



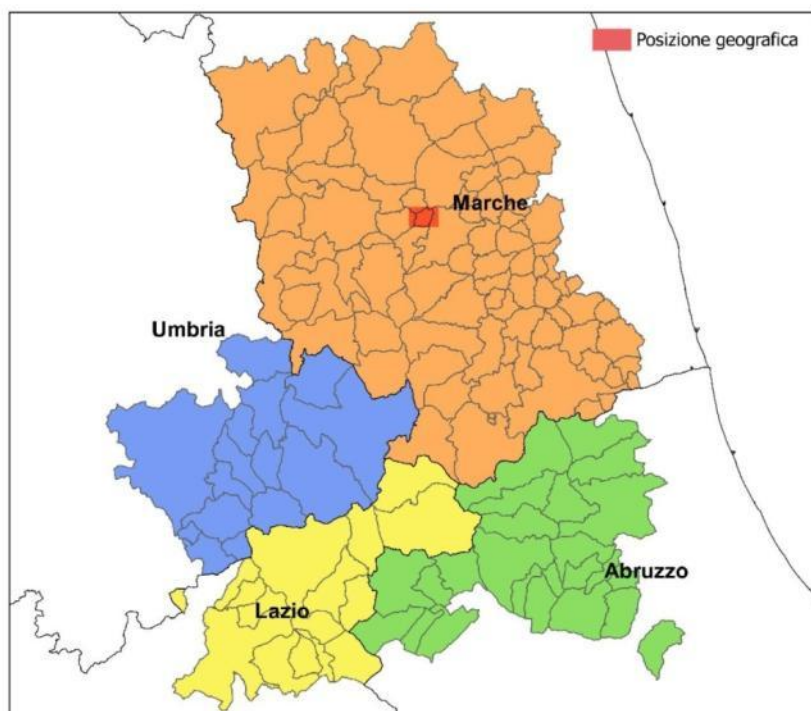
**COMMISSARIO STRAORDINARIO
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016**

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

MICROZONAZIONE SISMICA Relazione Illustrativa

Scala 1: 5.000

Regione Marche Comune di Camporotondo di Fiastrone



Soggetto realizzatore
ATP
Geol. Silvia Paggi
Geol. Eugenio Pistolesi
Geol. Dimitri Mazza
Geol. Angelo Curatolo
Ing. Roberto Di Girolamo

Data e revisione
Dicembre 2017

CENTROMS

CENTRO PER LA
MICROZONAZIONE SISMICA
E LE SUE APPLICAZIONI

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	1
--	--	---

INDICE

1.	INTRODUZIONE	2
1.1.	Finalità degli studi	2
1.2.	Descrizione generale dell'area comunale	5
1.3.	Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio	6
1.4.	Aree da sottoporre agli studi di MS	6
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	7
2.1.	Sismicità storica dell'area di studio	7
2.2.	Sismicità recente dell'area di studio.....	8
2.3.	Pericolosità sismica di base	10
3.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	12
3.1.	Inquadramento geologico	12
3.2.	Assetto geomorfologico	12
3.3.	Assetto stratigrafico	13
3.3.1.	Substrato geologico	13
3.3.2.	Coperture.....	17
3.3.3.	Assetto geologico-strutturale	21
3.4.	Elementi tettonici.....	21
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	22
4.1.	Dati pregressi	22
4.2.	Dati acquisiti ex-novo.....	22
5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS.....	27
5.1.	Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione.....	27
5.2.	Sezioni geologico-tecniche	29
6.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	35
7.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	36
7.1.	Zone stabili suscettibili di amplificazioni	36
7.1.1.	Scelta dell'input sismico	36
7.1.2.	Simulazioni numeriche	37
7.1.3.	Risultati Modellazione 1D	45
7.1.4.	Risultati Modellazione 2D	165
7.1.5.	Confronto Modellazione 1D e 2D	170
7.2.	Zone instabili	174
8.	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	175
8.1.	Carta delle indagini	175
8.2.	Carta delle frequenze naturali dei terreni.....	176
8.3.	Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)	177
8.4.	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	180
8.5.	Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3.....	184
9.	CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	185
10.	ALLEGATI	185

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	2
--	--	---

1. INTRODUZIONE

A seguito dell'incarico conferito dal Comune di Camporotondo di Fiastone (MC) in data 15/06/2017, è stato condotto lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1-3 del Comune di Camporotondo di Fiastone, in esecuzione dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 24 del 12/05/2017 e della Determina di Settore Tecnico n. 12 del 16/06/2017.

Le indagini in oggetto sono state articolate coerentemente e in ottemperanza al Disciplinare di Incarico per lo studio di microzonazione sismica di livello 1 e livello 3 (tipologia di affidamento A) e secondo quanto stabilito nei Protocolli di acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III (di seguito definito "Protocollo").

L'indagine di Microzonazione Sismica è stata altresì effettuata secondo gli standard e specifiche tecniche stabiliti in "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica studi di microzonazione sismica Versione 4.0".

1.1. Finalità degli studi

Lo studio di MS di livello 1 è indirizzato ad individuare le microzone omogenee in prospettiva sismica (Carta delle MOPS alla scala 1:5.000); lo stesso livello 1 di studio è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS e consiste in una raccolta di dati preesistenti e nel rilievo geologico di superficie, finalizzati alla realizzazione di una carta geologico tecnica corredata da sezioni geologiche ed alla definizione di un modello di sottosuolo, elaborate allo scopo di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista sismico (Carta delle MOPS); in sostanza sono individuate e caratterizzate le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Lo studio di MS di livello 3 è finalizzato a "quantificare" la pericolosità sismica locale delle microzone, con particolare riferimento alle aree stabili ed alle aree stabili suscettibili di amplificazione, e alla redazione delle Carte di microzonazione sismica di livello 3 alla scala 1:5.000. Detto studio è realizzato mediante analisi di risposta sismica locale monodimensionale (1D) e/o bidimensionale (2D), effettuate su verticali e sezioni rappresentative, in numero adeguato per poter caratterizzare le tipologie di microzone individuate nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

L'insieme delle attività finalizzate alla realizzazione dello studio di MS di livello 1 e livello 3 sono state eseguite in coordinamento con il Centro per la Microzonazione Sismica (di seguito CentroMS), che ha funzioni di supporto, elaborazione e verifica dei risultati.

Lo studio in oggetto è stato articolato e sviluppato secondo le seguenti fasi di attività.

1. Indagini geologiche e geomorfologiche dell'area di interesse, con rilievi di dettaglio di campagna ex novo e con controllo e revisione della cartografia ufficiale esistente (Carta Geologica Regionale del progetto CARG; PAI; progetto IFFI). Scopo fondamentale di tali indagini è la ricostruzione di un modello geologico del sottosuolo volto: alla determinazione geometrica delle interfacce rappresentative di possibili contrasti di impedenza sismica, potenzialmente responsabili di fenomeni di amplificazione locale del moto sismico; all'identificazione del substrato di riferimento; alla identificazione delle aree soggette a potenziali fenomeni di instabilità e di deformazione permanente indotti dallo scuotimento.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	3
--	--	---

Questa prima fase, affinata e calibrata nell'ambito delle successive attività, è di primaria importanza in quanto fornisce dei vincoli essenziali per la caratterizzazione di un sito in prospettiva sismica.

2. Acquisizione dei dati pregressi presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico del Comune di Camporotondo di Fiastrone, quali indagini geognostiche, geofisiche e indagini in situ e di laboratorio, relativi a interventi pubblici e privati; questi dati sono stati integrati con le banche dati personali.

