:

-Approfondimento del rilevamento geologico-technico;

-Acquisizione di nuove indagini geofisiche;

-Nuove indicazioni fornite dal Centro MS sugli spessori da considerare nella mappatura e nel modello geologico delle varie unità geologico-techniche rinvenute, che devono essere sempre superiori ai 3,0 m, non solo per quanto riguarda i materiali di copertura.

In particolare le modifiche più evidenti in sezione riguardano la scomparsa dell'unità pelitica (CO) all'interno del centro storico di Mogliano, poiché la stessa è stata individuata con certezza solo nella porzione più a ovest del territorio comunale e risulta al di fuori della perimetrazione delle aree di terzo livello. La porzione prima considerata tale all'interno del centro storico è stata conglobata nelle alternanze di litotipi stratificati ALS, alterati, poiché la porzione maggiormente pelitica vista in qualche sondaggio ed affioramento rappresenta solo un episodio in litofacies più pelitica di una successione in alternanza tra sabbie e argille.

## **6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE**

La MZS è stata effettuata per la quasi totalità dell'abitato di Mogliano del quale si ha medio alta conoscenza sotto l'aspetto geologico.

I sondaggi e le prove eseguite nel tempo sul territorio non sono state tutte riportate ma sono state prese in considerazione le più significative, tali da caratterizzare un'area o un lembo di territorio.

Sulla base di quanto sopra si ritiene che non vi siano grandi incertezze sul modello geologico del territorio di Mogliano ma possano essere presenti delle interpretazioni soggettive circa la classificazione litologica stabilita dagli standard operativi.

Ne consegue che anche sotto l'aspetto geotecnico e geofisico non vi sono particolarità significative da generare grandi incertezze interpretative.

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

### **7.1. Zone stabili e suscettibili di amplificazione**

#### 7.1.1. Scelta dell'input sismico

Gli input sismici per il comune di Mogliano sono stati forniti dal CentroMS. Sono stati selezionati n°7 input sismici i cui parametri sismici sono riportati nel precedente capitolo 2.2.

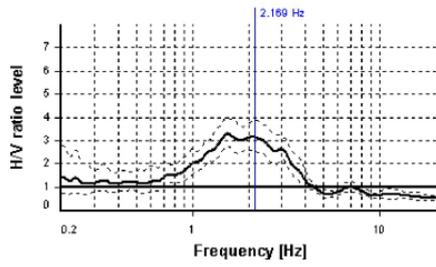
#### 7.1.2. Simulazioni numeriche

Le modellazioni 1D sono state eseguite utilizzando il software Strata ver. 0.5.9-36 (sotto licenza GNU General Public License). Per la calibrazione delle curve F0 ottenute dalle varie acquisizioni sia mediante analisi di rilevamento geofisico di tipo puntuale che lineare che in analisi congiunta si è utilizzato il metodo Linear Elastic.

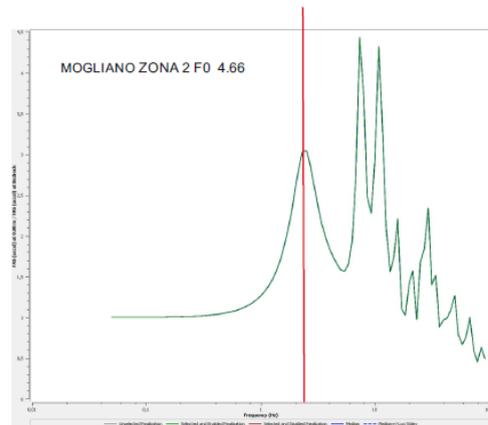
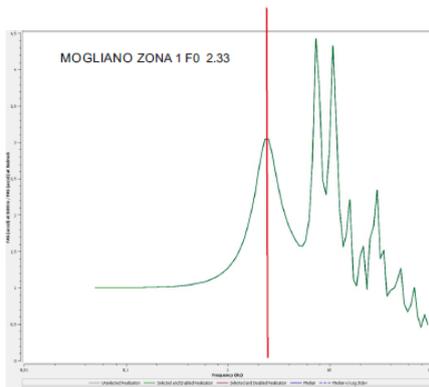
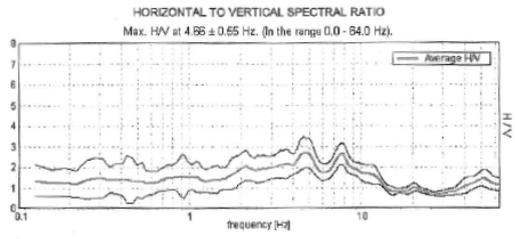
Di seguito vengono riportate le comparazioni ottenute mediante dati rilevati con apparecchiatura metodo HVSR e quelli relativi alle elaborazioni eseguite con Strata per ogni zona presa in considerazione.

Come si può notare i campi di frequenza espressi in Hz sono compatibili con quelli rilevati dalle strumentazioni a meno dei range oscillazione di ogni singola misurazione.

COMUNE DI MOGLIANO  
comparazione frequenze HVSR e valori di calibrazione con Strata  
ZONA 1

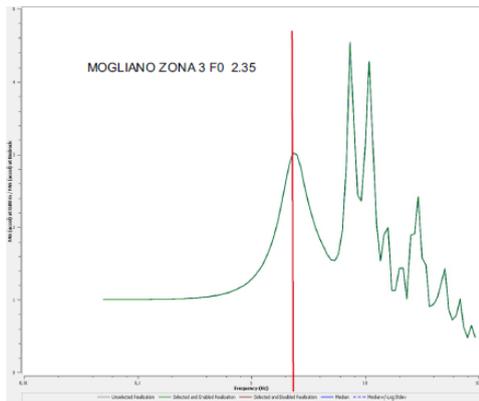
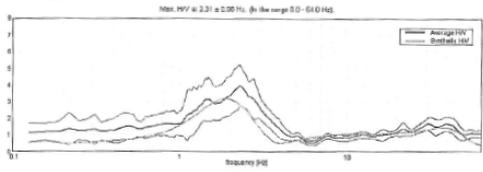


COMUNE DI MOGLIANO  
comparazione frequenze HVSR e valori di calibrazione con Strata  
ZONA 2



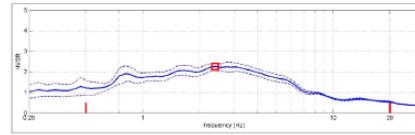
COMUNE DI MOGLIANO

comparazione frequenze HVSR e valori di calibrage con Strata  
ZONA 3

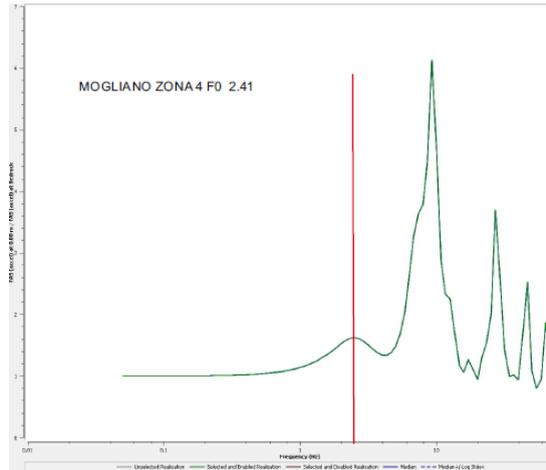


COMUNE DI MOGLIANO

comparazione frequenze HVSR e valori di calibrage con Strata  
ZONA 4

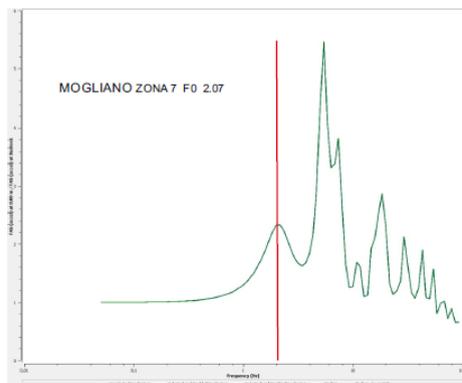
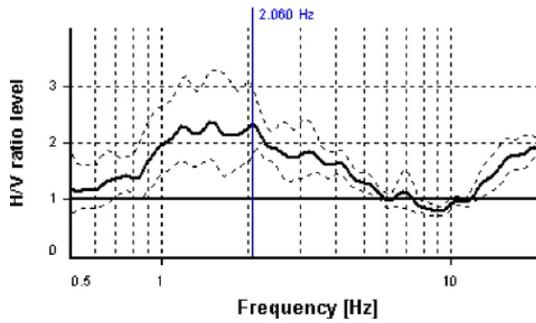


H/V at  $\approx 2,4$  Hz (in the range 0.5 - 20.0 Hz) – Peak Value  $\approx 2,3$



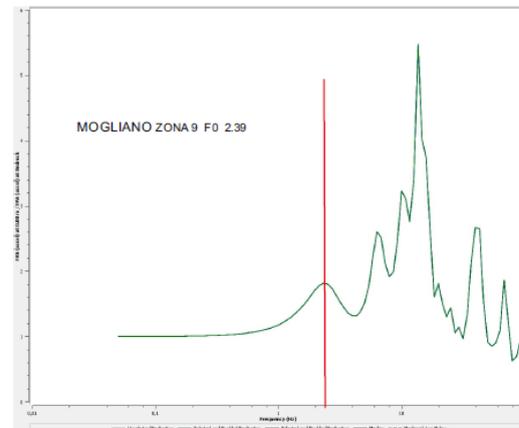
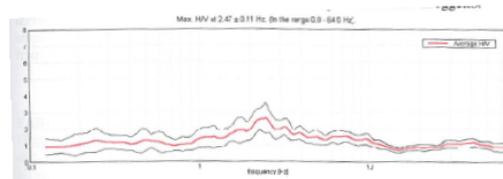
COMUNE DI MOGLIANO

comparazione frequenze HVSR e valori di calibrage con Strata  
ZONA 7



COMUNE DI MOGLIANO

comparazione frequenze HVSR e valori di calibrage con Strata  
ZONA 9



## MOGLIANO

Zona1: 2001	VS30	F0	Zona 2: 2002	VS30	F0	Zona 3: 2003	VS30	F0	Zona 4: 2004	VS30	F0	Zona 5: 2005	VS30	F0	Zona 7: 2007	S30	F0	Zona 9: 2099	VS30	F0
HV 043025P87	328	1.78	HV 043025P85	308	4.66	HV 043025P32	421	1.72	HV 043025P98	421	1.72				HV 043025P97	315	2.06	HV 043025P99	359	4.854
HV 043025P88	334	1.53				HV 043025P102	285	4.52	HV 043025P100	346	2.4							HV 043025P89	311	1.69
HV 043025P94	231	2.10				HV 043025P79	237	2.31										HV 043025P90	/	2.47
HV 043025P92	246	1.569				HV 043025P96	433	13.2										HV 043025P103	455	5.38
																		HV 043025P95	393	16.62
																		HV 043025P104	492	17.885
																		HV 043025P89	311	1.69
Valori calibrazione		2.14			4.74			2.39			2.41			5.6			2.05			2.32

- Note:  
La zona 6: 2006 e la zona 8: 2008 non vengono riportate in quanto, appartenenti al primo livello e prive di dati geofisici  
La zona 5: 2005 non ha prove sismiche per cui ci si è riferiti per i valori inseriti a colonnine mops simili

**Scheda comparativa e riassuntiva di tutti i valori di F0 ottenuti e quelli in rosso calcolati mediante calibrazione (Strata).**

Una volta eseguito il procedimento di calibrazione delle curve si è proceduto ad eseguire tutte le simulazioni per ogni zona rilevata dall'indagine delle Mops utilizzando il metodo Lineare Equivalente, utilizzando come input sismici gli accelerogrammi sopra descritti (non scalati).

Si è quindi provveduto all'elaborazione degli spettri attraverso:

- 1) Output:Location—0.00 m (Outcrop (2A) – Acceleration Response Spectrum;
- 2) Output:Location—Bedrock (Outcrop (2A) – Acceleration Response Spectrum;
- 3) Output:Ratio—0.00 m (Outcrop (2A) from Bedrock (Outcrop (2A) – Acceleration Transfer Function

Si è proceduto quindi al calcolo di FA attraverso l'utilizzo del foglio di calcolo fornito dal Centro MS di tutti i risultati numerici ottenuti dalle analisi indicate ai precedenti punti 1, 2, 3 sono state catalogati in files .txt con i seguenti titoli:

MOGLIANO ZONA x PSAO x.txt (MoglianoZona x; Log variabile (100 point 0,01s÷4,0s)

MOGLIANO ZONA x AccO x.txt (N, (3A.MZ11..HNE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC)., 0.005, cm/s<sup>2</sup>

### 7.1.3. Risultati

Le modellazioni 1D effettuate sono corredate da risultati espressi in termini di accelerogrammi, dell'accelerazione orizzontale in superficie e dei loro relativi spettri di risposta (smorzamento al 5%).

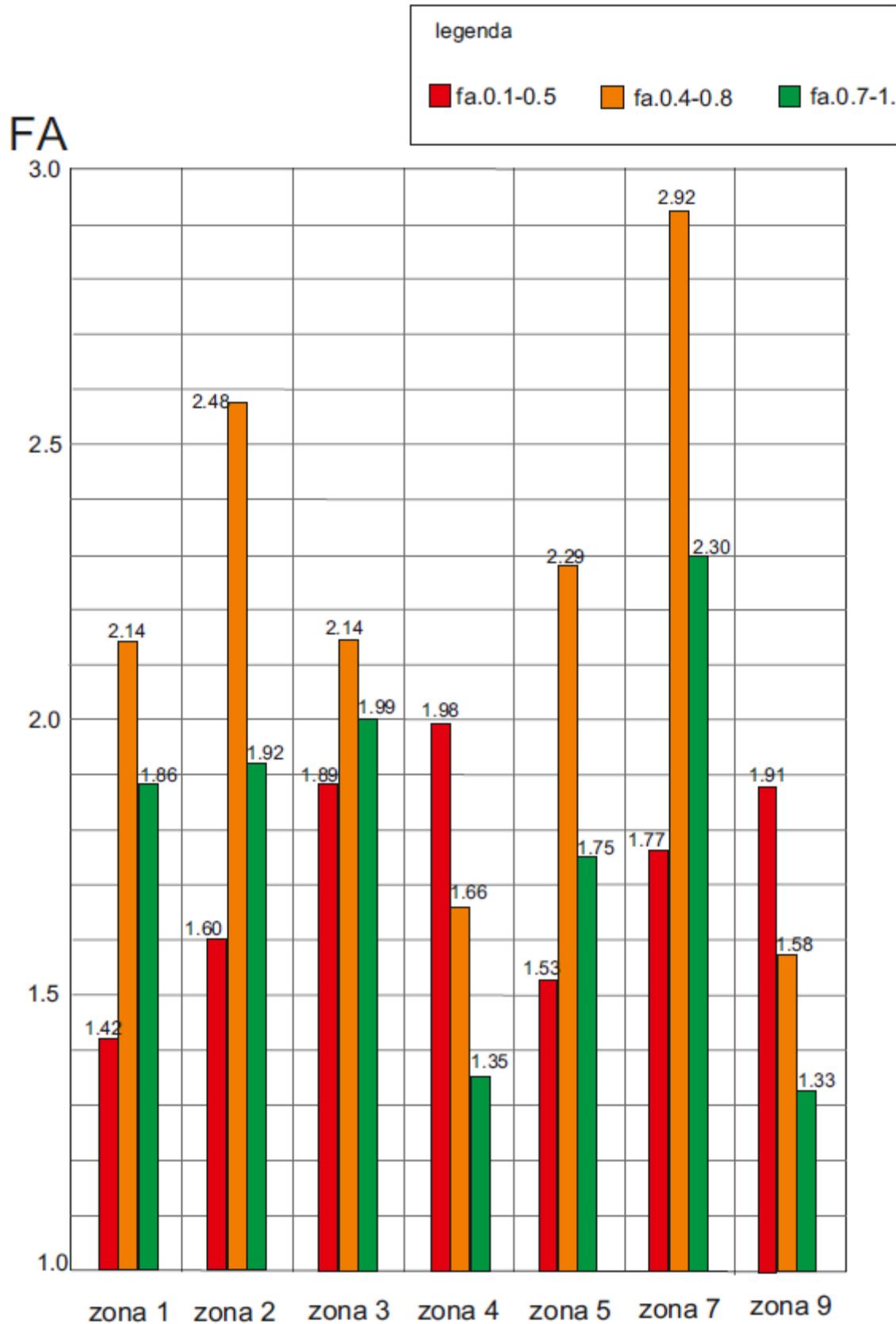
Per la verticale analizzata sono stati prodotti n° 7 grafici che evidenziano lo spettro in accelerazione di ciascun input con i relativi spettri di output mettendo in risalto i valori di FA calcolati negli intervalli di periodo [0.1 - 0.5] [0.4 - 0.8] [0.7 - 1.1].

Il valore di FA della verticale è stato calcolato con media logaritmica dei valori di FA relativi ai n°7 input utilizzati. Gli spettri sono calcolati con un damping pari a 5%, periodo minimo 0.01 s, periodo massimo 4.00 s, n°100 punti campionati.

Di seguito viene riportata la tabella comparativa per le varie Zone dei valori di FA ottenuti dalla modellazione per i diversi periodi considerati.

# Comune di Mogliano

comparazione valori di amplificazione  
simica riferita alle zone analizzate



## **7.2. Zone instabili**

Le aree instabili sono state perimetrare nel corso del primo livello sulla base dei rilievi geomorfologici svolti e sulla base delle cartografie del piano regolatore generale di Mogliano.

Per questioni cautelative e sulla base di quanto indicato dai referenti del centro di supporto per gli studi di terzo livello si è scelto di riportare la perimetrazione in essere nelle cartografie PAI ed IFFI se più ampie rispetto ai dissesti osservati nel corso dei rilievi eseguiti, mentre le aree instabili saranno corrispondenti a quelle rilevate nel caso non presenti nelle cartografie citate o nel caso in cui nelle stesse fossero di minore entità.

Nel presente studio, secondo il disciplinare di incarico, le aree in dissesto non sono state oggetto di approfondimento di 3° livello e mantengono quindi un livello di zone di attenzione per instabilità. Al momento queste aree non sono state prese in considerazione dal presente studio ma sono state inserite tra le zone di attenzione per cui saranno oggetto di approfondimenti d'indagine successivamente.

### **7.2.1. Faglie attive e capaci (FAC)**

Non sono state rilevate faglie sismogenetiche nell'area in studio ne sono riportate all'interno delle cartografie ufficiali. Nella carta geologico-tecnica sono state rappresentate tuttavia faglie potenzialmente attive e capaci, incerte e di tipo diretto, che possono aver condizionato la morfologia dei luoghi (si veda punto 3.4). Lo studio inoltre di eventuali faglie attive e capaci non è da eseguire in questa sede.