3. Indagini geofisiche di superficie (HVSr e MASW) finalizzate da una parte a individuare e caratterizzare i fenomeni di risonanza sismica potenzialmente rappresentativi di fenomeni di amplificazione del moto sismico, dall'altra a ricostruire il profilo di velocità delle onde S all'interno delle diverse MOPS, cioè definire i valori di V_s da attribuire ai diversi corpi geologici presenti.

4. Esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo, con prelievo di campioni, esecuzione di prove SPT e condizionamento del foro di sondaggio per l'esecuzione di prove sismiche Down Hole.

5. Elaborazione dei dati multidisciplinari di sottosuolo acquisiti, con confronto degli stessi e progressivi approfondimenti mirati a ridurre il grado delle incertezze; questa fase è risultata molto importante ed ha comportato l'esecuzione di più prove rispetto a quanto stabilito nel Piano delle Indagini approvato e la riesecuzione di alcune delle stesse nei punti più dubbiosi; ma soltanto attraverso questo processo è stato possibile formulare delle ipotesi con successiva verifica.

6. Modellazione della Risposta Sismica Locale in configurazione 1D.

Dallo sviluppo delle suddette attività sono stati prodotti i seguenti elaborati, secondo quanto prescritto nel Disciplinare e nei Protocolli.

- Carta delle indagini in scala 1:5.000;
- Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica (CGT) in scala 1:5.000;
- Sezioni geologico-tecniche in scala 1:5.000;
- Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:5.000;
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) in scala 1:5.000;
- N. 3 Carte di microzonazione sismica di livello 3 in scala 1:5.000 per gli intervalli di periodo (T): 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s, 0.7-1.1 s;
- Relazione illustrativa;
- Archivio degli strati informativi.

Per ogni microzona individuata nella carta di livello 3 sono stati prodotti:

- n. 3 fattori di amplificazione, uno per ognuno degli intervalli di periodo;
- n. 7 accelerogrammi calcolati in superficie, uno per ogni spettro di input (in forma grafica);

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	4
--	--	---

- n. 7 spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento in superficie, uno per ogni spettro di input (in forma grafica);
- categoria di sottosuolo da NTC e valore di VS30 per i siti dove è disponibile un profilo di velocità delle onde S univocamente definito (per esempio in corrispondenza della misura DH);
- i dati originali delle indagini di nuova acquisizione;
- i file degli accelerogrammi e degli spettri di risposta elastici in superficie per ogni microzona, in formato testo (.txt) realizzato secondo la struttura prevista dagli Standard Versione 4.0b e s.m.i.;
- una scheda contenente i metadati di base degli strati informativi.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	5
--	--	---

1.2. Descrizione generale dell'area comunale

Il territorio del Comune di Camporotondo di Fiastone (fig. 1), con un'estensione di 8,8 Km², si sviluppa nella porzione centro-orientale della provincia di Macerata; confina a nord con i Comuni di Tolentino e Belforte del Chienti, ad est con il Comune di San Ginesio, a sud con il Comune di Cessapalombo e ad ovest con il Comune di Caldarola.

L'intero territorio comunale presenta caratteri collinari con quote comprese tra i 550 m s.l.m. di Colle Garufo ed i 260 m s.l.m. del fondovalle del T. Fiastone, il quale rappresenta l'elemento idrografico principale che attraversa il territorio da sud verso nord.



Figura 1 Panoramica dell'abitato di Camporotondo di Fiastone (capoluogo).

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	6
--	--	---

1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio

Per lo studio in oggetto sono stati utilizzati i seguenti documenti di base.

- Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 – anno 2000, CTR 313080, 313040, 313070; Ortofotocarta Regionale scala 1:10.000 – anno 1988; Cartografia I.G.M. – Quadrante 124 II scala 1:25.000 – anno 1984; Foto aeree anni 1984-1994; Immagini di Google Earth e del Geoportale Nazionale a diversa datazione.
- Dati pregressi – Sono stati acquisiti i dati pregressi attraverso una ricerca presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico del Comune di Camporotondo di F.: si tratta di indagini geognostiche, geofisiche e indagini in situ e di laboratorio, relativi a interventi pubblici e privati; questi dati sono stati integrati con le banche dati personali.
- Carta Geologica Regionale del progetto CARG e Carta Geologica allegata al vigente strumento urbanistico. Le suddette cartografie ufficiali sono state prese in considerazione nell'ambito del rilievo geologico e geomorfologico di campagna, che necessariamente ha condotto ad una differente delimitazione delle unità geologiche in virtù del dettaglio e delle finalità del presente studio.
- Carta geologica del Bacino della Laga tra il F. Potenza ed il T. Fiastrella (Cantalamessa et alii – studi Geologici Camerti, VII, 1981-82).
- PAI – IFFI. In ottemperanza a quanto esposto nel Protocollo sono state recepite integralmente le perimetrazioni PAI+IFFI.

1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS

Come concordato con l'Ufficio Tecnico del Comune di Camporotondo secondo il "Prodotto P1.2. Predisposizione dei disciplinari di incarico per i professionisti e del materiale tecnico necessario per l'avvio e la realizzazione degli studi di microzonazione sismica" e con gli Operatori del CentroMS le indagini di livello 1 sono state estese ad un areale significativo sufficientemente esteso intorno a Camporotondo di F. Capoluogo ed al centro abitato di Via John Fitzgerald Kennedy, ubicato più a sud; l'area presenta estensione tale da illustrare sufficientemente le situazioni geologiche e morfologiche locali condizionanti la risposta sismica.

Le indagini di livello 3 riguardano Camporotondo di F. capoluogo (codice ISTAT 4300810001) e centro abitato di Via John Fitzgerald Kennedy (codice ISTAT 4300820002).

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	7
--	--	---

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

2.1. Sismicità storica dell'area di studio

Dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (I.N.G.V.), è stato estratto l'elenco dei principali terremoti che hanno prodotto danni nel territorio di Camporotondo di F., dall'anno 1000 al 2014. Risultano i seguenti dati.

Seismic history of Camporotondo di Fiastrone

PlaceID IT_51637

Coordinates (lat, lon) 43.131, 13.265

Municipality (ISTAT 2015) Camporotondo di Fiastrone

Province Macerata

Region Marche

No. of reported earthquakes 26

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4.73
4-5	1923 07 12 20 49	Marche meridionali	20	5	4.28
6-7	1936 12 09 07 34	Caldarola	31	6-7	4.76
6	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5.67
NF	1948 01 10	Loro Piceno	21	4-5	3.93
5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
5	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	146	6	4.97
5	1980 05 24 20 16 04.00	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
NF	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5.06
5	1989 09 11 02 46 23.93	Marche meridionali	60	5	4.04
4-5	1995 12 30 15 22 08.73	Fermano	106	5	4.19
4-5	1996 01 01 12 21 41.54	Maceratese	91	5-6	4.2
4-5	1996 01 22 18 37 44.36	Fermano	76	5	3.96
5	1997 09 10 06 46 50.78	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
6	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
6-7	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
6	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
6	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
5-6	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	8
--	--	---

4	1997 10 23 08 58 43.96	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
4-5	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4.87
4-5	1998 02 07 00 59 44.54	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
4	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
5	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78

A tale elenco, che risulta costituito da soli 26 eventi il più antico dei quali risale al 1922, va aggiunto, per gli effetti sul territorio, il terremoto del 28 luglio 1799 (NMDP 70) cosiddetto Terremoto di Camerino che, nel territorio tra Camerino e Cessapalombo causò un centinaio di morti. Durante la terza scossa e più violenta, ore 23.00 circa, la località maggiormente colpita fu Cessapalombo (MC), dove “le case tutte furono dai fondamenti atterrate” e vi morirono solo 9 persone poiché la maggior parte dei residenti era già fuggita in campagna dopo la scossa delle 19.00. Furono invece “quasi intieramente rovesciate” Pozzuolo, Santa Lucia, Statte, Torricella, Villa d’Aria e Letegge, dove si contarono 4 morti. I danni furono molto gravi a Camerino (43 morti), Castelraimondo e San Ginesio (4 o 5 morti). L’area di danneggiamento si estese a Sarnano (6 morti), Fabriano, San Severino Marche, Belforte Del Chienti (2 morti) e Tolentino coinvolgendo per ubicazione geografica, anche se non riportato nelle cronache del tempo, il centro abitato di Camporotondo di Fiastrone.