#### **7.2.1.1. Analisi dei dati**

Come in precedenza indicato è stata ipotizzata la presenza di due faglie che possono aver condizionato la morfologia dei luoghi (si veda punto 3.4)

### 7.2.1.2. Risultati

Non è possibile esprimere indicazioni in merito dato il livello di conoscenza geologico del territorio.

### 7.2.2. Liquefazione (LQ)

Le aree di attenzione per instabilità dovuta a liquefazione dei terreni, individuate nel primo livello nella zona di Piani d'ETE a seguito della presenza di materiale limoso-sabbioso e sabbioso-limoso all'interno del corpo alluvionale non sono state approfondite nel corso del terzo *livello* di indagine.

### 7.2.3. Instabilità di versante sismoindotte (FR)

Sebbene le aree di attenzione per instabilità di versante sono molto diffuse nel territorio comunale, anche in questo caso le stesse mantengono la definizione di zone di attenzione per instabilità di versante con un approfondimento relativo solo al primo livello di indagine.

A seguito della comunicazione del centro di MS in data 14 dicembre 2017 non sono state eseguite modellazioni nelle aree con instabilità di versante.

Di seguito si riporta la comunicazione ricevuta:

*“Con la presente si comunica che per le instabilità di versante gli studi dovranno essere prodotti in deroga agli Standard 4.0b. In particolare, nelle carte di Microzonazione Sismica di livello 3 o 2/3 non deve essere mappato nessun fattore di amplificazione per le instabilità di versante individuate come ZA nella carta delle MOPS. Sulla carta di Microzonazione Sismica di livello 3 o 2/3, quindi, la zona in frana sarà mappata solo con il retinato della ZA, senza il colore del fattore di amplificazione. Nel caso in cui il fattore di amplificazione fosse stato comunque calcolato per le instabilità mappate come ZA, tale valore dovrà essere riportato nell'apposito campo previsto nello shapefile, ma nella carta di livello 3 non dovrà comparire alcun colore relativo al fattore di amplificazione. Il pacchetto software QGIS messo a disposizione dal CentroMS per la produzione degli elaborati prevede già la realizzazione dei prodotti cartografici secondo questi criteri. A tale riguardo, ricordiamo a tutti di aggiornare il software alla prossima apertura. Cordiali saluti, La Segreteria del CentroMS”*

## **8. ELABORATI CARTOGRAFICI**

Le cartografie prodotte e riportate in allegato sono state redatte ex-novo o aggiornate sulla base di quanto richiesto dagli standard di rappresentazione e archiviazione informatica v. 4.0 b e secondo le indicazioni forniteci dal gruppo di coordinamento del Centro di Microzonazione Sismica. Sono state realizzate sia in formato digitale (GIS) che cartaceo a scala 1:5.000. Di seguito i vari elaborati prodotti sono riportati nel dettaglio

### **8.1. *Carta delle indagini***

La carta delle indagini è stata prodotta inizialmente per gli studi di primo livello di microzonazione sismica. In occasione del presente studio la stessa è stata aggiornata inserendo le nuove indagini geofisiche reperite o eseguite appositamente al fine dell'analisi di risposta sismica locale.

In totale si hanno ora, raccolti nel database delle indagini, n. 91+13 siti puntuali e n. 1+5 siti lineari con indagini MASW.

Tali dati sono stati organizzati in un database attraverso l'ausilio del software SoftMS v. 4, incluso nel materiale fornito dalla Protezione Civile per gli studi di Microzonazione sismica.

Tale database è stato quindi collegato con il programma QGis per poter predisporre gli elaborati cartografici previsti dagli standards.

Nella carta delle indagini sono riportati i punti relativi ai siti puntuali delle indagini e nell'intorno dei punti stessi sono rappresentati i simboli relativi alle indagini eseguite in quel determinato sito. Accanto è riportato

il codice identificativo del sito puntuale.

### **8.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni**

Nella carta delle frequenze è riportata l'ubicazione dei siti puntuali dove sono state eseguite o reperite misure di HVSR con accanto il relativo valore di  $F_0$ . La colorazione e la dimensione della simbologia adottata è in funzione sia di questo valore che dell'ampiezza  $A_0$ .

La maggiore classe individuata è quella rappresentata da  $F_0$  compreso tra 1,5÷3 Hz.

### **8.3. Carta geologico-tecnica per la MS (CGT\_MS)**

L'elaborazione della cartografia geologico-tecnica è avvenuta seguendo il metodo di accorpamento dei vari litotipi con la migliore approssimazione possibile a quanto richiesto dagli standard. Quando disponibili tali accorpamenti sono avvenuti tenendo conto delle analisi di terre in laboratorio.

La Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica è stata redatta aggiornando lo studio svolto per il primo livello di indagine, precisando il rilievo geologico, geomorfologico e strutturale del territorio anche in funzione delle risultanze dei dati geofisici che man mano si stavano acquisendo.

Nella carta geologico-tecnica sono state riportate tutte le unità geologico-tecniche in affioramento, compresi i riporti, con spessore superiore a 3.0 m, secondo le indicazioni forniteci del CentroMS.

Al di sopra di ogni area, accanto alla sigla relativa alla litologia, è riportato anche il codice relativo all'ambiente deposizionale (facies) secondo quanto stabilito negli standard di rappresentazione ed archiviazione informatica, versione 4.0 b e secondo i templates forniti dal

centroMS.

Per quanto riguarda il substrato, così come definito al punto 5.1, si fa presente che si tratta di substrato geologico non sismico, poiché quest'ultimo è rappresentato da velocità delle onde sismiche "S" al di sopra degli 800 m/s che registriamo a profondità superiori a 30 m.

#### ELEMENTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Sono riportati i medesimi elementi già rappresentati nello studio di 1° livello.

#### ELEMENTI TETTONICO-STRUTTURALI

Sono riportati i medesimi elementi già rappresentati nello studio di 1° livello.

#### ELEMENTI LINEARI

Sono riportati i medesimi elementi già rappresentati nello studio di 1° livello.

#### INSTABILITA' DI VERSANTE

Le frane riportate nello studio di primo livello sono state ampliate secondo quanto riportato nelle cartografie ufficiali del Piano di Assetto Idrogeologico e/o nel progetto IFFI. Quelle rilevate al di fuori delle perimetrazioni delle cartografie ufficiali sono rimaste tali e quali a quelle rappresentate nel primo livello.

E' parere dello scrivente che diverse superfici indicate in frana nei vari piani sopra citati risultano o troppo estese, o inesistenti e pertanto, nella fase successiva di approfondimento, le zone instabili andranno riviste.

Le tipologie di dissesto sono rimaste quelle individuate nel corso dello studio di primo livello del 2015.

Nella Carta sono altresì riportate le tracce di n°5 sezioni geologiche significative: una seguente la linea di cresta, n. 3 trasversali a questa e n. 1 in località San Gregorio.

#### **8.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) di primo livello è stata completamente rivista alla luce sia delle nuove indagini geofisiche eseguite, sia a seguito delle indicazioni pervenute dal centro di microzonazione sismica, senza considerare gli spessori delle unità geologiche superiori ai 3 m come riportato anche nella carta geologico-tecnica.

Nella carta vengono perimetrare aree o microzone caratterizzate ognuna dalla possibilità al proprio interno di comportamenti omogenei in caso di eventi sismici.

Le zone classificate possono essere di 3 tipi:

1. Zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (substrato geologico rigido in affioramento con morfologia pianeggiante) e gli scuotimenti attesi sono quindi equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
3. Zone di attenzione per instabilità, corrispondenti alle “zone suscettibili di instabilità” originariamente previste negli ICMS (2008); nel livello 1 tali zone hanno un livello di definizione paragonabile con le altre zone rappresentate, solo negli studi di microzonazione di livello 3 esse potranno o meno, sulla base di specifici approfondimenti, essere considerate come zone effettivamente instabili. Esse possono essere di vario tipo:
  - Zone di attenzione per instabilità di versante: ZAFR\_A (frana attiva), ZAFR\_Q (frana quiescente), ZAFR\_I (frana inattiva) e ZAFR\_ND (frana con attività non definita);

- Zone suscettibili di liquefazione: ZALQ1, zone nelle quali esistono 4 condizioni predisponenti quali 1) terreni sabbiosi, 2) falda con profondità inferiore ai 15m, 3) Mw attesa al sito >5 e 4) accelerazioni massime in superficie (pga)>0.1g; e ZALQ2, dove per la quarta condizione è necessaria una verifica nei livelli di microzonazione superiore.

Nello specifico nel territorio del comune di Mogliano non si hanno zone di tipo 1, cioè zone stabili, in quanto le registrazioni delle prove acquisite non evidenziano velocità delle onde SH  $\geq 800$  m/s, caratterizzanti il substrato rigido. Si rinvencono quindi zone suscettibili di amplificazione locale e zone di attenzione per instabilità.

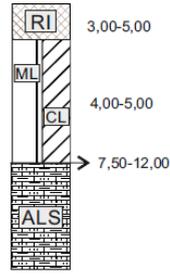
#### ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

La nuova classificazione delle zone è così rappresentata:

**ZONA 1: 2001**



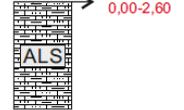
**ZONA 2: 2002**



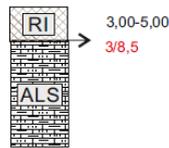
**ZONA 3: 2003**



**ZONA 4: 2004**



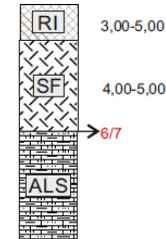
**ZONA 5: 2005**



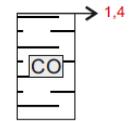
**ZONA 6: 2006**



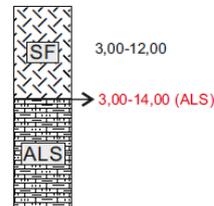
**ZONA 7: 2007**



**ZONA 8: 2008**



**ZONA 9: 2009**



Le colonnine rappresentano sinteticamente, in spessori e profondità, le varie successioni possibili dei terreni classificati nel capitolo 5.1, riportando una breve descrizione litologica quando necessaria, le simbologie delle unità litologico-tecniche, gli spessori di queste come indicato al punto 5.2 e le profondità a cui si rinvia il substrato geologico.

### **8.5. Carta di microzonazione sismica (MS) di livello 3**

L'esame della carta delle microzone sismiche permette di visualizzare immediatamente le risultanze dei dati ottenuti mediante l'analisi e calcoli degli accelerogrammi analizzati in superficie ed alla profondità del bed-rock. La carta mostra per tutte le zone individuate nella carta delle MOPS i diversi fattori di amplificazione.

Di seguito vengono riportate le risultanze dei valori di FA (fattore di amplificazione) a basso periodo (  $T_1-T_2=0,1-0,5$ ;  $T_1-T_2=0,4-0,8$ ;  $T_1-T_2=0,7-1,1$ ) per ogni Zona indagata.

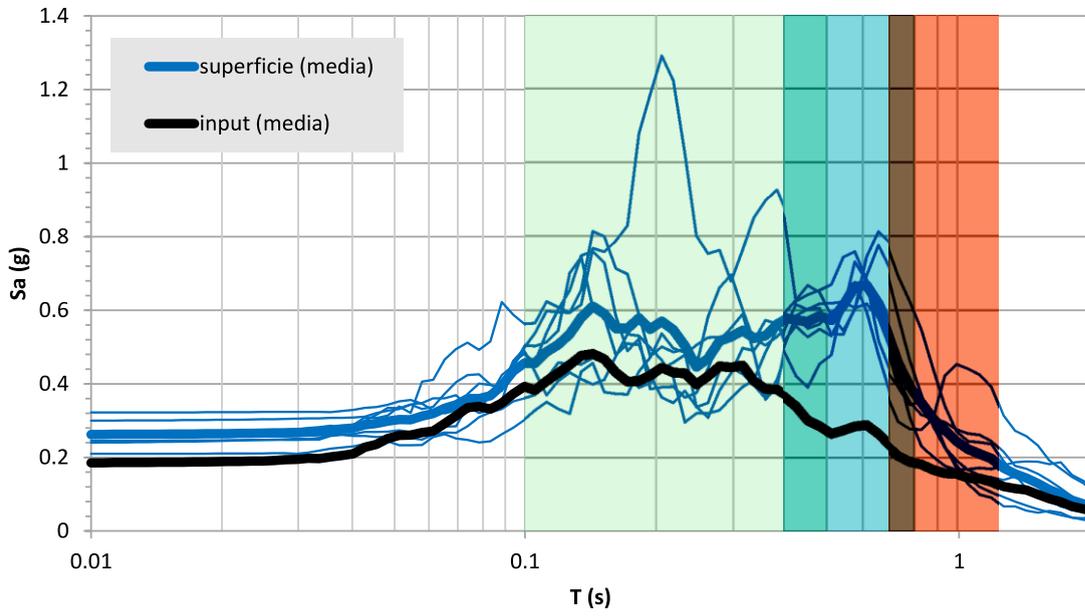
#### RELAZIONE DI CALCOLO

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

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

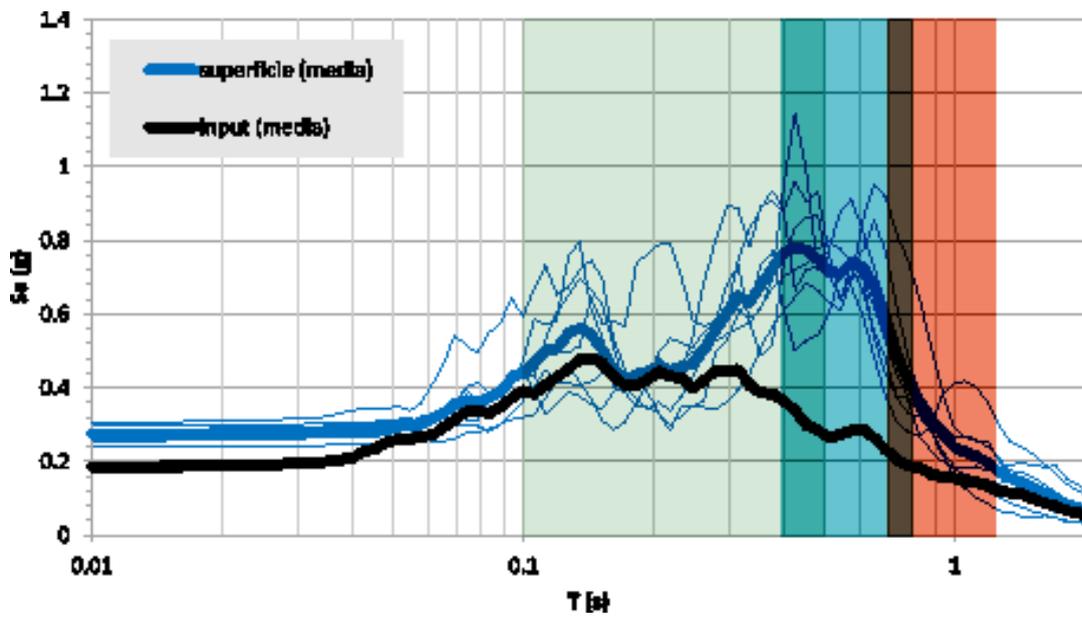
### ZONA 1

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.42	2.14	1.86



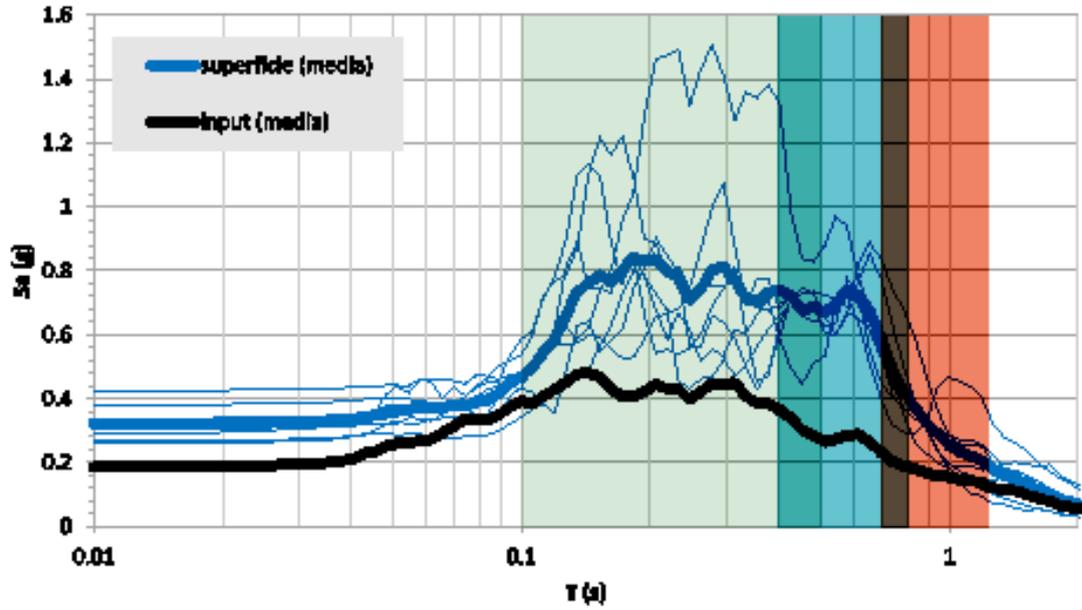
### ZONA2 (\*)

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.60	2.48	1.92



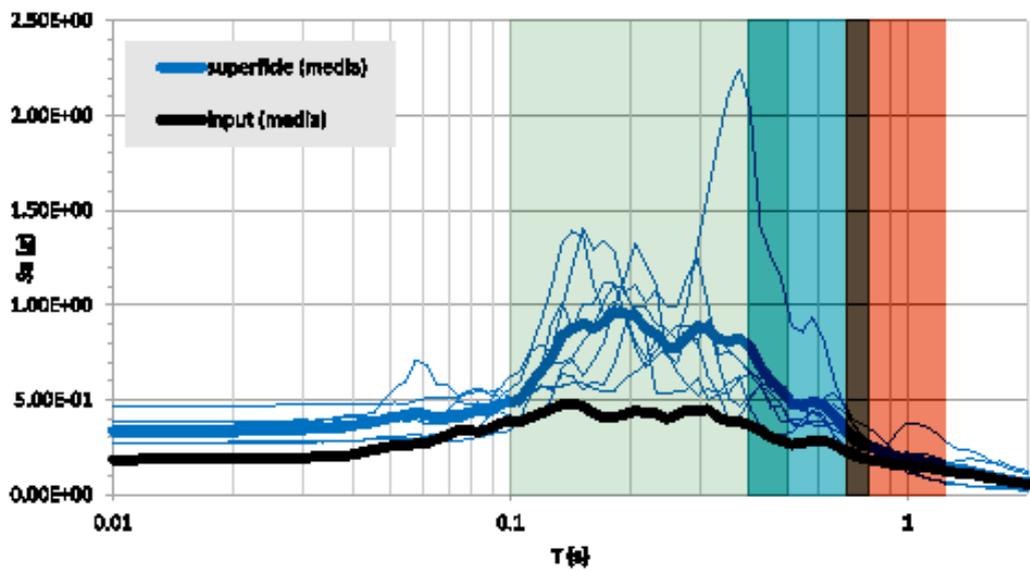
ZONA 3 (\*)

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.89	2.41	1.99



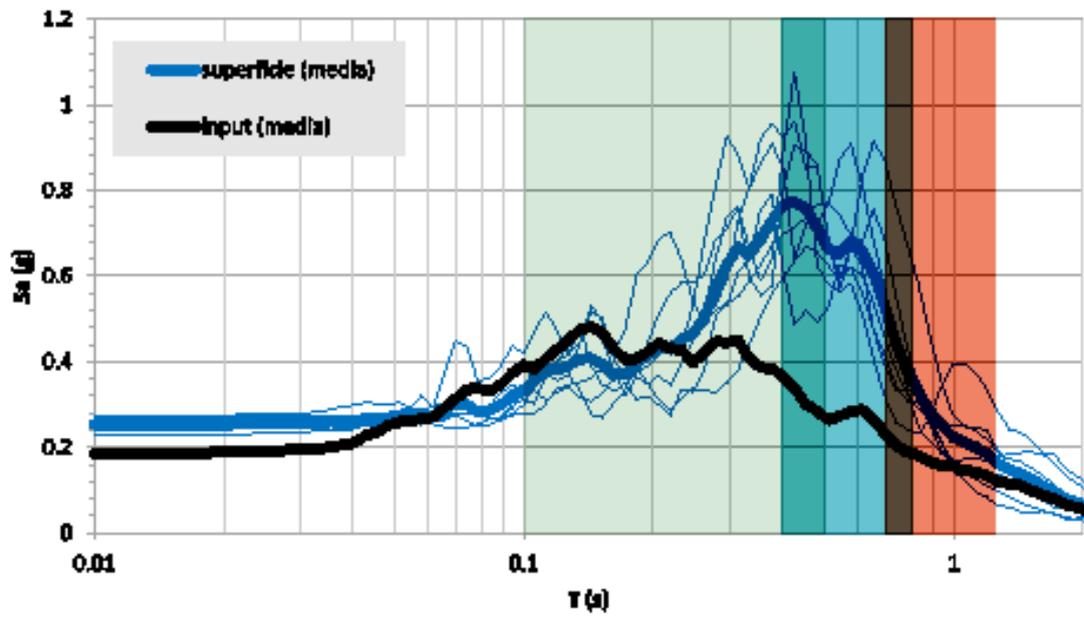
ZONA 4

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.98	1.66	1.35



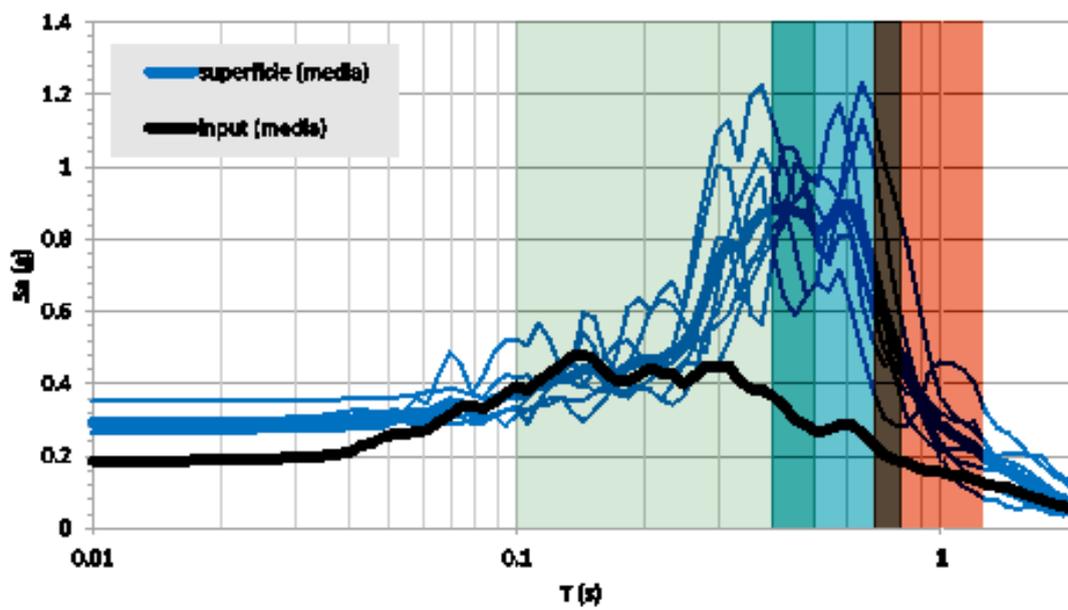
ZONA 5

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.53	2.29	1.75



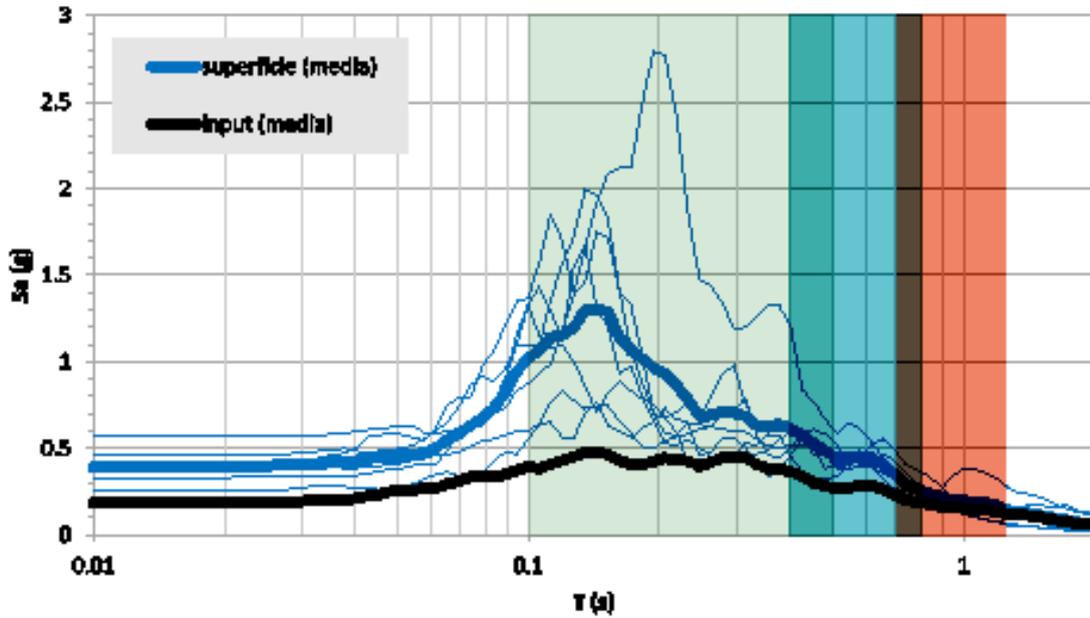
ZONA 7

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.77	2.92	2.30



ZONA 9

<b>FA 0.1-0.5</b>	<b>FA 0.4-0.8</b>	<b>FA 0.7-1.1</b>
1.77	2.92	2.30



(\*) Nella zona dove è stata eseguita la modellazione 2D i valori si modificano secondo i seguenti parametri:

	2002	2003	30242003
FA <sub>0.1-0.5</sub>	2.69	2.11	1.73
FA <sub>0.4-0.8</sub>	3.10	3.05	1.96
FA <sub>0.7-1.1</sub>	2.09	2.08	1.70

Analizzando le VS30 ottenute nelle varie Zone, quando disponibili, si ottengono i seguenti valori:

Zona	Vs30	prova	Categoria sottosuolo NTC 2008
1	231	HV043025P94	C
2	308	HV043025P85	C
3	237	HV043025P79	C
4	346	HV043025P100	C
5 solo livello 1			
7	315	HV043025P97	C
8 solo livello 1			
9	375	HV043025P90	B

### **8.6. Commenti finali e criticità**

Per quanto attiene le risultanze di questo studio che hanno portato alla redazione della carta finale della microzonazione sismica di terzo livello si osserva che questa può essere considerata di tipo preliminare, non avendo lo stesso assunto dati sufficienti sotto l'aspetto litostratigrafico, geologico tecnico e sismico e avendo considerato una maglia molto ampia d'indagine.

Basti considerare che lo studio "preliminare" ha riguardato una piccola porzione di territorio comunale con 2800 abitanti a fronte di una popolazione residente di circa 4640 abitanti. Inoltre, lo studio non ha preso in considerazione il perimetro iniziale del Primo livello dove erano state inserite anche le aree di espansione urbanistica. D'altra parte le risorse economiche messe a disposizione per la predisposizione dello studio sono risultate assai limitate e comunque insufficienti per la complessità del lavoro.

Ad ogni modo possiamo notare che i valori più elevati di FA sono generalmente riscontrabili nell'intervallo di periodo 0,4-0,8 con picco fino a 2,92 per la zona 7 e 2,48 per la zona 2. In particolare la zona del centro storico presente nei tre periodi analizzati mostra valori compresi tra FA 1,6 e 2,48. La carta dei danneggiamenti successivamente riportata evidenzia in qualche modo questo maggior numero di edifici non agibili oppure parzialmente agibili.

## 9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Non ci sono riferimenti e dati disponibili. A tal proposito è stata consultata lo storico degli eventi sismici sul sito <http://storing.ingv.it/cfti4med/>

Si ripota la schermata.

The screenshot shows the CFTI 4 MED website interface. The main content is a satellite map of the Mogliano area in Italy, with an orange square highlighting a specific location. The interface includes several filter panels on the left:

- Periodo:** Dal -760, Al 2015
- Zona Eventi:** Tutti
- Intensità Epicentrale:** Da 0, A 11
- Tipo evento:** Falso, Sconosciuto, Forte (checked), Revisionati

The map shows various locations including Mogliano, Pian di Sesto, and other nearby towns. The website title is "CFTI 4 MED CATALOGUE of STRONG EARTHQUAKES in ITALY 461 B.C. - 1997 and MEDITERRANEAN AREA 760 B.C. - 1500".

*Catalogo millenario dei terremoti a Mogliano*



*Indicazione del danneggiamento terremoto 2016 sull'abitato di Mogliano. In rosso edifici non agibili.*

## 10. BIBLIOGRAFIA

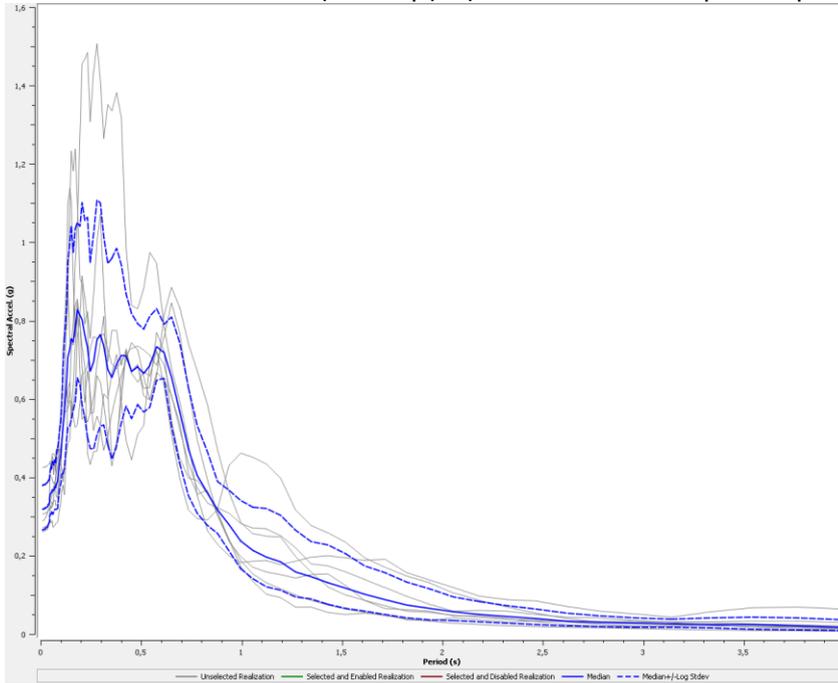
- AA.VV. (1990) Ambiente fisico delle Marche. Geologia, Geomorfologia, Idrogeologia. Regione Marche
- Bigi S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W. & Ridolfi M. (1995). Evoluzione Messiniano-Pliocenica del sistema Catena-Avanfossa nell'area marchigiano-abruzzese esterna. Studi Geologici Camerti
- Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Colalongo M.L., Micarelli A., Nanni T., Pasini G., Potetti M. & Ricci Lucchi F. (1986). Il Plio-Plesitocene delle Marche. In: Centamore E. & Deiana G. La Geologia delle Marche. Studi Geologici Camerti
- Coltorti M. & Nanni T. (1987).
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tirabusi G., Valensise G.. Catalogue of stronger earthquakes in Italy 461 B.C.-1997 and Mediterranean Area 760 B.C.-1500 (<http://storing.ingv.it/cfti4med/#>)
- Mucciarelli M. e Tiberi P. (a cura di) (2007). Scenari di pericolosità sismica della fascia marchigiana-La microzonazione sismica di Senigallia. Regione Marche, INGV
  - National Accelerometric Network (RAN), gestito dal Dipartimento della Protezione Civile italiana - Presidenza del Consiglio dei Ministri (DPC),
- Passeri L. (a cura di) (1994) Guide Geologiche Regionali: Appennino Umbro-Marchigiano. Società Geologica Italiana & BE-MA editrice
- Rete Sismica Nazionale, gestita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e regionale,
- W. Romeo e Tiberi P. (a cura di) (2013). Scenari di pericolosità e rischio da frana con particolare riguardo all'innescò da terremoti. Regione Marche, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Dipartimento di Scienze della Terra, della Vita e dell'Ambiente