2.2. Sismicità recente dell’area di studio

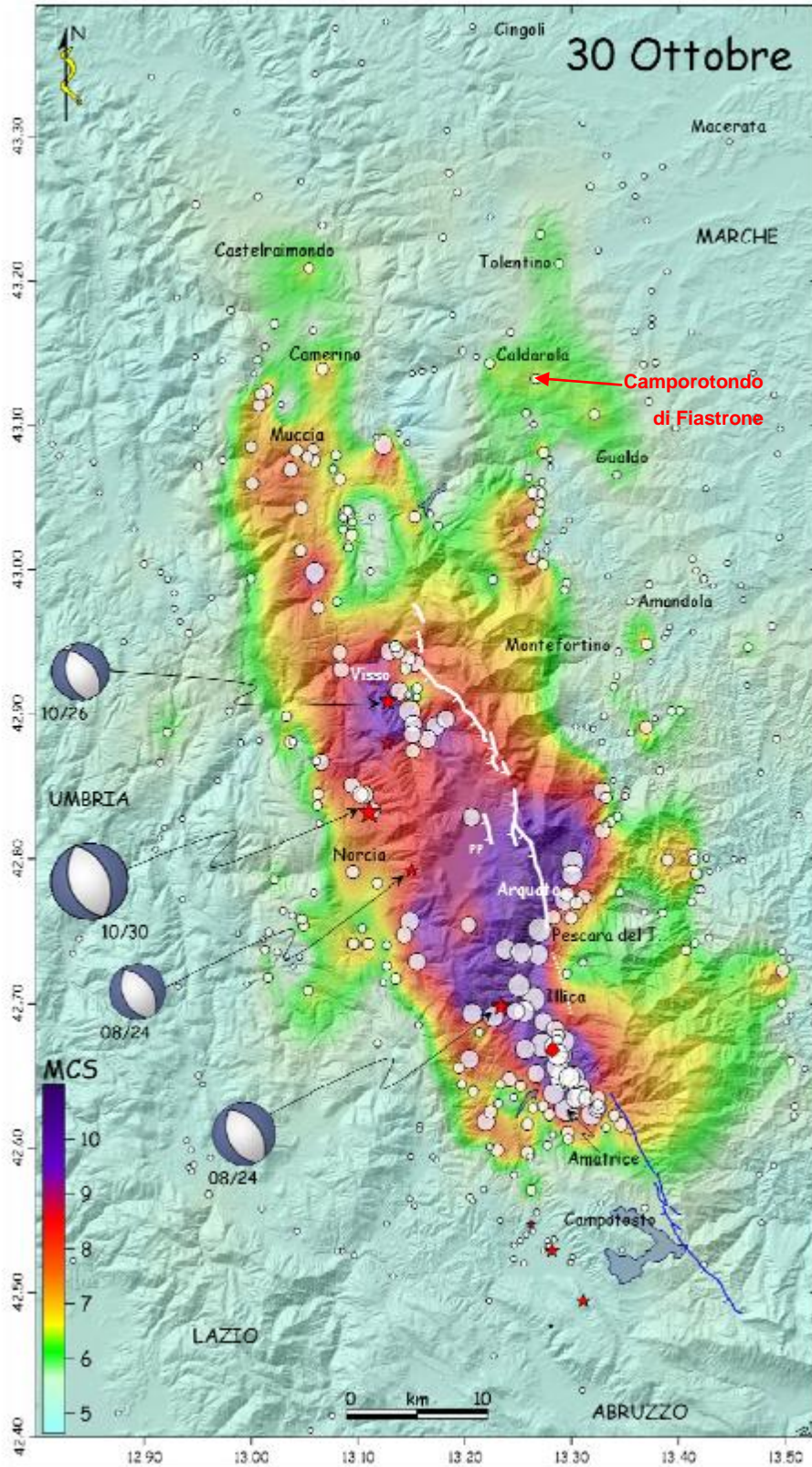
La crisi sismica tuttora in corso, che ha interessato anche il territorio di Camporotondo di Fiastrone a partire dal 24 agosto, è stata attribuita all’attivazione dell’intero sistema di faglie del M. Vettore-M. Bove. Questo sistema comprende segmenti di faglia lungo i versanti occidentali del M. Vettore, M. Argentella, Palazzo Borghese, M. Porche e M. Bove già identificati e studiati dagli anni ’90.

Il meccanismo focale dei terremoti del 24 agosto, 26 ottobre e 30 ottobre è di tipo distensivo su faglie orientate NNW-SSE.

I piani di rottura di tutti gli eventi hanno prodotto fagliazione superficiale particolarmente vistosa in relazione all’evento del 30 ottobre; queste rotture cosismiche sono state mappate e studiate dai gruppi di geologi (EMERGEO; UNICAM ecc.).

Nell’immagine seguente è riportata la distribuzione dei punti di intensità rilevati a seguito del terremoto del 30 Ottobre e da considerarsi come effetto cumulato dei tre eventi di $M_w > 6$. I cerchi bianchi sono proporzionali all’intensità al sito ($5 \leq I_s < 11$ MCS). La campitura a colori suggerisce la distribuzione areale dell’intensità (vedi legenda). Le stelle rosse sono gli epicentri strumentali del 2016- 2017 con $M_l > 5$ (ISIDe WG, 2017). I meccanismi focali sono da Geofon Program (2016). Il rombo rosso è l’epicentro macrosismico del 24 Agosto. La linea blu è la faglia attiva dei Monti della Laga (a tratteggio dove incerta). La linea bianca è il sistema di faglie del Monte Vettore, responsabile della sequenza. L’immagine è tratta da: Galli P., Castenetto S., Peronace E., 2017. *Rapporto sugli effetti macrosismici del terremoto del 30*

Ottobre 2016 (Monti Sibillini) in scala MCS. Roma, rapporto congiunto DPC, CNR- IGAG, 17+8 pp.



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	10
--	--	----

2.3. Pericolosità sismica di base

Il territorio di Camporotondo di F. rientra nella zona 918 (fig. 2) della zonazione sismogenetica ZS9, proposta dal Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM n.3274 del 20.03.2003 – INGV - a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004).