ALLEGATI AL TESTO

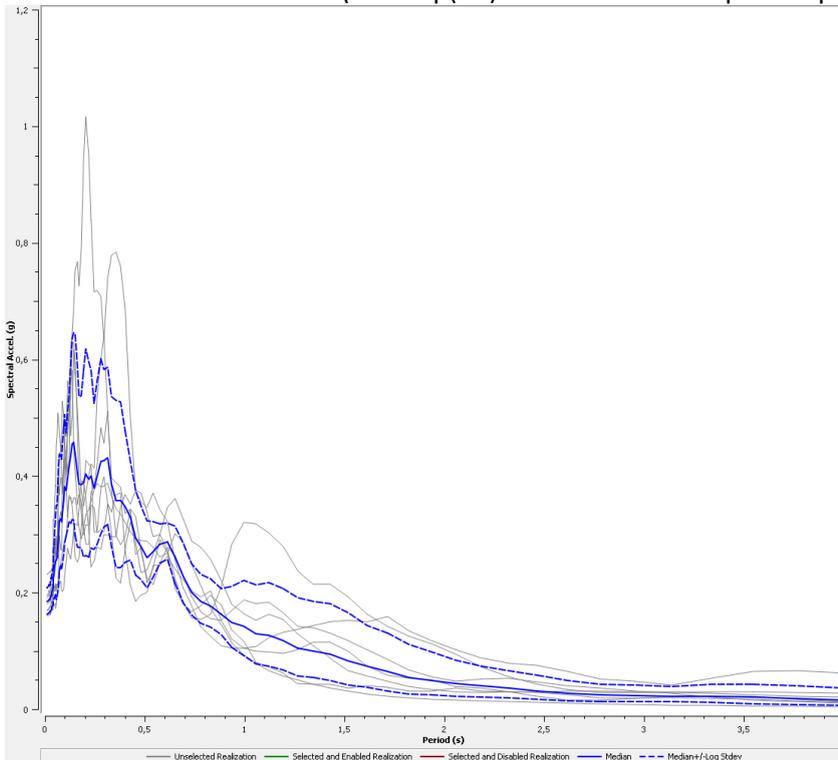
COMUNE DI MOGLIANO

MOPS1

SPETTRI Loction – 0.00m (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

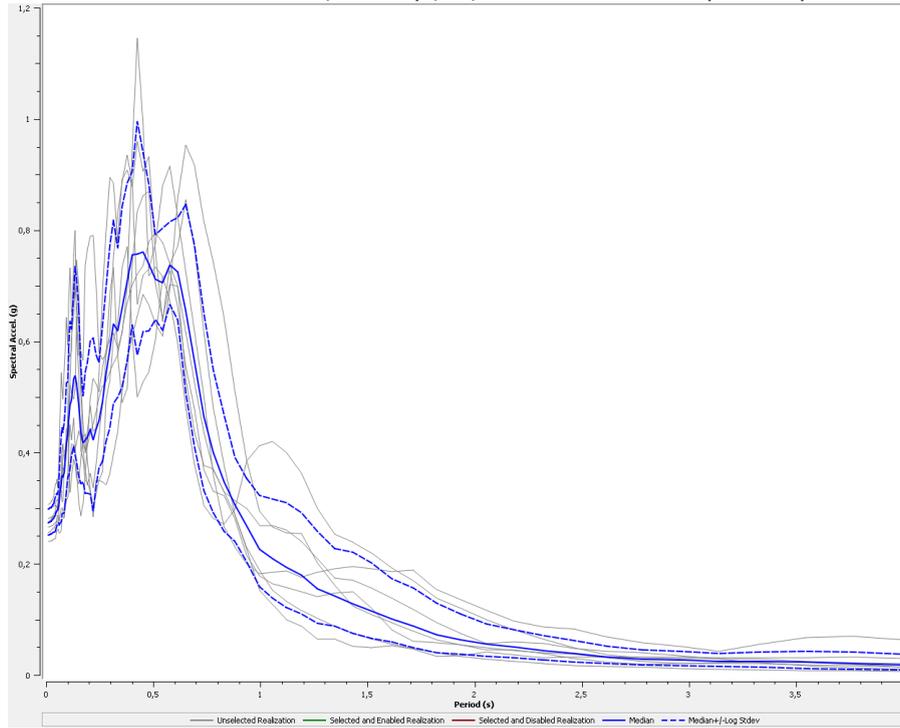


SPETTRI Loction – Bedrock (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

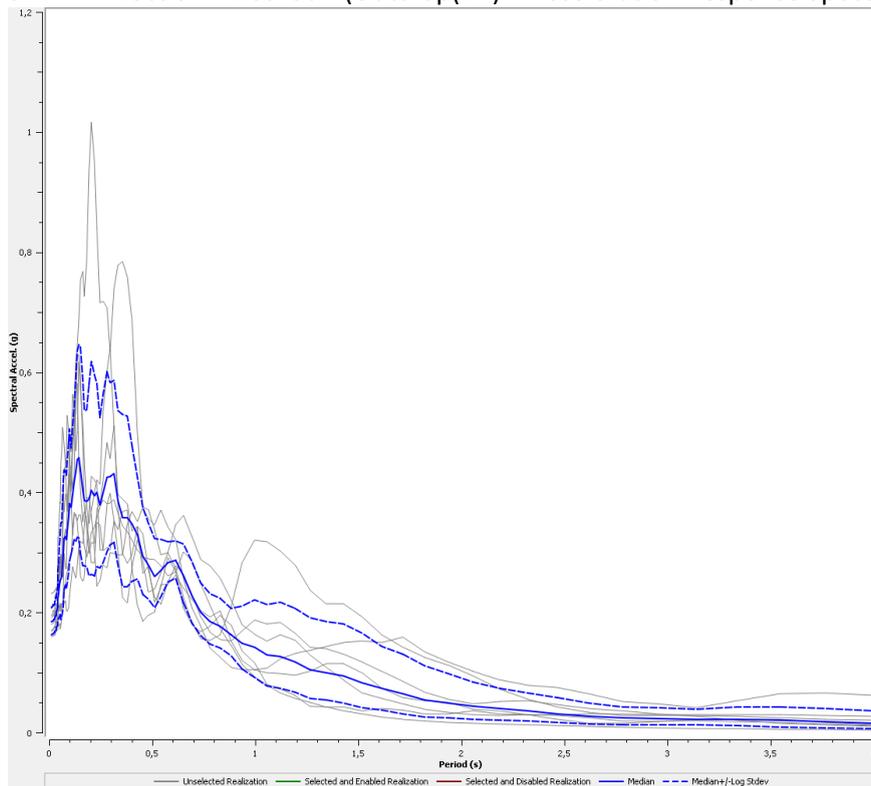


MOPS2

SPETTRI Loction – 0.00m (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

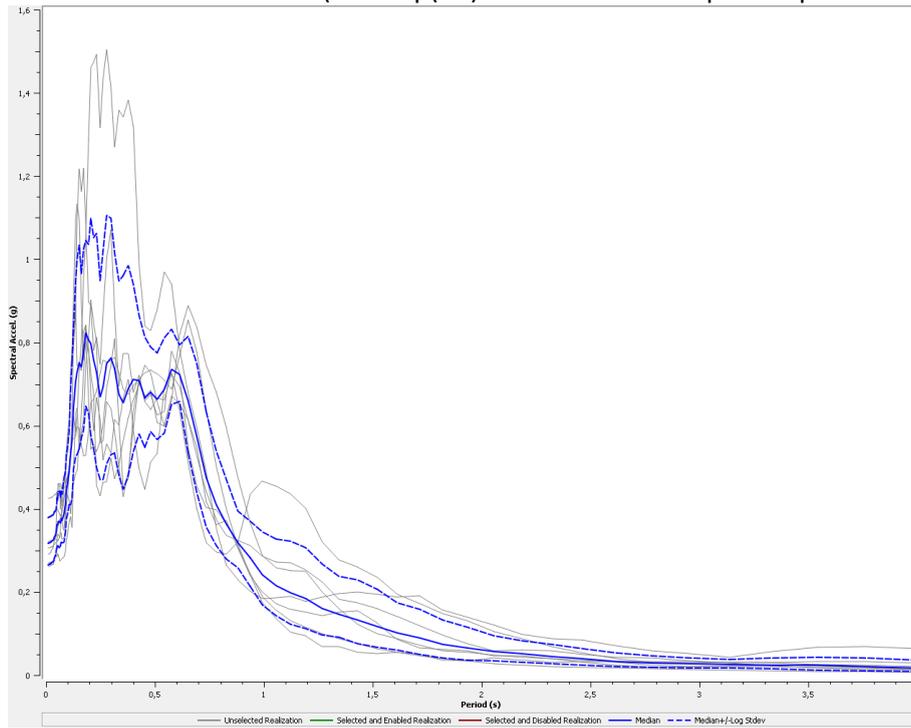


SPETTRI Loction – Bedrock (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

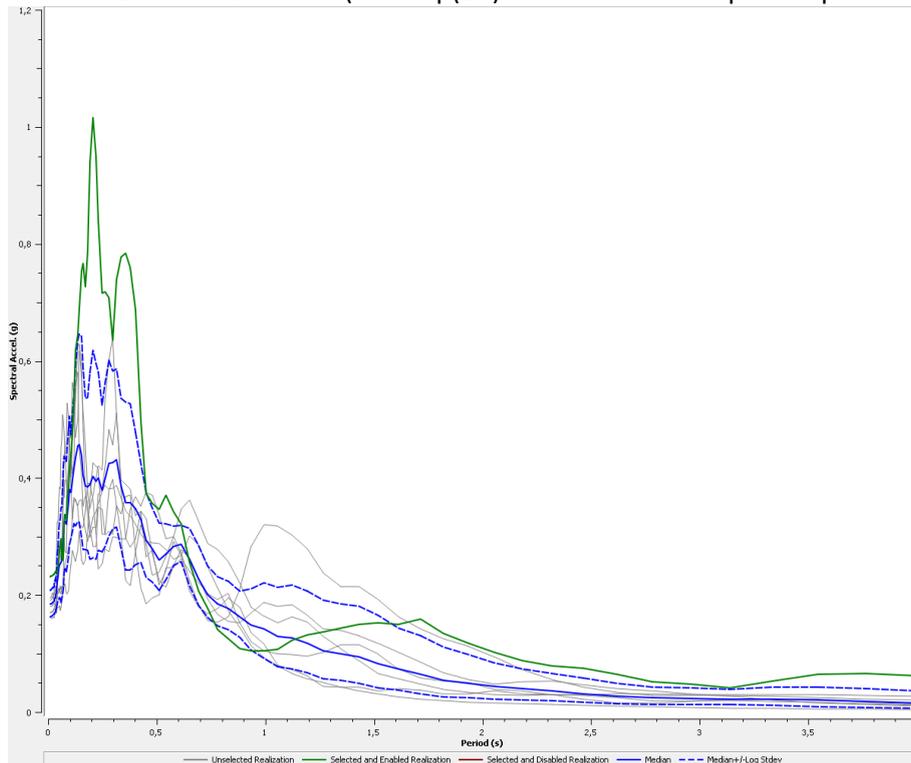


MOPS3

SPETTRI Loction – 0.00m (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

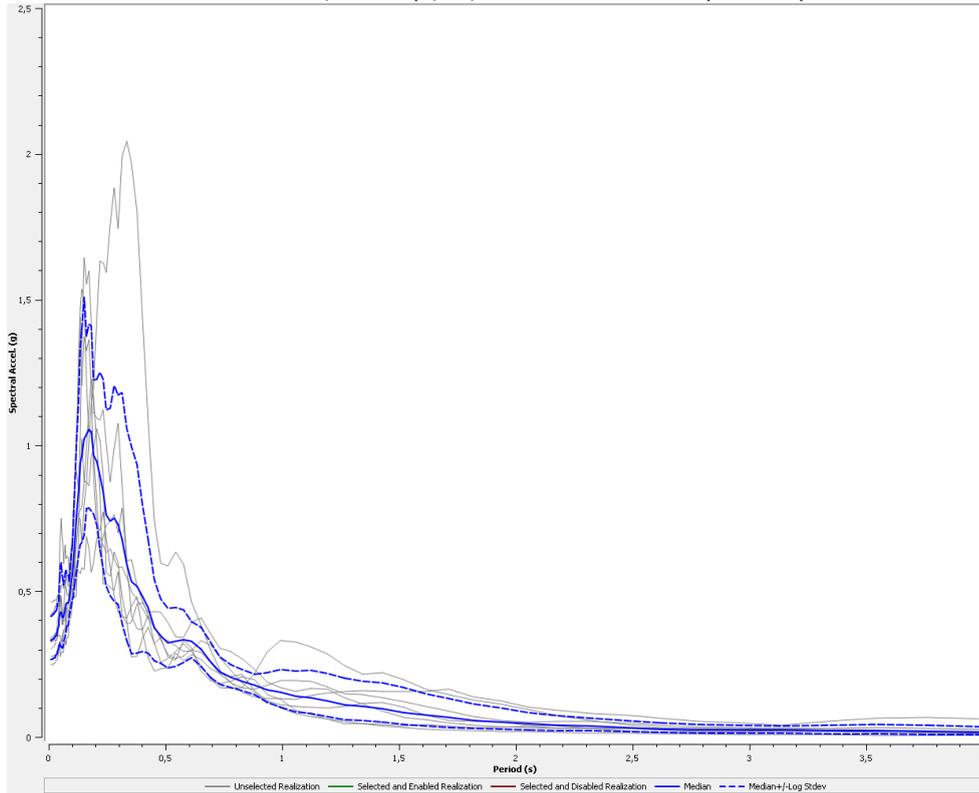


SPETTRI Loction – Bedrock (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

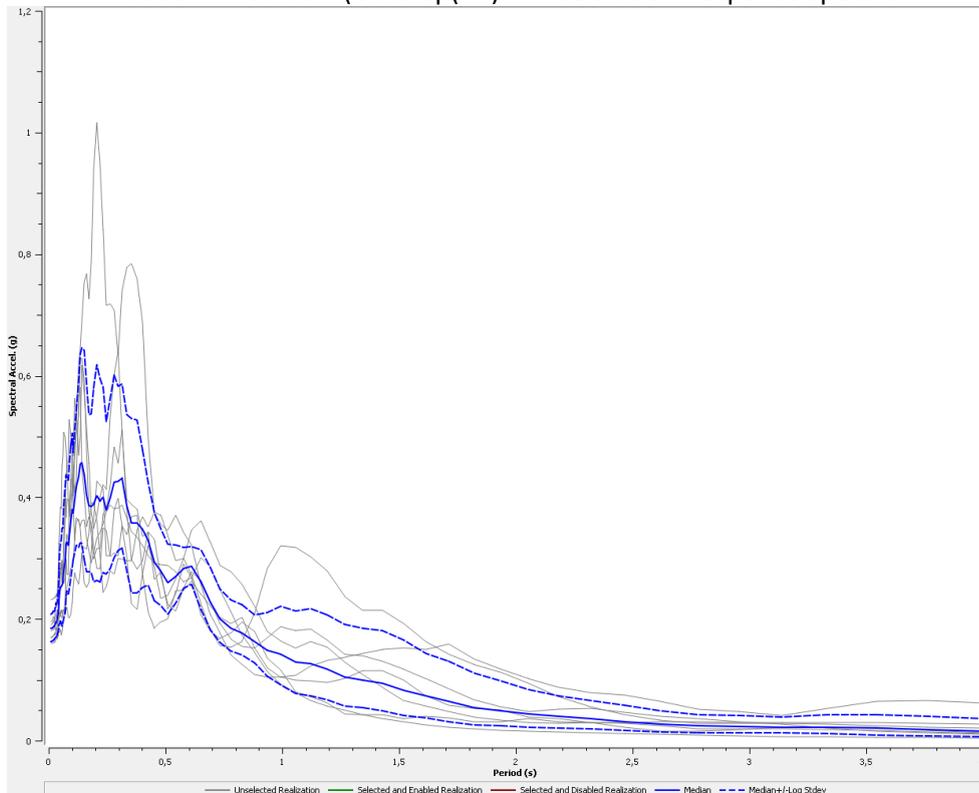


MOPS4

SPETTRI Loction – 0.00m (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

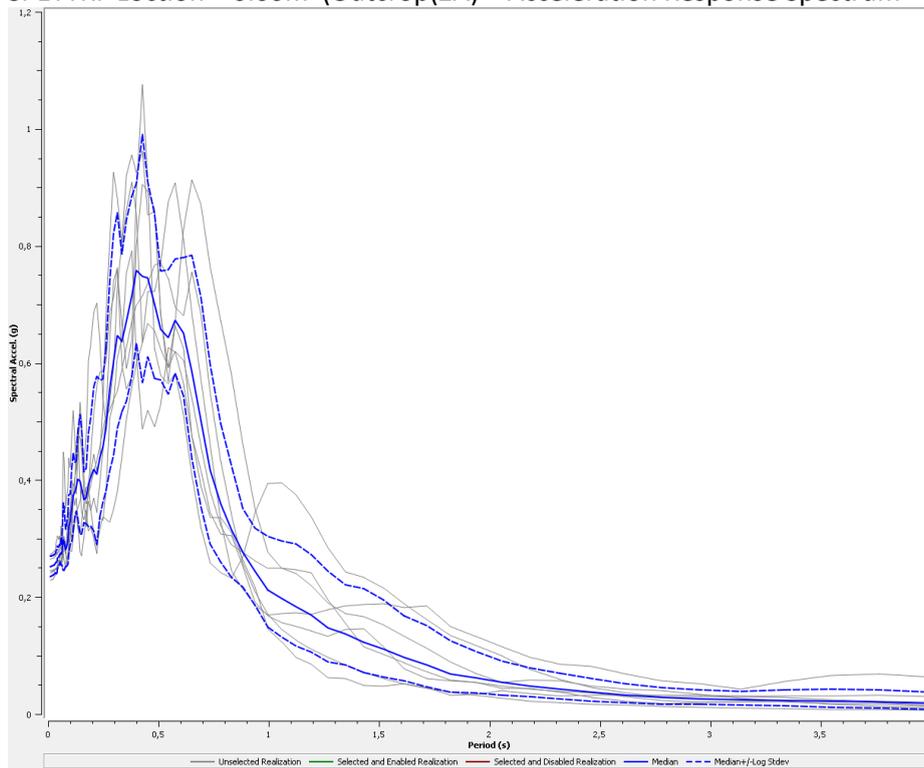


SPETTRI Loction – Bedrock (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

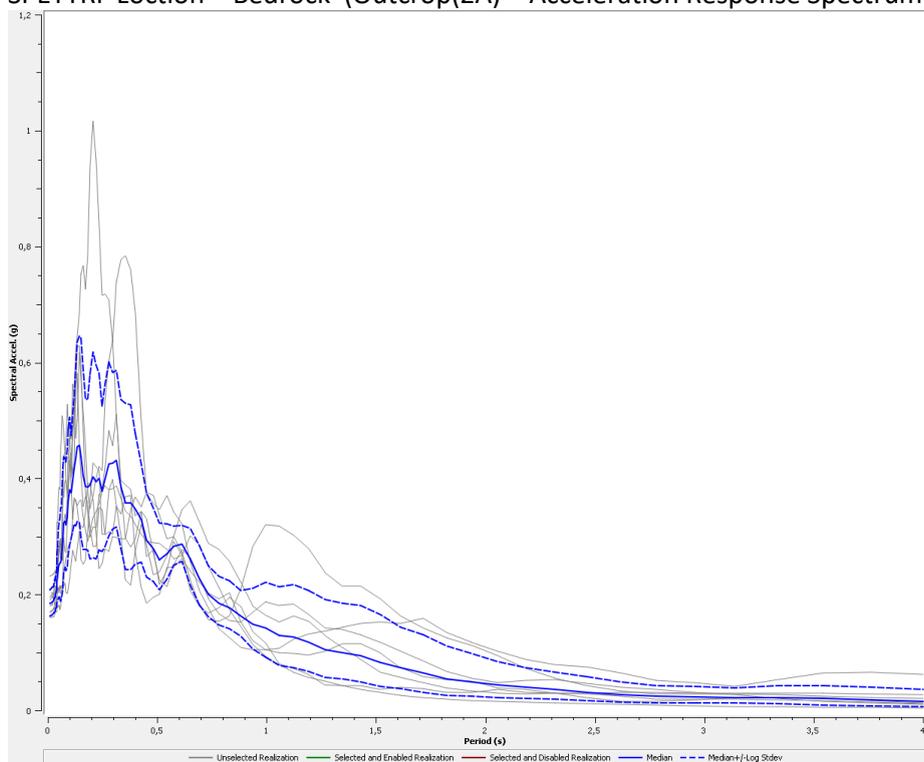


MOP55

SPETTRI Loction – 0.00m (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

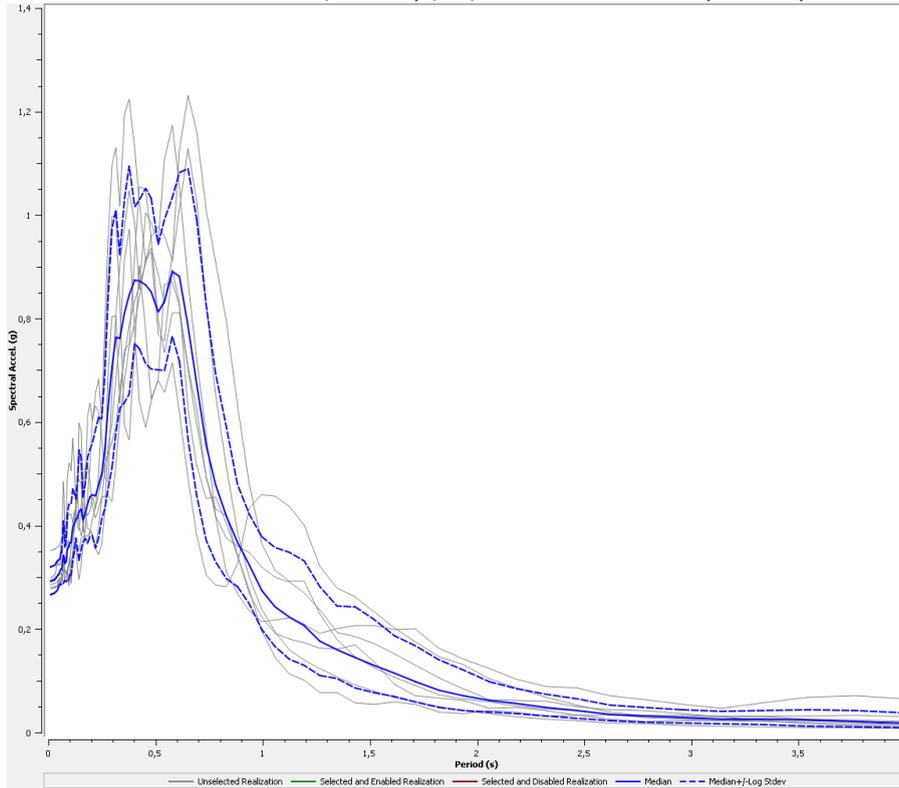


SPETTRI Loction – Bedrock (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

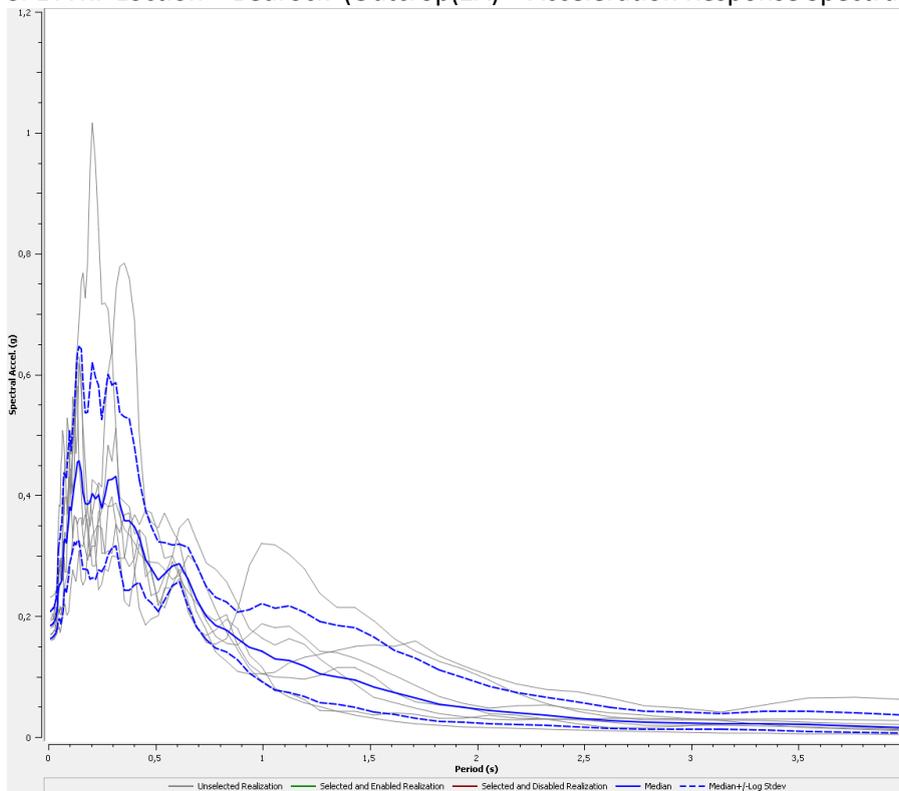


MOPS7

SPETTRI Loction – 0.00m (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

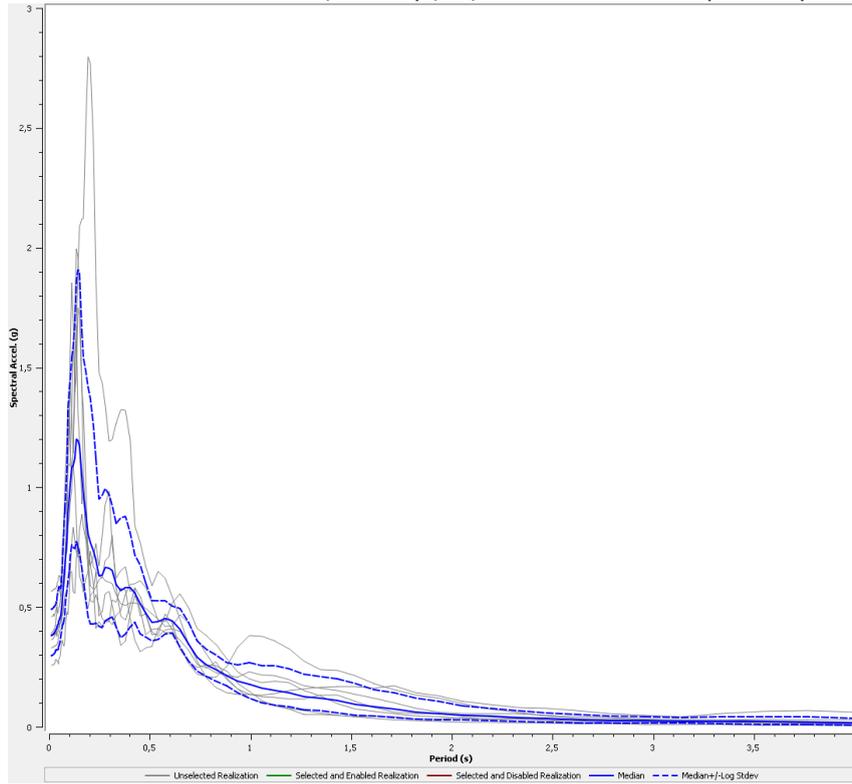


SPETTRI Loction – Bedrock (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum

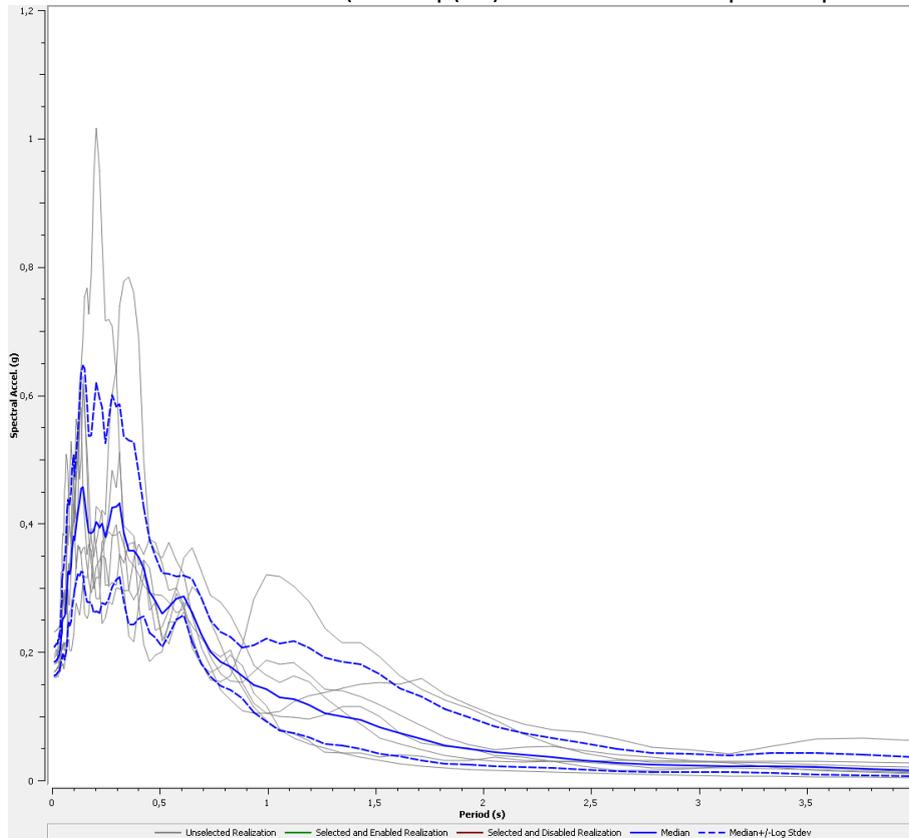


MOP9

SPETTRI Loction – 0.00m (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum



SPETTRI Loction – Bedrock (Outcrop(2A) – Acceleration Response Spectrum



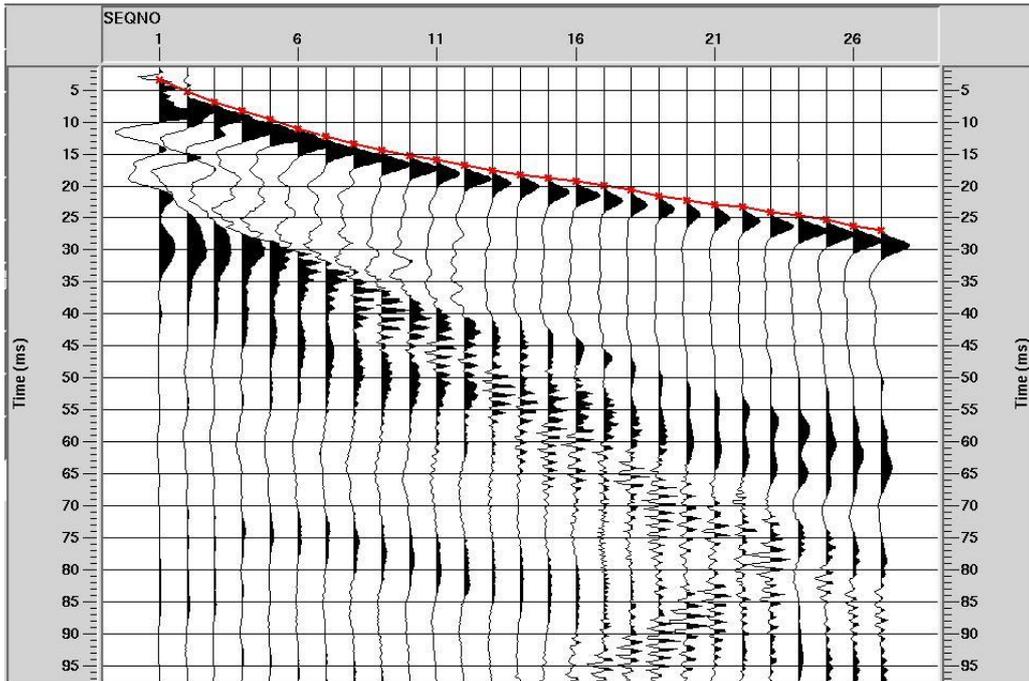