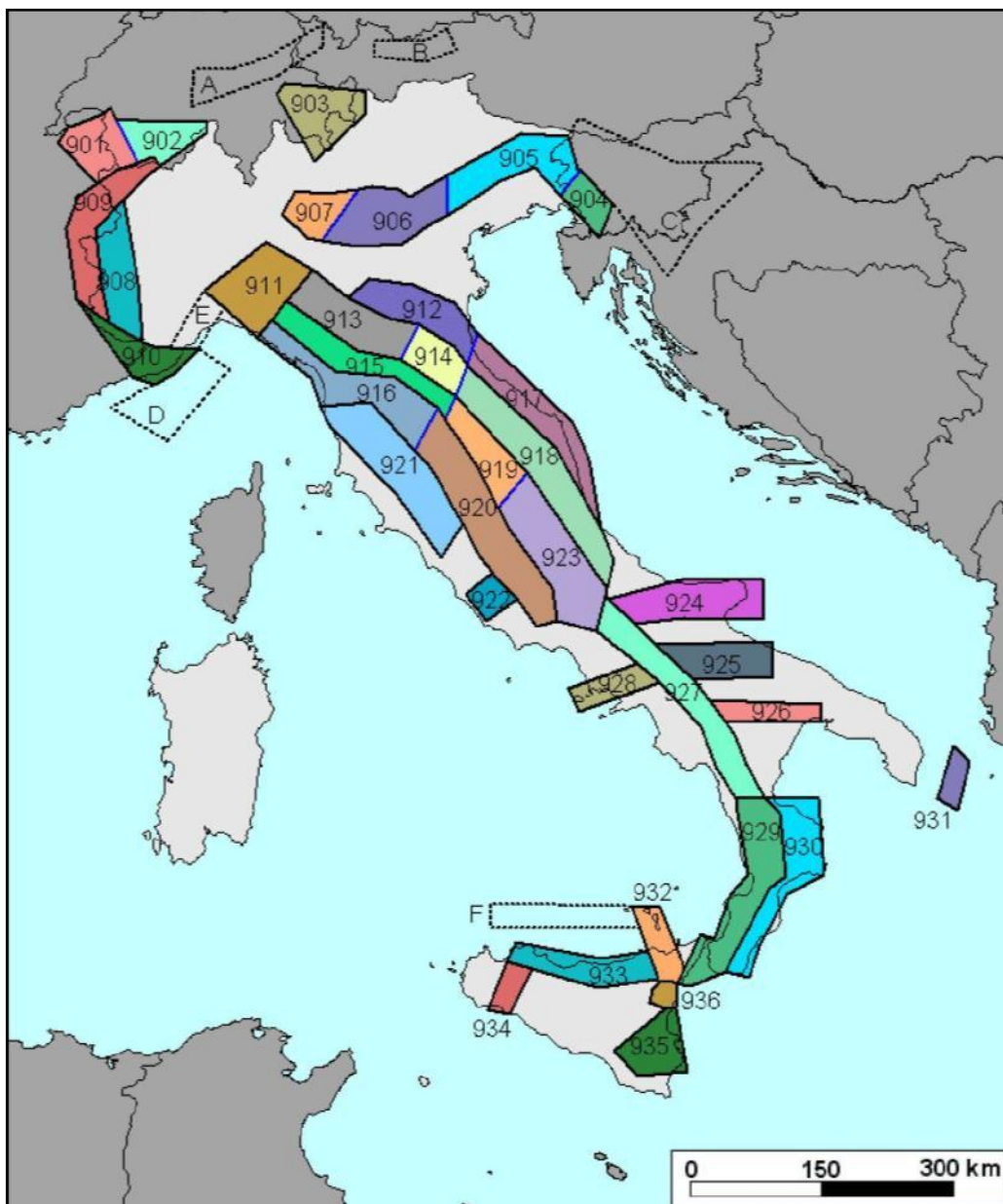


Figura 2 – Zona sismogenetica ZS9 (da: “Zonazione sismogenetica ZS9-App.2 al Rapporto Conclusivo, a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004”).

La zona 918, piuttosto vasta, è caratterizzata da un elevato numero di terremoti molti dei quali con magnitudo maggiore o uguale a 4.2; detta zona, secondo il modello ZS9, ricade in una fascia di transizione a carattere misto, con meccanismi focali essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE. La profondità efficace dello strato sismogenetico risulta pari a 13 Km compresa nella classe di profondità 12-20 Km.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	11
--	--	----

La zona investigata ricade in un'area soggetta ad una accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari a 0.175-0.200 a_g/g (fig. 3).

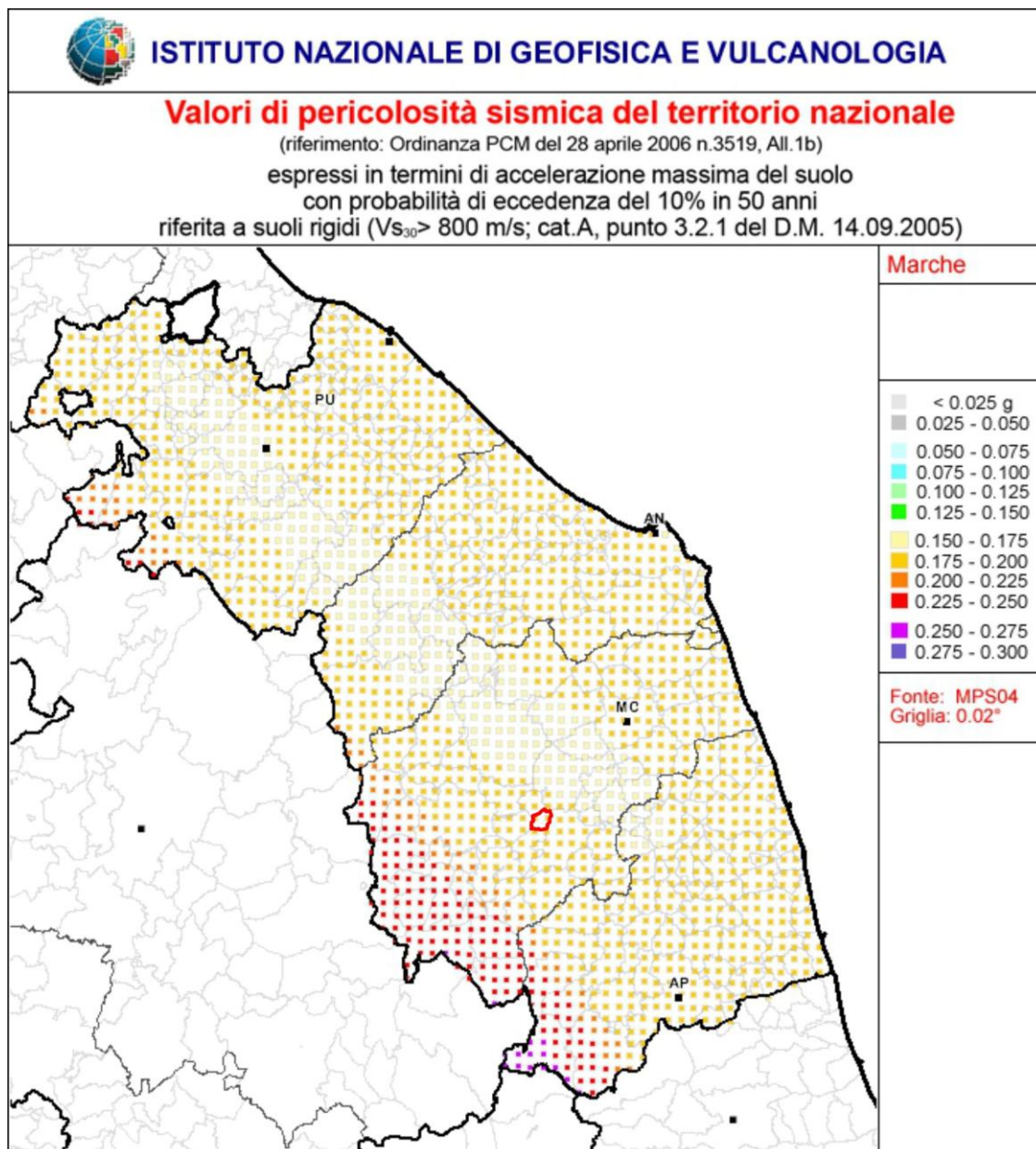


Figura 3 – Mappa di Pericolosità Sismica della Regione Marche ed aree confinanti. Tratta da INGV. Con bordo rosso il territorio comunale di Camporotondo di F.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	12
--	--	----