*Prova Down-Hole*  
**Comune di Mogliano**

**Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC-CNR)**

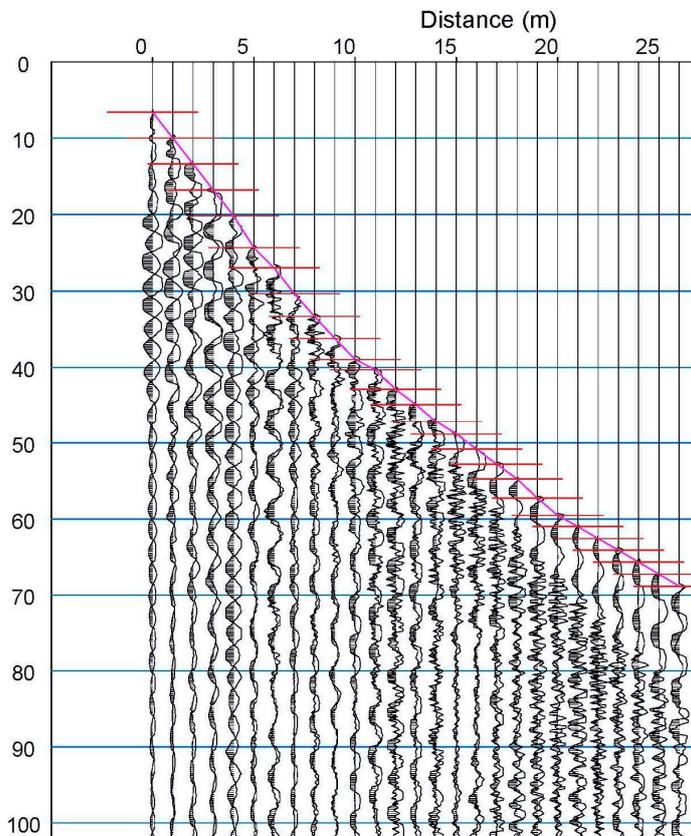
Dr. Vincenzo DI FIORE  
Dr. Giuseppe CAVUOTO  
Dr. Michele PUNZO  
Dr. Daniela TARALLO  
Dr. Nicola PELOSI  
Paolo SCOTTO di VETTIMO  
Michele IAVARONE  
Dr. Rodolfo BACULO

NAPOLI NOVEMBRE 2017

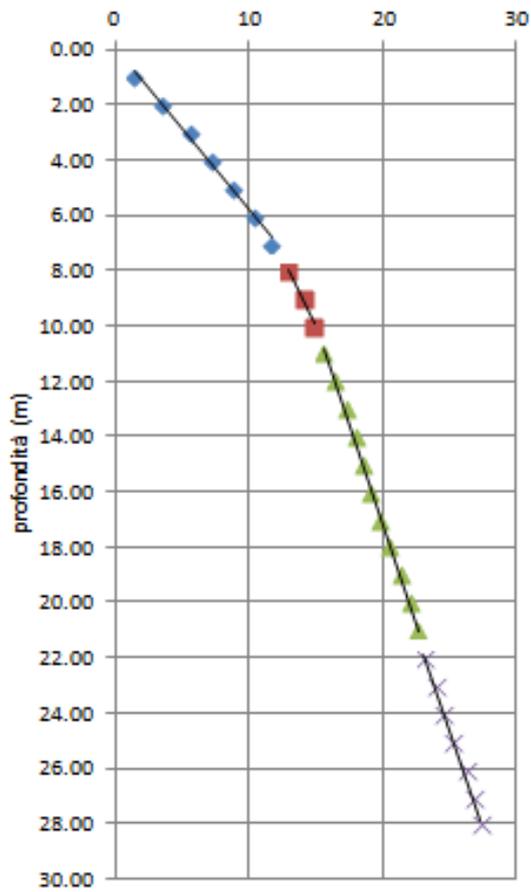
### Sismogrammi onde P



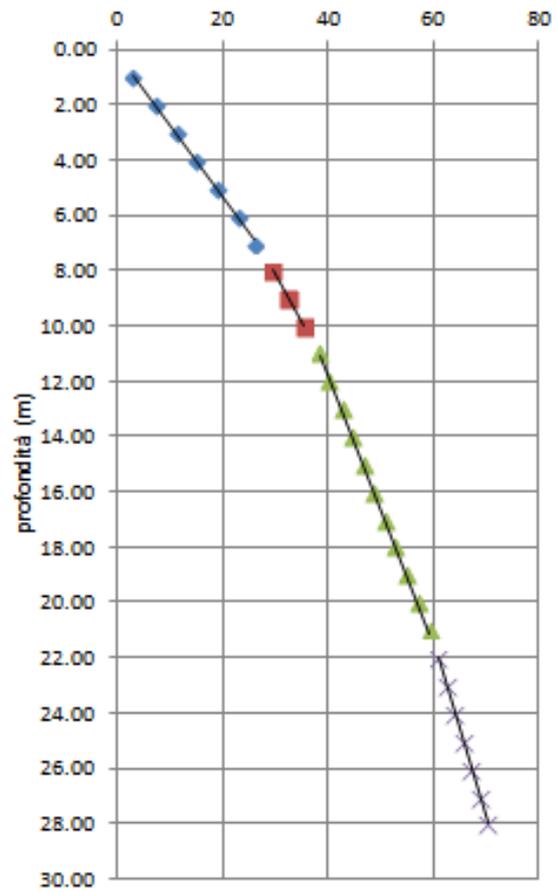
### Sismogrammi onde S



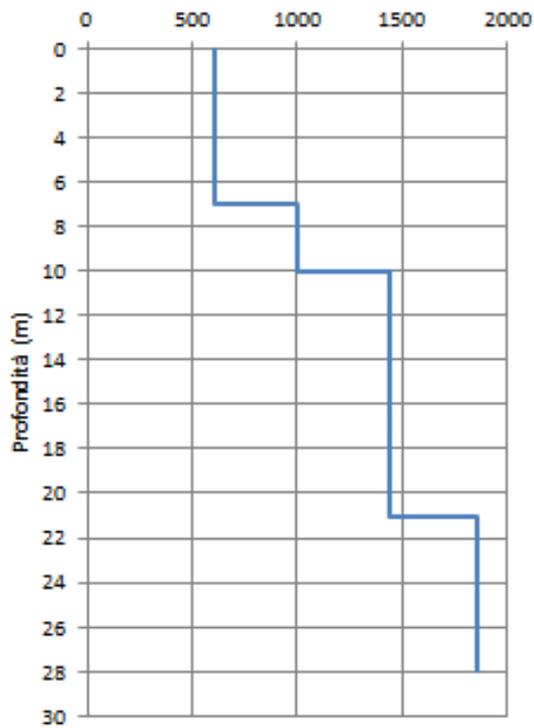
### Tempi corretti



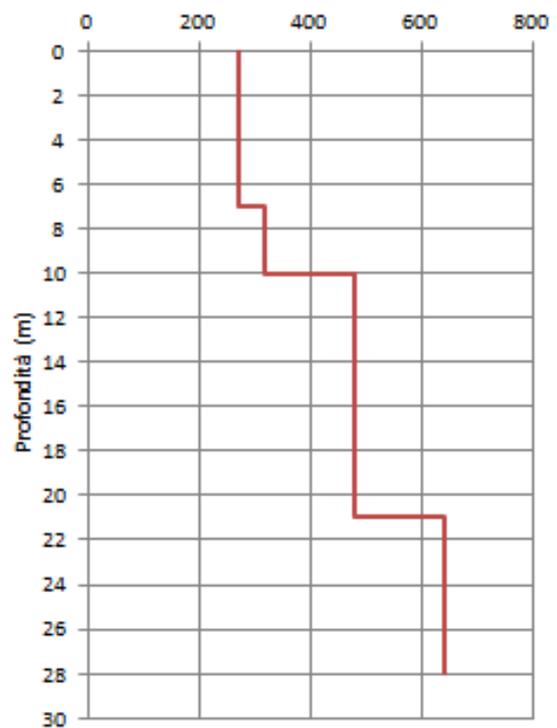
### Tempi corretti



### Vp (m/s)



### Vs (m/s)



Sito: Mogliano

<b>Profondità [m]</b>	<b>Vp [m/s]</b>
0.0 - 7.0	605
7.0 - 10.0	1004
10.0 - 21.0	1438
21.0 - 29.0	1861
<b>Profondità [m]</b>	<b>Vs [m/s]</b>
0.0 - 7.0	271
7.0 - 10.0	316
10.0 - 21.0	478
21.0 - 29.0	639

## SCHEDA DH

<b>Macroarea</b>	Marche 2	
<b>Località</b>	Mogliano	
Data di acquisizione	Novembre 2017	
<b>Coordinate Geografiche</b>	Lat.	43° 11'11.41" N
	Long.	13° 28'52.40" E
<b>Sondaggio</b>		
Profondità foro (m)	30.50	
<b>Strumentazione</b>		
Sismografo	Geometrics-Geode	
Sensori	n. 2 geofoni 3D a distanza di 1 m a 10 Hz	
Sistema orientazione	Aste in alluminio	
Sorgente	Massa Battente 5 Kg	
Piastra (componente verticale)	Alluminio rinforzato 30cmX30cm	
Piastra (componente orizzontale)	Alluminio rinforzato 30cmX20cm	
<b>Parametri acquisizione</b>		
Intervallo Campinamento (ms)	0.250	
Finestra temporale (s)	1.0	
Numero Campioni acquisiti	4000	
Distanza dal boccapozzo (m)	2	
Prima misura (m)	1.0	
Ultima Misura (m)	28.0	



Foto - Sito durante l'esecuzione della prova



<u>Committente</u>	Centro MS
<u>Indagine</u>	Mogliano
<u>Sondaggio</u>	S1
<u>Campione</u>	C1
<u>Profondità</u>	4.00 ÷ 4.70 m
<u>Data apertura</u>	20/11/2017
<u>Operatore</u>	Alfredo Ponzo

Diametro (mm):	85
Lunghezza (mm):	550
Data di apertura:	20/11/2017

<b>Stato del Campione</b>	Indisturbato	
	Parzialmente Rimaneggiato	X
	Rimaneggiato	

<b>Descrizione:</b> Limo con argilla debolmente sabbioso. Numerose concrezioni calcaree disfatte e non e qualche elemento calcareo lapideo dmax. 5mm. Punteggiatura organica diffusa.					
<b>Colore</b>	Avana, marroncino				
<b>Plasticità</b>	<input type="checkbox"/> Non Plastico	<input type="checkbox"/> Bassa	<input checked="" type="checkbox"/> Media	<input type="checkbox"/> Elevata	
<b>Addensamento</b> (Terreni granulari)	<input type="checkbox"/> Molto sciolto ( $D_r=0.0\div0.2$ )	<input type="checkbox"/> Sciolto ( $D_r=0.2\div0.4$ )	<input type="checkbox"/> Medio ( $D_r=0.4\div0.6$ )	<input type="checkbox"/> Denso ( $D_r=0.6\div0.8$ )	<input type="checkbox"/> Molto denso ( $D_r=0.8\div1.0$ )
<b>Consistenza</b> (Terreni coesivi)	<input type="checkbox"/> Molto molle ( $I_c < 0.0$ )	<input type="checkbox"/> Molle ( $I_c=0.0\div0.5$ )	<input checked="" type="checkbox"/> Media ( $I_c=0.5\div1.0$ )	<input type="checkbox"/> Consistente ( $I_c > 1.0$ )	<input type="checkbox"/> Molto consist. ( $I_c >> 1.0$ )
<b>Grado di umidità</b>	<input type="checkbox"/> Asciutto	<input type="checkbox"/> Poco Umido	<input checked="" type="checkbox"/> Umido	<input type="checkbox"/> Molto Umido	
<b>Alterazione</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Assente	<input type="checkbox"/> Debole	<input type="checkbox"/> Media	<input type="checkbox"/> Elevata	
<b>Struttura</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Omogenea	<input type="checkbox"/> Stratificata	<input type="checkbox"/> Scagliosa	<input type="checkbox"/> Laminata	<input type="checkbox"/> Caotica
<b>Fratturazione</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Assente	<input type="checkbox"/> Moderata	<input type="checkbox"/> Elevata		
<b>Cementazione</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Assente	<input type="checkbox"/> Debole	<input type="checkbox"/> Media	<input type="checkbox"/> Elevata	

Proprietà fisiche			Proprietà meccaniche	
n, γ, w	X		Compressione uniassiale	
Analisi granulometrica	X		TX-UU	
Limiti	X		TX-CIU	
CaCO <sub>3</sub>			TX-CID	
Sostanze organiche			Compressione edometrica	
Peso specifico del solido			Taglio anulare	
Proctor			Taglio diretto	
CBR			RC TS	X
Altro _____			Altro _____	
		<i>Pocket:</i> parte centrale 4.5 kg/cm <sup>2</sup>		



### Prova di colonna risonante e torsione ciclica

Dati iniziali								
D (mm)	H (mm)	V (cm <sup>3</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	w (%)	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	e (/)	S <sub>r</sub> (%)	p' (kPa)
35.21	71.97	70.04	20.45	17.49	26.48	0.52	90	145

Dati fine consolidazione								
D (mm)	H (mm)	V (cm <sup>3</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	w (%)	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	e (/)	S <sub>r</sub> (%)	p' (kPa)
35.32	71.97	70.46	20.65	19.33	17.31	0.53	98	145

Prova di colonna risonante					
$\gamma$ (%)	G (MPa)	D <sub>hp</sub> (%)	D <sub>rf</sub> (%)	f <sub>r</sub> (Hz)	G/G <sub>0</sub> (/)
0.0006	138.51	2.64	2.14	29.70	1.00
0.0009	140.38	2.56	2.20	29.90	1.01
0.0014	139.44	2.52	2.17	29.80	1.01
0.0021	139.44	2.53	2.19	29.80	1.01
0.0028	139.44	2.55	2.19	29.80	1.01
0.0039	137.58	2.58	2.37	29.60	0.99
0.0058	135.73	2.59	2.45	29.40	0.98
0.0083	132.06	2.68	2.62	29.00	0.95
0.0144	106.97	3.59	4.20	26.10	0.77
0.0193	99.72	4.24	5.02	25.20	0.72
0.0279	93.49	4.44	5.56	24.40	0.67
0.0402	83.07	4.59	6.51	23.00	0.60
0.0582	73.26	5.74	7.63	21.60	0.53
0.0839	64.71	5.95	8.97	20.30	0.47
0.1230	52.01	7.18	11.40	18.20	0.38
0.2030	36.28	9.02	14.90	15.20	0.26



Università degli Studi di Napoli Federico II  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale  
**Laboratorio di Geotecnica**

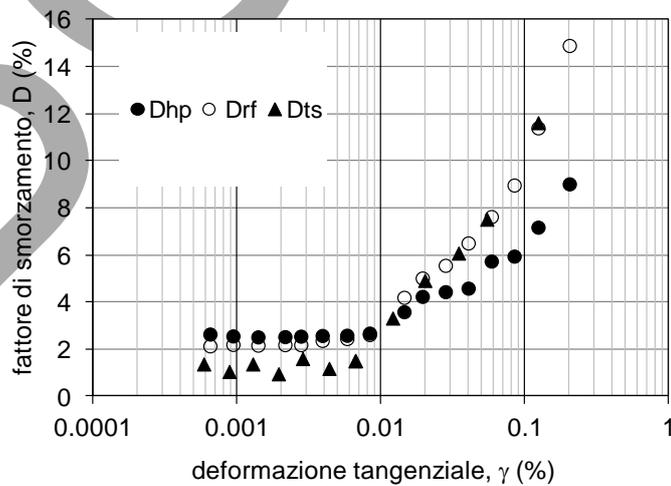
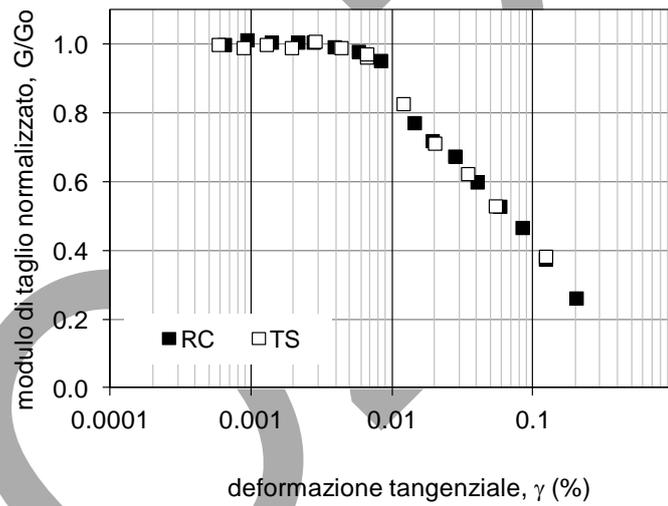
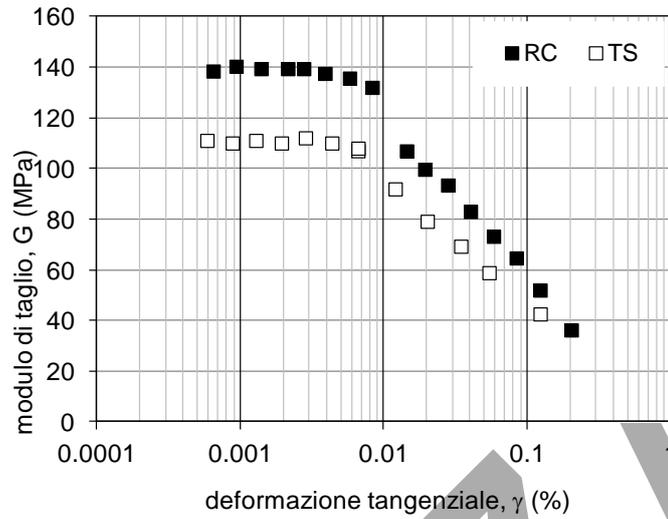
<u>Committente</u>	Centro MS
<u>Indagine</u>	Mogliano
<u>Sondaggio</u>	S1
<u>Campione</u>	C1
<u>Profondità</u>	4.00 ÷ 4.70 m
<u>Data apertura</u>	20/11/2017
<u>Operatore</u>	Antonio Cammarota

<b>Prova di torsione ciclica</b>				
$\gamma$ (%)	G (MPa)	D (%)	$f_r$ (Hz)	G/G <sub>o</sub> (/)
0.0006	111.11	1.37	0.50	1.00
0.0009	110.09	1.05	0.50	0.99
0.0013	111.11	1.37	0.50	1.00
0.0019	110.09	0.95	0.50	0.99
0.0028	112.13	1.60	0.50	1.01
0.0043	110.09	1.18	0.50	0.99
0.0066	107.03	1.50	0.50	0.96
0.0066	108.05	1.52	0.50	0.97
0.0120	91.97	3.32	0.50	0.83
0.0201	79.18	4.92	0.50	0.71
0.0344	69.34	6.08	0.50	0.62
0.0542	58.89	7.52	0.50	0.53
0.1232	42.60	11.62	0.50	0.38

BOWEN



Committente	Centro MS
Indagine	Mogliano
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	4.00 ÷ 4.70 m
Data apertura	20/11/2017
Operatore	Antonio Cammarota





## APPENDICE

### 1. L'attrezzatura sperimentale per prove di taglio torsionale

L'apparecchiatura utilizzata è la cella di taglio torsionale THOR (Figura A.1), progettata e realizzata presso l'Università di Napoli Federico II (d'Onofrio, 1996) sulla base del prototipo originario di colonna risonante 'fixed-free' messo a punto presso l'Università del Texas di Austin (Isenhower, 1979; Ni, 1987). Le caratteristiche tecniche dell'apparecchiatura sono dettagliate da d'Onofrio et al. (1999). In Tabella A.1 sono sintetizzate le principali caratteristiche del sistema, ed in Figura A.2 uno schema della catena strumentale per il controllo e l'acquisizione.

Tipo di prova		Colonna risonante / Taglio torsionale
Nome dell'apparecchiatura		THOR
Provino	Diametro esterno	36mm
	Altezza	72mm
	Accuratezza nella misura delle dimensioni e del peso del provino	0.1 mm, 0.1 gr
	Metodo di preparazione del provino	Fustellamento
	Saturazione	In cella via back-pressure
	Test di B	B > 0.95 mediando i valori ottenuti incrementando e decrementando la pressione di cella
	Contatto tra provino e apparecchiatura	Piastra rugosa avvitata nella testa di carico e pietra porosa di carburo di silicio avvitata al piedistallo
Sistema di applicazione dei carichi torcenti	Tipo	Motore elettromagnetico
Accuratezza del sistema di controllo	Pressione di cella	40 Pa attraverso convertitore E/P
	Contropressione	Senza controllo
	Sistema di applicazione dei carichi torcenti	Controllo in corrente risoluzione $1.6 \cdot 10^{-5}$ Nm (2 Pa per il provino $\varnothing$ 36 mm) Fondo scala 5 Nm Non c'è effetto della forza elettromotrice indotta
Tipo di trasduttori utilizzati	Pressione di cella	Sensore di pressione di elevate prestazioni con membrana al silicone
	Contropressione	Trasduttore miniaturizzato con diaframma al silicone
	Pressione neutra	Trasduttore miniaturizzato con diaframma al silicone
	Coppia torcente	Cella torsionale a strain-gage
	Spostamenti assiali	LVDT in corrente continua
	Variazioni di volume	Trasduttore differenziale di pressione/ volumometro
	Accelerazioni	Accelerometro piezoelettrico
	Rotazioni	Laser /Proximitor
Accuratezza delle misure	Pressione di cella	1.5 Pa
	Contropressione	0.7 Pa
	Pressione interstiziale	0.7 Pa
	Coppia torcente	$6 \cdot 10^{-3}$ Nm
	Spostamenti assiali	1 $\mu$ m
	Variazioni di volume	0.0014 cm <sup>3</sup>
	Rotazioni	$2.5 \cdot 10^{-7}$ rad (prox)

Tabella A.1. Principali caratteristiche della cella di taglio torsionale THOR.



<u>Committente</u>	Centro MS
<u>Indagine</u>	Mogliano
<u>Sondaggio</u>	S1
<u>Campione</u>	C1
<u>Profondità</u>	4.00 ÷ 4.70 m
<u>Data apertura</u>	20/11/2017
<u>Operatore</u>	Antonio Cammarota



Figura A.1. L'apparecchiatura di taglio torsionale THOR.

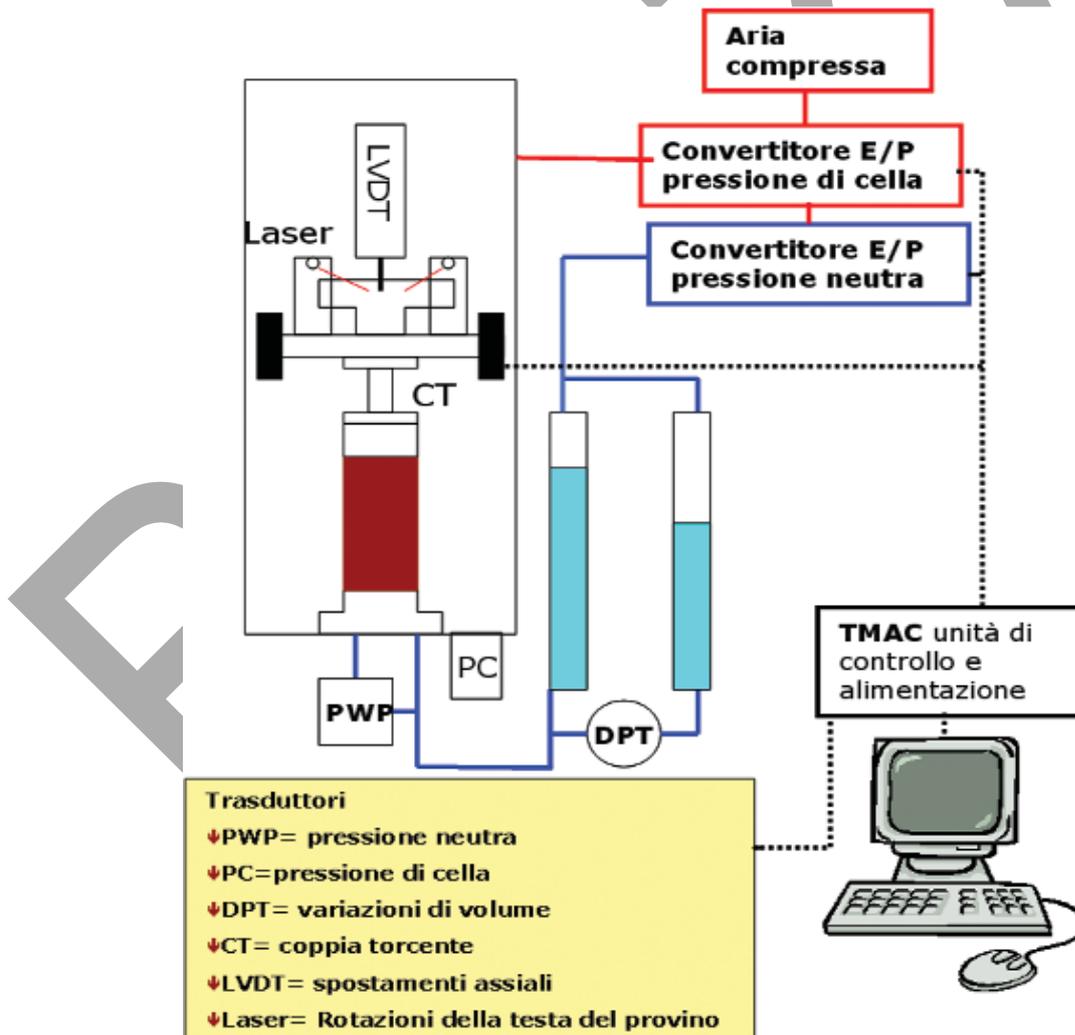


Figura A.2. Diagramma schematico del sistema di controllo e acquisizione di THOR



Committente	Centro MS
Indagine	Mogliano
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	4.00 ÷ 4.70 m
Data apertura	20/11/2017
Operatore	Antonio Cammarota

## 2. Procedure sperimentali per le prove RC e CTS

Ciascun provino è stato sottoposto ad una prima fase di applicazione della sollecitazione sferica per ricondurre il provino alla tensione efficace stimata agente in sito.

Al termine di questa fase è stato poi applicato il carico torsionale  $M(t)$ , avente caratteristiche diverse in funzione del tipo di prova. In particolare, in relazione alla frequenza con la quale vengono fatte variare le sollecitazioni nel tempo, è possibile distinguere due tipi di prova: prove «cicliche» (torsione ciclica, CTS) e prove «dinamiche» propriamente dette (colonna risonante, RC).

I criteri di interpretazione delle prove in termini di rigidità e smorzamento sono variabili a seconda delle caratteristiche della sollecitazione torsionale applicata. Infatti, nelle prove TS l'effetto delle forze di inerzia è trascurabile e quindi l'interpretazione è di tipo «quasi statico», mentre per le prove RC è necessario fare riferimento a modelli d'analisi dinamici. I criteri descritti in seguito sono quelli pressoché universalmente adottati per l'interpretazione delle prove RC e CTS, conformi alle norme ASTM (ASTM D4015/92). Presso il DIGA sono state messe a punto, e vengono normalmente utilizzate, procedure di interpretazione più complesse, che si avvalgono della completa automazione e digitalizzazione delle prove. Queste procedure, ampiamente descritte altrove (Papa et al., 1988; Silvestri, 1991, d'Onofrio, 1996), tra l'altro consentono di aumentare l'affidabilità dei risultati anche quando il livello di deformazioni indagato è basso e quindi si è in presenza di un rapporto segnale/rumore non elevato. Per approfondimenti si rimanda a Silvestri (1991).

### 2.1 Prove di colonna risonante (RC)

Durante una prova di colonna risonante (Figura A.3) il provino è sottoposto ad una sollecitazione torsionale di ampiezza  $M$  costante e frequenza  $f$  variabile nel tempo:

$$M(t) = M \sin[2\pi ft]$$

Nell'attrezzatura utilizzata, l'estremità superiore del provino è libera, mentre la base è rigidamente vincolata al piedistallo fisso; in tal modo lo schema dinamico di riferimento è del tipo «a base fissa» o «fixed-free» (Woods, 1978).