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1. Inquadramento geologico

Il territorio comunale di Camporotondo di F. ricade geologicamente all'interno del Bacino della Laga, il più grande dei bacini miocenici minori del Bacino Marchigiano Esterno. In particolare il territorio comunale rientra nella parte settentrionale del bacino della Laga, a nord della linea Fiastrone-Fiastrella, che delimita il bacino stesso in una parte settentrionale più rialzata ed in una parte meridionale più subsidente. I sedimenti torbiditici costituenti la Formazione della Laga si sono depositi, a partire dal Messiniano inferiore, in un bacino di avanfossa ubicato al fronte del sovrascorrimento dei Monti Sibillini e presentano spessori massimi variabili da circa 3000 metri ad oltre 4000 metri. Nell'insieme, i depositi silicoclastici appartenenti alla Formazione della Laga costituiscono un ciclo sedimentario di primo ordine di tipo trasgressivo caratterizzato da associazioni litologiche marcate da forti variazioni latero-verticali di spessore e di facies.

La formazione è stata suddivisa in tre principali unità litostratigrafiche alle quali è stato attribuito il rango di membri, riconoscibili a scala regionale, denominati dal basso verso l'alto: Membro pre-evaporitico, Membro evaporitico e Membro post-evaporitico.

Nell'area oggetto di studio affiora esclusivamente il Membro post-evaporitico della Formazione della Laga, del Messiniano p.p., costituito da una preponderanza di successione torbiditica pelitico-arenacea (LAG3e) a cui si intercalano orizzonti arenaceo-pelitici (LAG3d) a testimonianza di depositi non canalizzati.

3.2. Assetto geomorfologico

Nell'area oggetto di studio dal punto di vista geologico e fisiografico si individuano principalmente due aree, distinguibili per tipo di terreni affioranti, per comportamento idrogeologico e per morfologia: un'area collinare, che caratterizza la prevalenza del territorio comunale e l'area di fondovalle sub-pianeggiante del T. Fiastrone.

Sull'area collinare rientra la maggior parte dell'edificato di Camporotondo di F. e ricade la maggior parte dell'area oggetto degli studi di MS3: è caratterizzata da substrato pelitico-arenaceo ed arenaceo-pelitico.

In corrispondenza del capoluogo e via Kennedy il substrato è ricoperto da depositi alluvionali antichi principalmente del Pleistocene superiore, mentre nella prevalenza dell'area sono presenti estese zone con coltri colluviali, costituite perlopiù da fine granulometria, a mascherare diffusamente il substrato. Tali coltri sono frequentemente interessate da fenomeni franosi attivi di varia tipologia (scorrimenti, colamenti, frane complesse ecc.).

La superficie topografica dell'area in studio presenta mediamente pendenza media < 30% in corrispondenza delle associazioni pelitico-arenacee e locali tratti più acclivi in corrispondenza delle litofacies arenaceo-pelitiche, come risposta a processi di erosione selettiva da parte degli agenti esogeni. La superficie topografica presenta le pendenze maggiori anche in corrispondenza dei depositi fluviali antichi, dove sono presenti scarpate di erosione fluviale inattive ed orli di scarpate naturali/antropica che localmente superano i 10 m di altezza.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	13
--	--	----

In riferimento ai fenomeni franosi nella Carta Geologico-Tecnica e nella Carta delle MOPS sono state riportate integralmente le perimetrazioni PAI-IFFI, come da Protocollo, nonostante a parere degli scriventi le stesse frane potrebbero essere localmente ridotte, come la frana subito a sud del capoluogo che, in corrispondenza del piede, coinvolge i depositi alluvionali olocenici pianeggianti del T. Fiastrone.

L'area di fondovalle del T. Fiastrone è di limitata estensione e solo in minima parte è compresa negli studi di MS3. Si tratta di un'area a carattere prevalente sub-pianeggiante, costituita dai depositi fluviali olocenici del T. Fiastrone.

3.3. Assetto stratigrafico

3.3.1. Substrato geologico

Nell'area MS1 di Camporotondo è presente esclusivamente il membro post-evaporitico della Formazione della Laga, del Messiniano p.p., distinguibile in due litofacies: litofacies pelitico-arenacea (LAG3e) e litofacies arenaceo-pelitica (LAG3d).

Le litofacies individuate tramite il rilievo geologico in scala 1:5.000, molto supportato da criteri morfologici, sono state confermate e dettagliate dall'analisi degli affioramenti del substrato, seppure esigui, e dall'analisi delle carote di sondaggio, condotte determinando lo spessore e la posizione degli strati litoidi o semi-litoidi (arenarie) e degli strati pelitico-marnosi, al fine di poter applicare il criterio del rapporto arenaria/pelite secondo la classificazione A.G.I. (1979) di fig. 4.