Durante la prova, viene registrata la vibrazione della testa del provino in termini di rotazione,  $\theta$ , rilevata a seconda dei casi da una coppia di sensori laser oppure da due coppie di trasduttori di prossimità. Tale misura viene convertita in deformazioni tangenziali,  $\gamma$ , mediante le opportune costanti di taratura (d'Onofrio, 1996). La risposta del provino risulta in ogni istante isofrequenziale con la sollecitazione, mentre l'ampiezza ( $\theta$  o  $\gamma$ ) varia in relazione alla frequenza, ed attinge il valore massimo quando vengono raggiunte le cosiddette "condizioni di risonanza" ( $f = f_R$ ).

Il modulo tangenziale  $G$  viene dedotto dalla misura della velocità delle onde di taglio,  $V_s$ , ottenuta analizzando la risposta del sistema composto da provino e dispositivo di carico torsionale, sulla base di classici modelli teorici di vibrazione torsionale di solidi cilindrici (Richart et al, 1970). Dalla conoscenza delle caratteristiche fisico-geometriche del sistema,  $V_s$  e  $G$  si ricavano applicando le espressioni:

$$V_s = \frac{2\pi f_r L}{\beta}$$

$$G = \rho V_s^2$$

dove  $L$  indica l'altezza del provino e  $\rho$  la densità del terreno. La costante adimensionale  $\beta$  è funzione dell'inerzia polare di massa del provino,  $I$ , e di quella del sistema di eccitazione,  $I_0$ , secondo l'equazione:

$$\frac{I}{I_0} = \beta \tan \beta$$

Dalla curva di risposta è possibile anche ricavare il fattore di smorzamento  $D$ , individuando i valori di frequenza ( $f_1$ ,  $f_2$ ) corrispondenti ad un'ampiezza di vibrazione pari a  $\gamma_{\max}/\sqrt{2}$  (metodo della «semibanda di potenza»):

$$D_{hp} = \frac{f_2 - f_1}{2 f_R}$$

A causa della non linearità e della degradazione ciclica, questo criterio non sempre fornisce una valutazione attendibile del fattore di smorzamento  $D$ . In casi del genere si può, in alternativa, ricorrere al metodo basato sull'espressione analitica del



<u>Committente</u>	Centro MS
<u>Indagine</u>	Mogliano
<u>Sondaggio</u>	S1
<u>Campione</u>	C1
<u>Profondità</u>	4.00 ÷ 4.70 m
<u>Data apertura</u>	20/11/2017
<u>Operatore</u>	Antonio Cammarota

fattore di risonanza (metodo del fattore di risonanza), cioè il rapporto tra il valore di picco,  $\gamma_{\max}$ , della curva di risposta  $\gamma(f)$  e la rotazione statica corrispondente ad una coppia di eguale ampiezza  $M$ . Da esso si ricava  $D$ , una volta noti le ampiezze  $M$  e  $\gamma_{\max}$ , ed il valore di  $G$  già calcolato, con l'espressione seguente:

$$D_{rf} = \frac{M_0 \bar{R}}{2G\gamma_{\max}}$$

Questo metodo appare in genere più attendibile di quello precedente, perché meno sensibile agli effetti della non linearità e della degradazione ciclica del terreno.

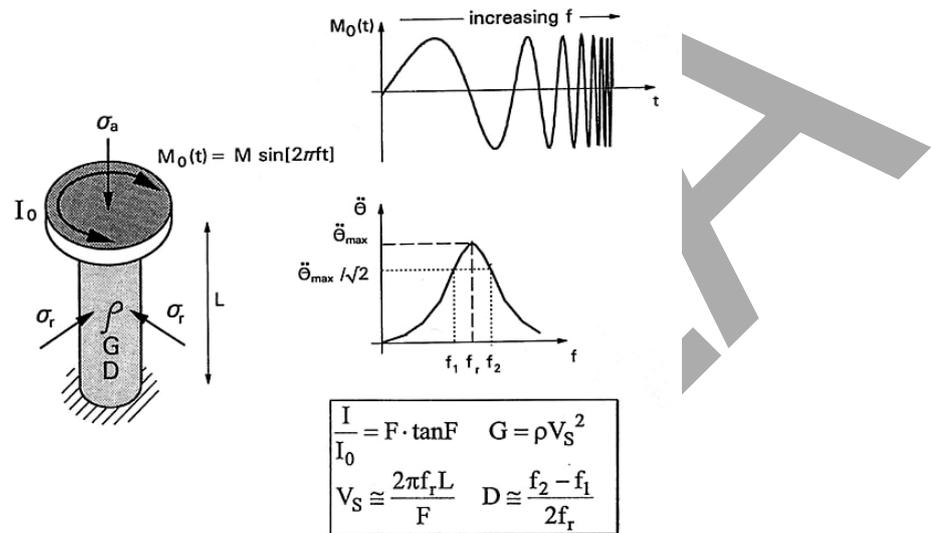


Figura A.3: Interpretazione delle prove di colonna risonante.



<u>Committente</u>	Centro MS
<u>Indagine</u>	Mogliano
<u>Sondaggio</u>	S1
<u>Campione</u>	C1
<u>Profondità</u>	4.00 ÷ 4.70 m
<u>Data apertura</u>	20/11/2017
<u>Operatore</u>	Antonio Cammarota

## 2.2 Prova di torsione ciclica (CTS)

Durante una prova di torsione ciclica (Figura A.4), il provino viene sottoposto ad un momento torcente  $M(t)$  variabile nel tempo con legge sinusoidale (di ampiezza e frequenza costanti) e si misura la rotazione della testa  $\theta(t)$ .

Le tracce temporali rappresentative di momenti e rotazioni vengono tradotte in termini di andamenti  $\tau(t)$  e  $\gamma(t)$ , mediante le opportune costanti di taratura ed assumendo alcune ipotesi semplificative sulla distribuzione dello stato tensio-deformativo all'interno del provino.

Per ciascun ciclo di carico si individuano quindi i valori di picco della tensione e della deformazione tangenziali ( $\tau_{max}$  e  $\gamma_{max}$ ), e l'andamento del ciclo di isteresi risultante dall'accoppiamento di  $\tau(t)$  e  $\gamma(t)$ .

I valori di  $G$  e  $D$  vengono calcolati utilizzando le relazioni:

$$G = \frac{\tau_{pp}}{\gamma_{pp}}$$

$$D = \frac{W_d}{4\pi W_s}$$

Per l'interpretazione dei risultati relativi alle prove di torsione ciclica si è attribuita maggiore affidabilità a tecniche di regressione statistica ai bassi livelli di deformazione (adoperando una regressione sinusoidale, cfr. Papa et al., 1988); non appena i disturbi elettrici sono apparsi senz'altro trascurabili, si è ricorsi ai criteri ordinari (ampiezze picco-picco, area del ciclo di isteresi).

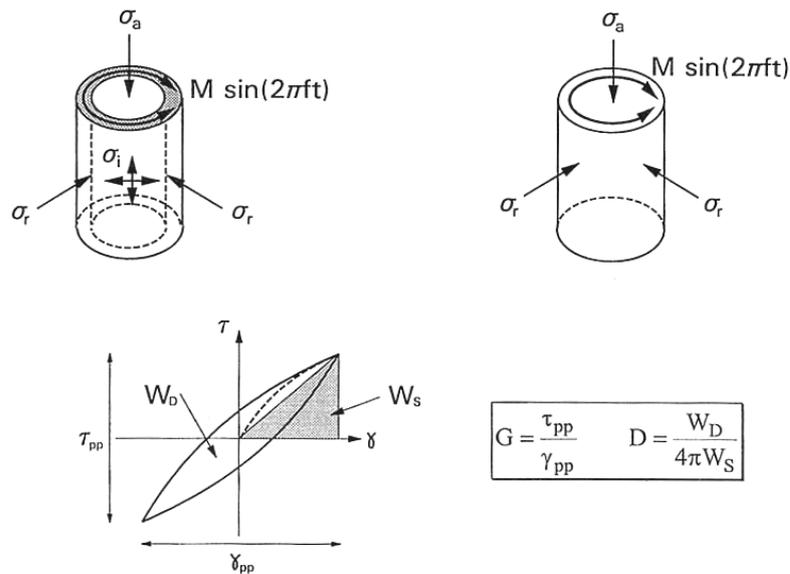


Figura A.4: Interpretazione delle prove di torsione ciclica.



Università degli Studi di Napoli Federico II  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale  
**Laboratorio di Geotecnica**

<u>Committente</u>	Centro MS
<u>Indagine</u>	Mogliano
<u>Sondaggio</u>	S1
<u>Campione</u>	C1
<u>Profondità</u>	4.00 ÷ 4.70 m
<u>Data apertura</u>	20/11/2017
<u>Operatore</u>	Antonio Cammarota

## Riferimenti

AGI (1994) - *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio*

ASTM D422/90 - *Standard Test Method for particle-size analysis of soils.*

ASTM D4318 - *Standard Test Methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of Soils.*

ASTM D2435/96 - *Standard Test Methods for one-dimensional consolidation properties of soils using incremental loading.*

ASTM D4015/92 - *Standard Test Methods for modulus and damping of soils by Resonant-Column method.*

d'Onofrio A. (1996) – *Comportamento meccanico dell'argilla di Vallericca in condizioni lontane dalla rottura* – Tesi di dottorato in Ingegneria Geotecnica, Università degli Studi di Napoli.

d'Onofrio A., Silvestri F., Vinale F. (1999) - *A new torsional shear device* - ASTM Geotechnical Testing Journal, Vol 22-2 pp.107-117.

Isenhower W.M. (1979) - *Torsional Simple Shear/Resonant Column properties of San Francisco Bay Mud* - M.S. Thesis, The University of Texas at Austin.

Ni S. H. (1987) *Dynamic properties of sand under true triaxial stress states from Resonant Column/Torsional Shear tests* - Ph. D. dissertation, The University of Texas at Austin.

Papa V., Silvestri F., Vinale F. (1988) - *Recenti sviluppi e prospettive nelle tecniche di interpretazione di prove dinamiche di taglio semplice* - Atti del Convegno del Gruppo Nazionale di Coordinamento per gli Studi di Ingegneria Geotecnica, Monselice.

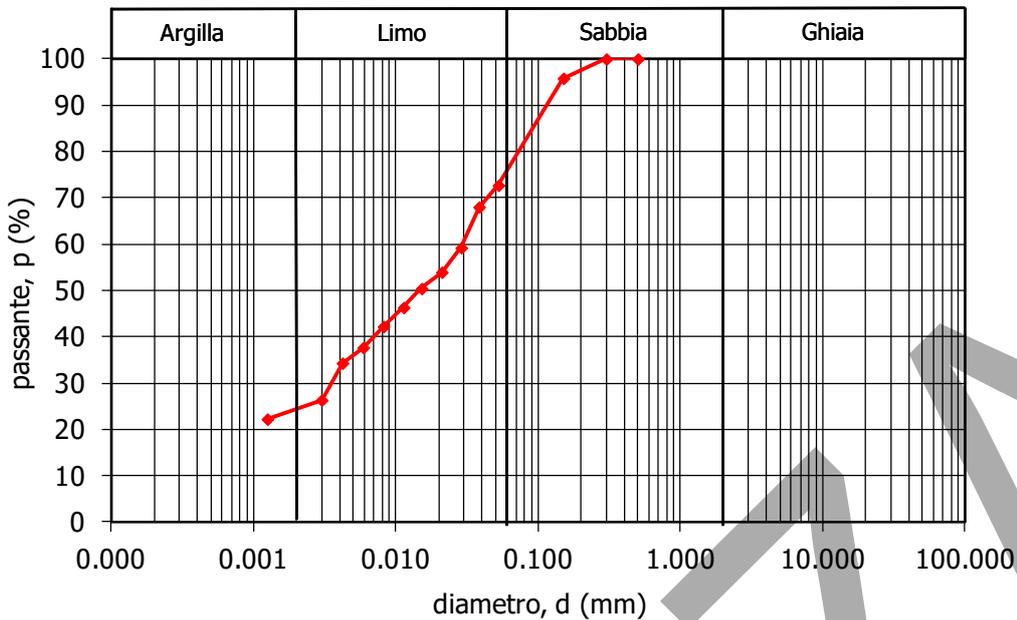
Richart F.E., Hall J.R., Woods R.D. (1970) - *Vibrations of soils and foundations* - Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Silvestri F. (1991) - *Analisi del comportamento dei terreni naturali in prove cicliche e dinamiche di taglio torsionale* - Tesi di Dottorato in Ingegneria Geotecnica, Università degli Studi di Napoli.

Woods R.D. (1978) - *Measurement of dynamic soil properties* - Proc. "Geotechnical Engineering Division Specialty Conference on Earthquake Engineering and Soil Dynamics", ASCE, Pasadena (California).



Committente	Centro MS
Indagine	Mogliano
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	4.00 ÷ 4.70 m
Data apertura	20/11/2017
Operatore	Alfredo Pozzo



CURVA GRANULOMETRICA	
d (mm)	Passante (%)
0.50	100.00
0.30	100.00
0.15	95.83
0.052	72.73
0.038	68.04
0.029	59.24
0.021	53.96
0.015	50.44
0.011	46.34
0.008	42.23
0.006	37.69
0.004	34.33
0.003	26.35
0.001	22.24

Terreno: LIMO SABBIOSO ARGILLOSO

STACCIATURA			SEDIMENTAZIONE		
d (mm)	Peso trattenuto (gr)	Peso passante (gr)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Lettura areometro (gr/cmc)
0.50	0.00	67.69	0.5	20.00	1.03250
0.30	0.00	67.69	1	20.00	1.03050
0.15	2.82	64.87	2	20.00	1.02675
			4	20.00	1.02450
			8	20.00	1.02300
			15	20.00	1.02125
			30	20.00	1.01950
			60	20.50	1.01750
			120	21.00	1.01600
			240	22.00	1.01225
			1440	21.00	1.01050

$G_s=2.70$

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Peso secco totale (gr)	Metodo di preparazione	% < 0.075 mm	% ciottoli	% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	Peso secco per sedimentazione (gr)	$D_{max}$ (mm)	$D_{60}$ (mm)	$D_{30}$ (mm)	$D_{10}$ (mm)
S1	C1	4,00-4,70	67.69	A secco	78	0	0	25	50	25	67.69	0.3	0.03	0.0025	-

Normativa di riferimento ASTM 422/90



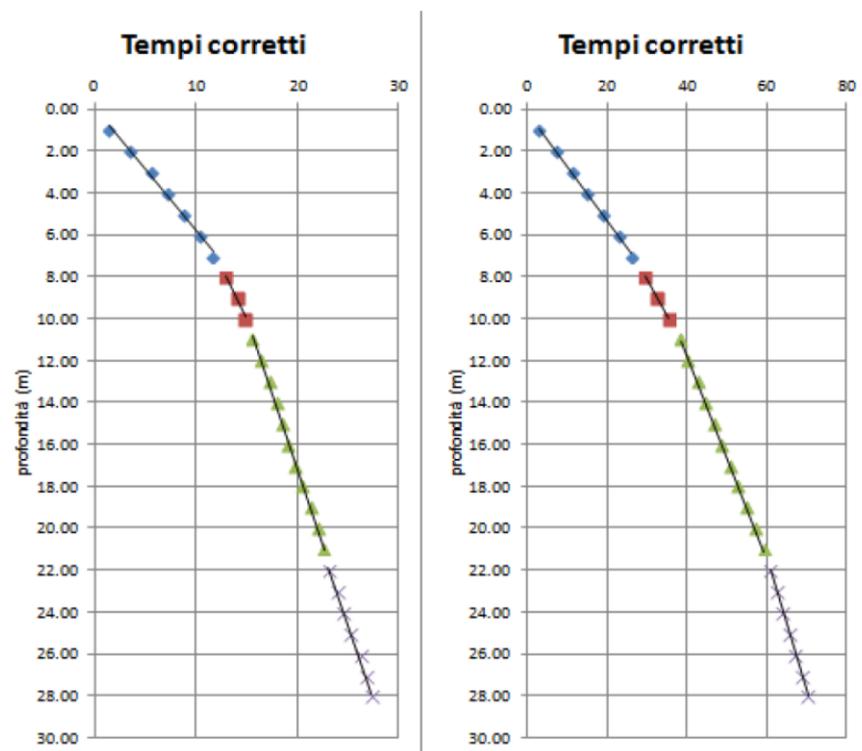
Le proprietà fisico-meccaniche dei terreni adottate nelle analisi sono sinteticamente riportate in Tabella I.

Denominazione	Litologia	interpretazione	spessori	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$V_s$ (m/s)	$\nu$	$\alpha$	$V_p$ (m/s)	$G/G_0(\gamma)$ $D(\gamma)$
Riperti antropici		MASW	0-3	20	160	0.44	3.05	488	Santucci et al. 2014
Depositi eluvio-colluviali (MLec/CLec)	Limi inorganici, sabbie fini di bassa plasticità	DH	0-20	20	271	0.37	2.23	605	Prova TS Mogliano
SFALS		DH	0-10	20	316	0.45	3.18	1004	Prova TS Massa Fermana
ALS	Alternanza di facies pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica	DH	5-16	21.5	478	0.44	3.01	1438	Prova TS Massa Fermana
			16-22		639	0.43	2.91	1861	
CO-ALS	Argilla marnose		22-	21.5	800	0.44	3.05	2439	Lineare (Do=0.5)

Tabella I – Proprietà fisiche e meccaniche dei terreni

Poiché i metodi numerici di analisi utilizzati nel presente studio fanno riferimento al tradizionale approccio di legame costitutivo visco-elastico lineare equivalente, il comportamento di ciascun materiale è stato espresso attraverso il peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ), le velocità delle onde di taglio e di compressione ( $V_s$ ,  $V_p$ ), e le curve di variazione di rigidezza e smorzamento con la deformazione al taglio,  $G(\gamma)/G_0$  e  $D(\gamma)$ .

Le velocità delle onde S sono state determinate a partire dai risultati delle prove MASW e dall'unica prova DH disponibile. Questa è stata interpretata in termini di dromocrone associate alla colonna stratigrafica del sondaggio (Figura 3), fornendo i valori medi di  $V_p$  e  $V_s$  da attribuire alle singole formazioni ai diversi campi di profondità.