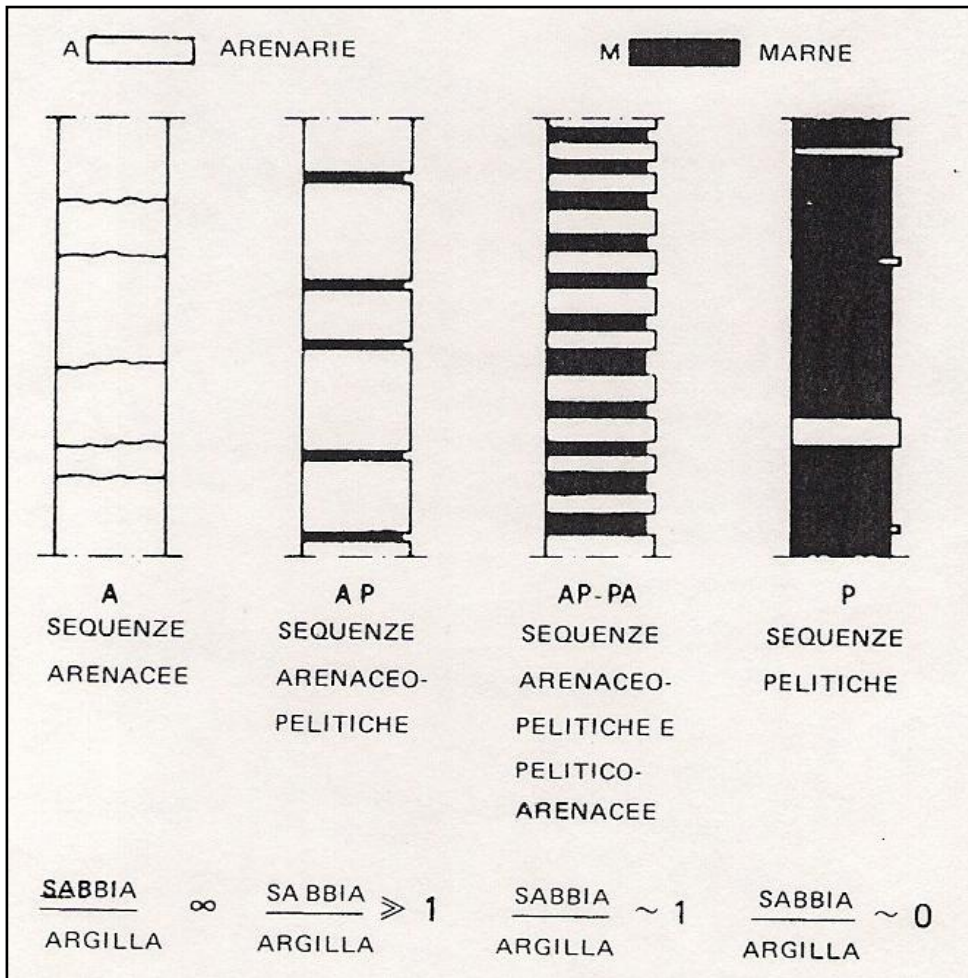


Figura 4 Classificazione e sequenze arenaceo – pelitiche (da A.G.I., 1979).

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	15
--	--	----

La distinzione ed individuazione delle litofacies dunque, oltre che su caratteri macroscopici, è stata eseguita attraverso dati quantitativi, ovvero attraverso il calcolo del rapporto arenaria/pelite (A/P), definendo per ogni litofacies un campo di valori rappresentativo.

Associazione pelitico-arenacea – Rapporto A/P è $0,2 \leq A/P \leq 1$

E' costituita da una prevalenza di argille marnose ben stratificate di colore grigio scuro con intercalazioni subordinate di arenarie grigio-giallastre in strati sottili e medi, a grana da media a fine o finissima. Affiorano a nord dell'abitato di Camporotondo su una scarpata in sponda destra del T. Fiastrone, dove contengono il caratteristico livello guida Vulcanoclastico; lo stesso è stato rinvenuto anche nello sbancamento eseguito di recente nell'area Belloni per la costruzione delle SAE.



Figura 5 Associazione pelitico-arenacea (LAG3e) affiorante in sponda destra del T. Fiastrone, in cui è evidente il livello guida Vulcanoclastico; nella parte alta dell'affioramento è visibile il passaggio transizionale alla litofacies arenaceo-pelitica (LAG3d).

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	16
--	--	----



Figura 6 Particolare del livello vulcanoclastico affiorante durante gli scavi in area Belloni per la realizzazione delle SAE.

Associazione arenaceo-pelitica (LAG3d) – Rapporto A/P ≥ 1

E' formata essenzialmente da arenarie giallastre e grigiastre, con granulometria da medio-grossolana a fine, in strati da sottili a medi, da mediamente cementate a localmente cementate a e da subordinate marne argilloso-siltose grigie; le superfici di strato sono nette.

Il rapporto arenaria/pelite sebbene sia ≥ 1 , è comunque basso poiché al massimo e isolatamente raggiunge il valore 2-2,5.



Figura 7 Particolare della litofacies arenaceo-pelitica affiorante lungo la strada a monte dell'area Belloni.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	17
--	--	----

3.3.2. Coperture

Il substrato è localmente ricoperto da depositi di copertura continentali quaternari costituiti da depositi fluviali e da coltre colluviale sviluppata nei versanti e nelle zone di impluvio.

Alluvioni oloceniche - Si rinvencono lungo il fondovalle del T. Fiastrone; rientrano molto limitatamente nell'area MS3; sono costituite da ghiaie sabbiose con ciottoli in prevalenza calcarei, marnosi, arenacei e subordinatamente silicei (derivanti dalle formazioni della successione umbro-marchigiana), di diametro variabile da 2 cm a 15 cm (fino alla presenza seppur sporadica di blocchi), arrotondati e molto arrotondati (secondo le classi di arrotondamento di Powers, 1953, modificato in Shepard, 1963), con forme fondamentali principalmente discoidale e lamellare, in contatto tangente, lungo e completo, in matrice sabbiosa o limoso-sabbiosa a percentuale variabile. Sono stati classificati GMtf nella carta Geologico-Tecnica.



Figura 8 – Particolare delle ghiaie sabbiose dei depositi alluvionali olocenici rinvenute durante il corso del sondaggio S1 di un sondaggi seguito dagli scriventi.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	18
--	--	----

Alluvioni del Pleistocene superiore – Sono presenti nel capoluogo e nella zona di via Kennedy. Sono costituite da un corpo superiore ghiaioso sabbioso ed uno inferiore limoso-argilloso e sabbioso.

Il livello superiore è costituito da ghiaie con ciottoli poligenici, in prevalenza calcarei e calcareo-marnosi e subordinatamente silicei, ben assortiti, con diametri prevalente da 0,5-1 cm a 7-10 cm, con forme fondamentali prevalenti discoidale e lamellare, da sub-arrotondati a molto arrotondati, in contatto tangente, lungo e completo; la matrice è sabbiosa o limoso-sabbiosa a percentuale variabile. Localmente le ghiaie presentano cementazione. Ha uno spessore variabile da 3 a 25 m. E' stato associato al gruppo GWf.



Figura 9 Affioramento delle ghiaie sabbiose subito a sud del centro storico di Camporotondo di F..

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	19
--	--	----



Figura 10 Particolare delle ghiaie sabbiose del Pleistocene superiore.

Il livello inferiore, riscontrato nel sondaggio eseguito per gli studi di MS3 e nell'ambito di sondaggi reperiti, è costituito da limi argillosi e sabbiosi prevalenti (MLtf), di colore dal beige al verdastro, con locali venature grigie; localmente ingloba resti del substrato pelitico-arenaceo. Lo spessore oscilla da 1 a 10 m.

Nella zona di via Kennedy localmente si rinviene soltanto questo litotipo limoso con trascurabile presenza di ghiaie. In particolare sulla sponda sinistra del fosso senza nome, proveniente da est che separa l'area del centro storico da via Kennedy, evidenze stratigrafiche e morfologiche suggeriscono la presenza di un lembo residuo di conoide alluvionale, costituito da limi argillosi e sabbiosi, la cui zona di alimentazione è appunto la valle del fosso in parola, in cui la roccia madre è assente di componente calcarea.

Alluvioni del Pleistocene medio-finale – AC bn

Sono presenti limitatamente alla parte alta dell'area MS3. Sono costituite essenzialmente da sabbie limose (SM tf) con spessore oscillante da 3 a 10 m.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	20
--	--	----

Depositi eluvio-colluviali

Rientrano in un grande gruppo di limi argillosi e sabbiosi: nella CGT sono stati distinti in MLec quando presenti nelle parti alte dell'area in studio, dove derivano dal disfacimento essenzialmente del substrato, in MLfd, quando presenti a valle delle alluvioni, dove derivano anche dal disfacimento dei corpi ghiaiosi stessi (tanto che localmente contengono una frazione di ghiaie) ed in MLca, quando sono stati messi in posto da processi in parte di conoide alluvionale.

Presentano uno spessore variabile prevalentemente da 3 a 20 m.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	21
--	--	----

3.3.3. Assetto geologico-strutturale

L'area oggetto di studio di MS ricade all'interno del bacino della Laga ad est della Dorsale Marchigiana Esterna (fig. 11).

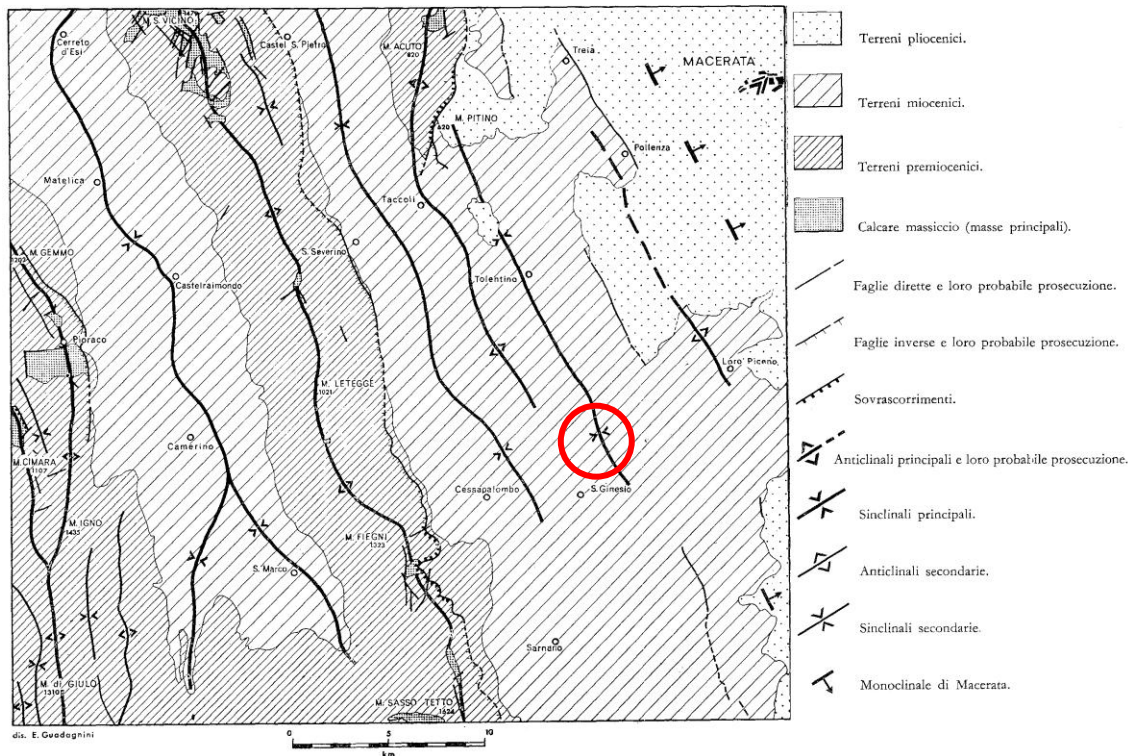


Figura 11 Schema strutturale del foglio 124 "Macerata" della Carta Geologica d'Italia. Con il cerchio rosso l'ubicazione dell'area di indagine.

La Formazione della Laga nel complesso è strutturata in sinclinali ed anticlinali con asse a direzione NNW-SSE, che possiamo anche definire "di crescita", in cui cioè il piegamento avviene anche durante la sedimentazione torbiditica. Nell'area oggetto di MS i rilievi geologici di superficie hanno evidenziato la presenza di un'anticlinale e di una sinclinale ad asse NNW-SSE, strutture plicative minori associate ai piegamenti principali. Gli strati presentano immersioni a NE con pendenze di 10°-15° e sud-ovest con pendenze da 5° a 30°.

3.4. **Elementi tettonici**

Nel territorio studiato ai fini della MS, in base ai rilievi di superficie e all'interpretazione delle foto aeree non sono state rinvenute strutture di deformazione, dislocazioni, anomalie geomorfologiche e/o stratigrafiche da associare a faglie attive e capaci o faglie potenzialmente capaci; non può essere però esclusa la loro presenza nei territori limitrofi.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	22
--	--	----

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1. *Dati pregressi*

Presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico Comunale e gli archivi degli scriventi è stata compiuta un'approfondita ricerca e analisi dei dati di sottosuolo esistenti necessari, insieme al rilievo di campagna, per la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo e per la stesura delle carte Geologico-Tecnica e delle MOPS.

Sono stati utilizzati i dati che si riferiscono a n. 60 siti puntuali.

Detti dati sono stati informatizzati, collegati al database e consultabili in formato pdf, nella sotto-cartella documenti, allegata all'interno della cartella indagini.

Per i dati esistenti si tratta di:

- n. 6 Sondaggi a distruzione di nucleo
- n. 31 Sondaggi a distruzione di nucleo che intercettano il substrato
- n. 3 Sondaggi a carotaggio continuo
- n. 6 Sondaggi a carotaggio continuo che intercettano il substrato
- n. 1 Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- n. 1 Prova penetrometrica dinamica super pesante
- n. 6 Prove penetrometriche dinamiche medie
- n. 6 trincee

4.2. *Dati acquisiti ex-novo*

Il Piano delle Indagini, concordato con gli Operatori del CentroMS, è stato sviluppato con lo scopo di:

- 1) individuare e caratterizzare i fenomeni di risonanza sismica potenzialmente rappresentativi di fenomeni di amplificazione del moto sismico;
- 2) ricostruire il profilo di velocità delle onde S all'interno delle diverse MOPS, cioè definire i valori di Vs da attribuire ai diversi corpi geologici presenti.

1) La stima dei fenomeni di risonanza sismica è stata eseguita attraverso la tecnica basata sulla misura dei rapporti spettrali medi del campo delle vibrazioni ambientali (HVSr).

HVSr - Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Per tale scopo viene utilizzato un sismografo 24 bit GEOBOX prodotto dalla ditta Sara Instruments Srl (frequenza di risonanza 0.45 Hz).

Lo strumento (GeoBox – Sara Instrument) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione,

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	23
--	--	----

alimentato a batterie, senza cavi esterni.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero è stata ricavata la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), avendo utilizzato i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 20/40),
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

Sono dunque state eseguite n. 21 prove HVSR, l'esito delle quali ha da una parte supportato il modello geologico con valutazione del livello di omogeneità delle MOPS, dall'altra ha permesso di stimare le frequenze di risonanza (Carta delle Frequenze) evidenziando i contrasti di impedenza maggiori con indicazioni di massima sulla profondità dei contrasti stessi. La distanza tra i punti di misura è stata impostata operando sia un approccio statistico (con distanza di circa 70-100 m) sia ragionato (in relazione alla complessità e variabilità del modello geologico).

Nella tabella seguente sono riassunti i dati principali scaturiti dalle prove HVSR eseguite ex-novo.

	F0	A0
043008P61	2.43	3.42
043008P62	2.39	3.91
043008P63	2.30	3.78
043008P64	3.52	4.49
043008P65	3.34	5.17
043008P66	2.70	3.97
043008P67	5.20	3.54
043008P68	3.46	4.65
043008P69	5.02	4.62
043008P70	2.65	4.20
043008P71	3.65	2.79
043008P72	4.85	3.94
043008P73	4.28	6.05
043008P74	5.20	4.43
043008P75	2.61	3.87
043008P76	5.94	3.42
043008P77	1.59	3.49

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	24
--	--	----

043008P78	2.44	3.00
043008P79	5.10	3.80
043008P80	2.34	2.80
043008P81	2.59	2.66

2) Sulla base del modello geologico e dei risultati ottenuti nella fase precedente sono state eseguite prove volte alla determinazione dei profili di velocità delle Vs attraverso l'esecuzione di una prova DH nel sondaggio di nuova esecuzione e di n. 8 MASW eseguite in ogni microzona omogenea individuata.