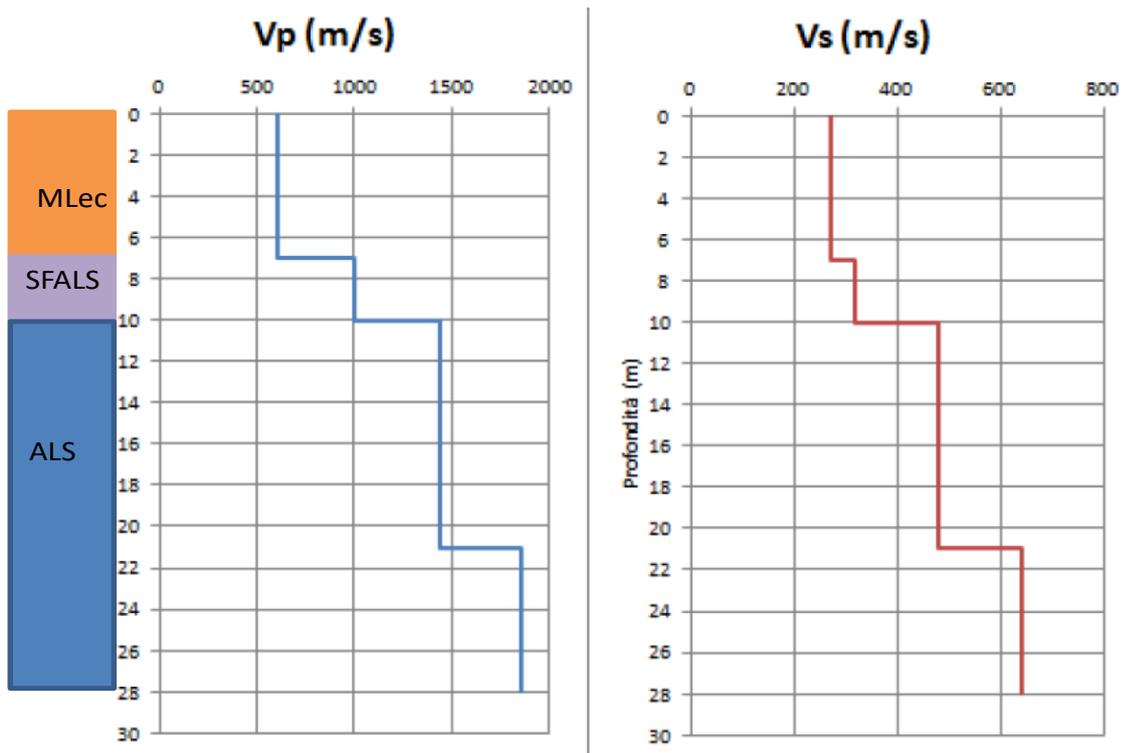


Figura 3 – Risultati prova DH: a) dromocroni; b) profilo Vp e Vs.

Ad ogni unità litologica, sono stati anche attribuiti valori dei coefficienti  $\alpha$  ( $=V_p/V_s$ ) e di Poisson  $\nu^1$  relativi ai diversi campi di profondità esplorati con la prova DH. Questi parametri sono stati poi utilizzati per le analisi di risposta sismica eseguite con modelli bidimensionali.

I profili di  $V_s$  delle diverse formazioni adottate nei modelli di calcolo sono riassunti e confrontati in figura 4. In figura 5 sono invece presentate le curve di variazione di rigidezza al taglio normalizzata e fattore di smorzamento con la deformazione tangenziale, adottate per le analisi. Entrambe le figure evidenziano la notevole variabilità sia della rigidezza sia del comportamento non-lineare e dissipativo dei diversi materiali.

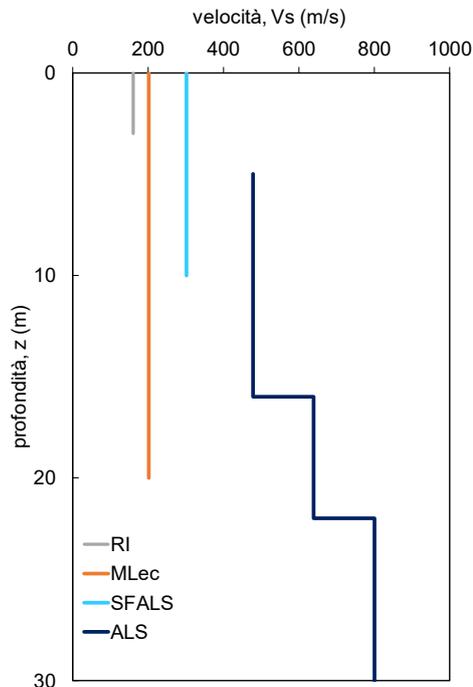


Figura 4 – Modello di velocità

<sup>1</sup> Dalla teoria dell'elasticità  $\nu = (0.5 \alpha^2 - 1) / (\alpha^2 - 1)$

I riporti antropici sono stati caratterizzati grazie ai risultati di una prova MASW che attribuisce a questi ultimi una velocità di 160m/s. Il comportamento non lineare e dissipativo è stato caratterizzato adottando delle curve di letteratura ottenute su materiali simili (Santucci et al. 2014). La prova DH, eseguita sulla sommità del rilievo, ha consentito di caratterizzare in termini di Vs i depositi argillosi eluvio-colluviali (MLec/CLec) cui viene attribuita una velocità di 271m/s. Lo stesso valore di velocità è stato assegnato anche agli stessi depositi in frana. Il comportamento non lineare e dissipativo di tali depositi è stato caratterizzato grazie all'esecuzione di una prova di torsione ciclica su un campione prelevato nel foro di sondaggio eseguito a Mogliano per la prova DH. Lo strato di alterazione delle alternanze pelitico arenacee e arenaceo pelitiche (SFALS) è stato caratterizzato grazie ai risultati della prova DH che attribuisce a quest'ultimo una velocità di circa 301m/s. La stessa prova DH ha permesso di descrivere il profilo di velocità nelle alternanze (ALS) con un primo strato di circa 10m con una velocità di 478 seguito da uno più rigido con velocità di 639m/s. A tutte le formazioni del substrato è stata attribuita un'unica curva di non linearità ottenuta dai risultati di una prova di torsione ciclica su un campione prelevato nelle stesse formazioni nel comune di Massa Fermana.

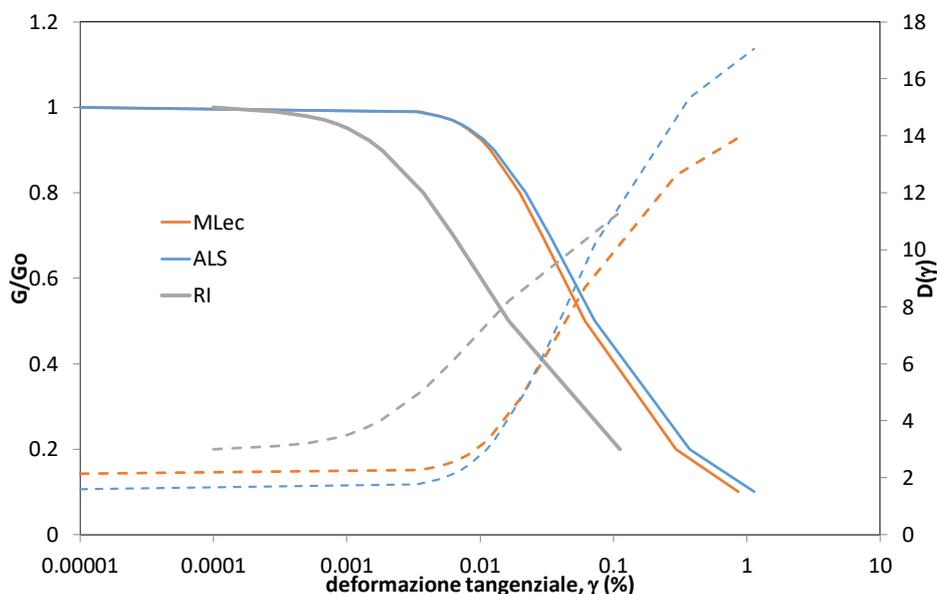


Figura 5 – Curve del decadimento del modulo di taglio e dell'andamento del fattore di smorzamento con il livello di deformazione

Infine il *bedrock*, corrispondente in quest'area alla formazione a Colombacci è stato modellato come materiale a comportamento lineare con Vs pari a 800m/s e valore molto limitato del fattore di smorzamento ( $D_0=0.5\%$ ).

La calibrazione del modello è stata confermata dal confronto tra le frequenze sperimentali e numeriche nelle tre verticali riportate in Figura 2.

## 2. Analisi numeriche

Di seguito si riportano i risultati delle analisi numeriche bidimensionali condotte utilizzando il codice QUAD4M (Hudson et al., 2003). Gli input adottati nelle analisi sono stati forniti dal Centro di Microzonazione. Le amplificazioni di sito sono state valutate attraverso analisi bidimensionali di risposta sismica locale della sezione riportata in Figura 2. La sezione attraverso le MOPS 2002, 2003, 30242003 come riportato in Figura 6.

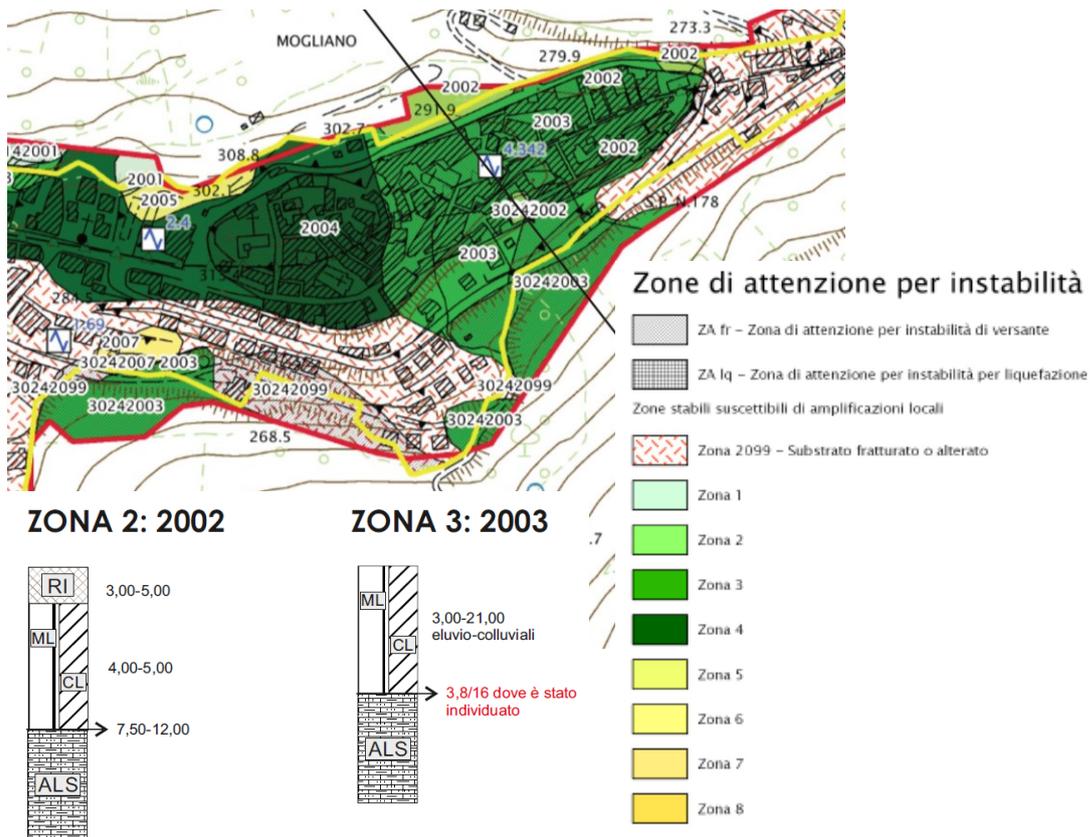


Figura 6 – Carta delle MOPS attraversate dalla sezione.

Le Figure 7-9 riportano i fattori di amplificazione medi ottenuti dall'analisi, nei campi di periodo 0.1-0.5s ( $FA_{0.1-0.5s}$ ), 0.4-0.8s ( $FA_{0.4-0.8s}$ ) e 0.7-1.1s ( $FA_{0.7-1.1s}$ ) sovrapposti all'involuppo dei loro valori massimi e minimi (linee tratteggiate in grigio). La linea rossa indica il valore del fattore di amplificazione medio nelle MOPS attraversate dalla sezione i cui valori sono riportati in Tabella II.

I FA attingono generalmente i valori massimi nell'intervallo di periodi 0.4-0.8s e i minimi tra 0.7s e 1.1s. A parità di verticale, la dispersione del fattore di amplificazione si riduce al crescere del campo di periodo considerato.

A prescindere dal campo di periodi considerato, le massime amplificazioni sono associate alla MOPS 2002, i.e. terreni di riporto fortemente deformabili in forte acclività. Si evidenzia che tale MOPS corrisponde alla zona di massimo danneggiamento del costruito a seguito del terremoto del Centro-Italia.

	2002	2003	30242003
$FA_{0.1-0.5}$	2.69	2.11	1.73
$FA_{0.4-0.8}$	3.10	3.05	1.96
$FA_{0.7-1.1}$	2.09	2.08	1.70

Tabella II. Fattori di amplificazione attribuiti a ciascuna MOPS.

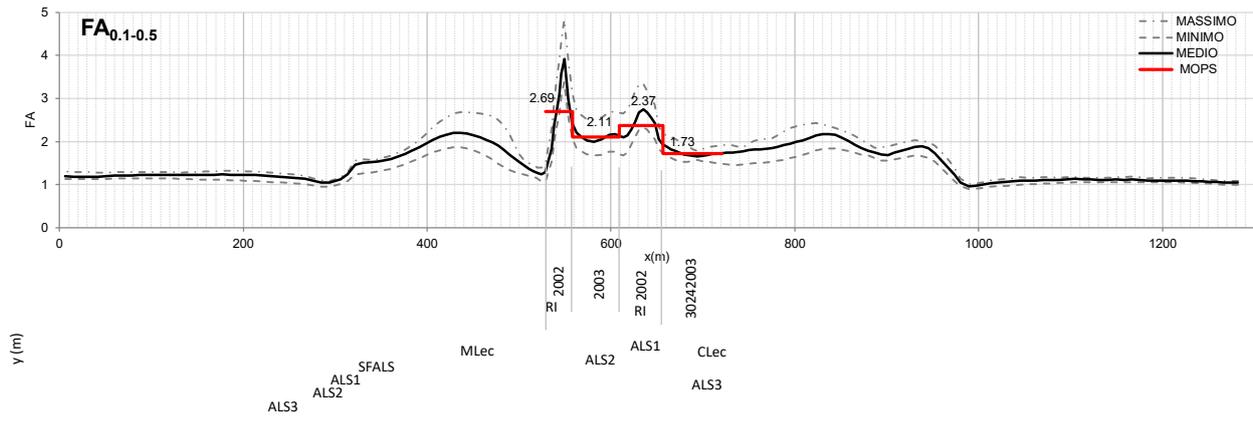


Figura 7 – Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.1s-0.5s.

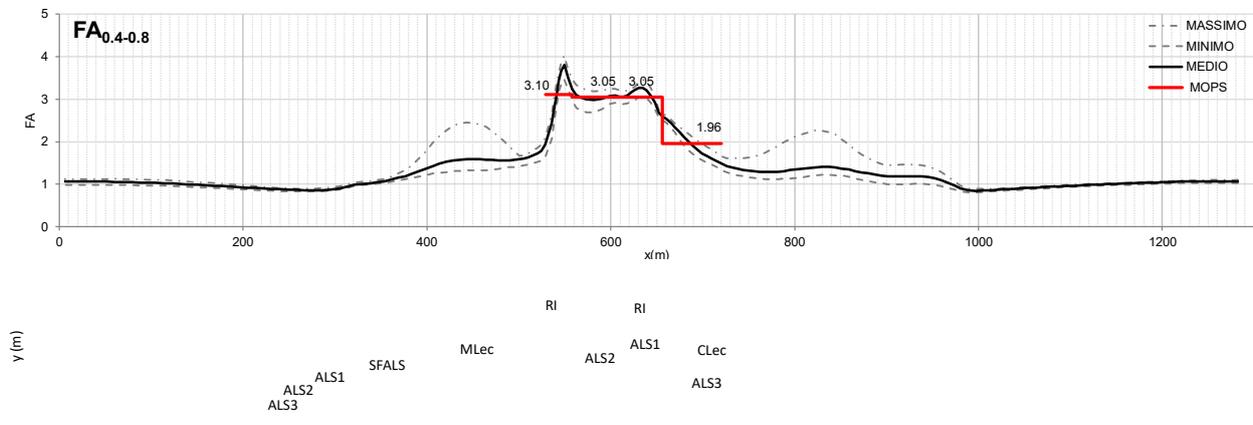


Figura 8 – Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.4s-0.8s.

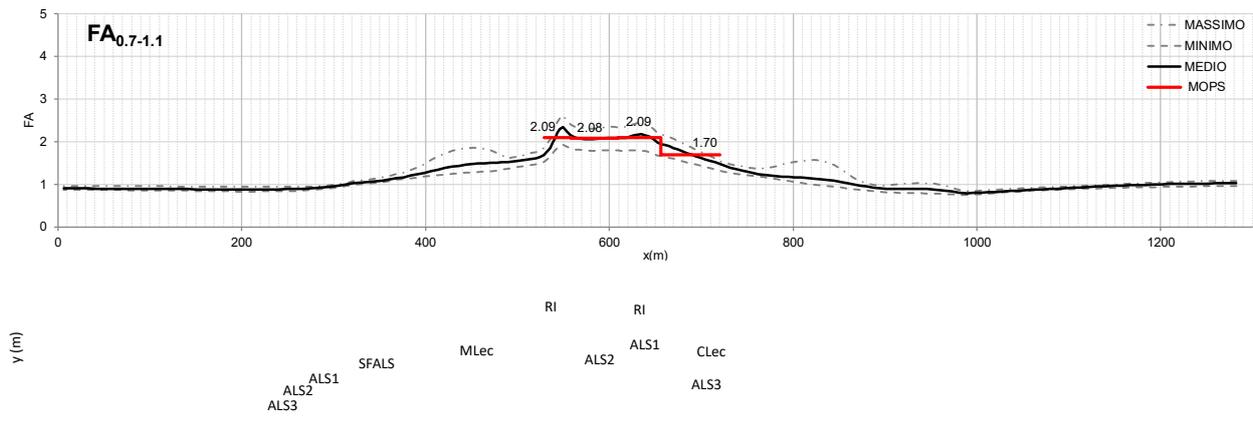


Figura 9 – Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.7s-1.1s.

In relazione alle analisi bidimensionali, i 7 accelerogrammi in superficie e i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione da assegnare a ciascuna MOPS sono stati ottenuti individuando la verticale,

all'interno della porzione di sezione competente alla medesima MOPS, caratterizzata dal fattore di amplificazione  $FA_{0.1-0.5s}$  più prossimo al valore medio. Per le MOPS contenute in entrambe le sezioni bidimensionali analizzate, è stata considerata la verticale a cui corrisponde il massimo fattore di amplificazione.

I 7 accelerogrammi e relativi spettri di risposta in accelerazione assegnati a ciascuna MOPS sono allegati alla presente relazione in un apposito file excel "acc\_Sp\_MOPS".

### **3. Riferimenti bibliografici**

Hudson M., Idriss I.M., Beikae M. (2003). User's Manual for QUAD4M. Center for Geotechnical Modeling. University of California, Davis.