SONDAGGIO - Il sondaggio a carotaggio continuo è stato eseguito nel sito che garantisce la massima rappresentatività in rapporto al territorio ed in considerazione della logistica e sicurezza necessaria per l'esecuzione dei lavori. Lo stesso è stato eseguito secondo le tecniche specificate nel Protocollo ed è stato spinto fino alla profondità di 35 m; lo stesso intercetta il substrato geologico e dallo stesso sono stati prelevati campioni ed eseguite 2 prove SPT in foro. Per tutti i dettagli si veda la stratigrafia del sondaggio allegata.

MASW - L'attrezzatura e la strumentazione utilizzate per l'esecuzione delle MASW sono costituite da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria 4.5 Hz (Masw), ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali prodotte da una specifica sorgente;
- sistema di acquisizione dati: Sismografo Ambrogeo (modello ECHO 2010) con memoria dinamica a 32 bit, dotato di hard disk, in grado di memorizzare i dati acquisiti in formato SEG2., n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno, il sistema è in grado di registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	25
--	--	----

Acquisizione:

Lunghezza stendimento ricevitori: 46 m;

n. geofoni: 24; distanza intergeofonica: 2m

n. punti di energizzazione: 6;

offset sorgenti: 4 m, 6m e 10m;

durata acquisizione: 1000/2000 ms e intervallo di campionamento: 0.478 ms

stacking delle energizzazioni.

Specifiche elaborazione

Sulla base dei “ *Protocolli di acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III nei 140 Comuni di cui all’Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri*” sono state acquisite ed elaborate le misure HVSR (4.2 La pianificazione delle Indagini e l’uso del metodo dei rapporti spettrali HVSR) e Masw (4.3 La determinazione del profilo di Vs: tecnica MASW).

In particolare per le MASW è stato eseguito il picking della curva di dispersione per l’identificazione della curva corrispondente al modo fondamentale e degli eventuali superiori a partire dagli spettri di velocità di Rayleigh. Nell’elaborazione, tale dato è stato sia graficizzato (Fig. 7: Spettro velocità di fase) che tabulato (Tab.3: Curva di dispersione ed intervallo di confidenza).

I risultati ottenuti sono stati documentati depositando i prodotti delle elaborazioni MASW in formato digitale ASCII, includendo i Fogli campagna relativi misure MASW uno per ciascuno stendimento e le letture delle curve di dispersione. I dati originali delle misure effettuate sono stati depositati sia in forma di file ASCII che in formato sismologico standard (SEG-Y, SEG2.)

Allo scopo di determinare i profili di Vs relativi a ciascuna misura sono state eseguite elaborazioni per fasi successive e, a parere degli scriventi, necessarie.

- i) Dapprima sono state eseguite procedure di inversione numerica delle curve di dispersione attraverso i metodi standard (Gradiente); attraverso questa fase il modello geologico già definito è stato confrontato e/o “calibrato” facendo riferimento alle velocità Vs ottenute per gli strati più superficiali ed alle misure HVSR corrispondenti.
- ii) Quindi per ridurre il livello di ambiguità nelle procedure di inversione sono stati posti due vincoli. L’uno, il vincolo del modello geologico, impostando un campo di variabilità dello spessore minimo e massimo dei sismo-strati individuato nella verticale di indagine. L’altro, il vincolo attraverso le procedure di inversione congiunta con le misure HVSR corrispondenti.
- iii) Sono quindi state opportunamente effettuate valutazioni del livello di incertezza che caratterizza il profilo di Vs ottenuto per una singola zona, incertezza legata sia alla mancata univocità del modello di sottosuolo sia alle eventuali variazioni laterali nella stessa microzona, ripetendo la procedura di inversione più volte e collezionando i modelli che producono un analogo livello di adattamento ai dati sperimentali. L’insieme di queste soluzioni e di quelle ottenute dalle altre misure effettuate nella stessa microzona (compresi i risultati del DH) sono state utilizzate per definire i limiti di confidenza associati al profilo di Vs da utilizzare per la modellazione della risposta sismica locale della microzona analizzata (vedi tabella riassuntiva in ogni inversione congiunta Tab.8: Parametri di output medi sulle modellazioni effettuate).

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	26
--	--	----

Appare doveroso anche segnalare che, allo scopo di valutare l'influenza dei vincoli suddetti sui risultati dei profili di Vs e di operare consapevolmente nei processi di elaborazione, inizialmente come primo approccio è stato utilizzato il solo vincolo dell'inversione congiunta con la HVSR; i profili di Vs ottenuti in molti casi sono risultati incompatibili con il modello geologico e talora fuorvianti. Quanto espresso soltanto per affermare che una individuazione appropriata del modello geologico, anche se soggetta per sua natura ad un margine di incertezza, gioca un ruolo essenziale nella risoluzione e definizione dei profili di Vs.

I dati numerici delle MASW e dell'HVSR in formato txt, sono stati caricati nel software di elaborazione HV-Inv.

Nella seguente tabella sono riportati i valori di Vs individuati nelle diverse unità geologico-tecniche.

TIPO_GT	SIGLA GEOLOGIA	LOG	Vs med (m/s)	Vs min (m/s)	Vs max (m/s)
ALS	LAG 3d - LAG 3e	SG	500	340	690
GW tf	MTI bn	TC	340	230	380
ML tf	MTI bn	TC	420	310	520
ML ec-fd-ca	MUS b2	TC	320	290	340
SM tf	AC bn	TC	200	175	350
GM tf	MUS bn	TC	240	200	270

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	27
--	--	----

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS

Uno studio di microzonazione sismica di terzo livello prevede la realizzazione di analisi specifiche per la quantificazione della risposta sismica locale.

La campagna di indagini multidisciplinari di esplorazione del sottosuolo (sondaggio DH, MASW, HVSR e dati pregressi) ha permesso la parametrizzazione geofisica delle unità geologico-tecniche individuate. Le sezioni geologiche hanno fornito l'imput geometrico per le modellazioni dinamiche e rappresentano una necessaria forma di controllo dei risultati cartografici ed una rappresentazione essenziale per la definizione tridimensionale del modello geologico.

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

Le correlazioni stratigrafiche delle indagini puntuali esaminate hanno permesso di caratterizzare prevalentemente le coperture. Questi dati, unitamente ad un dettagliato ed indispensabile rilievo geologico di campagna, confrontato con la cartografia ufficiale esistente (Carta Geologica Regionale del progetto CARG; Carta Geologica allegata al vigente strumento urbanistico; PAI; progetto IFFI) hanno permesso di elaborare un modello geologico del territorio esaminato. Ciò grazie anche all'esecuzione di sezioni geologiche lungo le località di interesse ed alla realizzazione del sondaggio a carotaggio continuo.

Ad integrazione di quanto sopra l'esecuzione di indagini geofisiche di tipo passivo HVSR ha nel complesso confermato il modello geologico scaturito.

Nell'area di analisi si individuano: il substrato geologico (SG) e le coperture (TC).

Substrato geologico

ALS - Nel territorio studiato ai fini della MS sono state distinte:

- associazione pelitico-arenacea (LAG3e) costituita da un'alternanza di strati pelitici e arenacei con complessiva dominanza delle peliti; rapporto A/P è $0,2 \leq A/P \leq 1$
- associazione arenaceo-pelitica (LAG3d) costituite da un'alternanza di strati pelitici e arenacei con dominanza delle arenarie; rapporto $A/P \geq 1$, comunque basso poiché al massimo e isolatamente raggiunge il valore 2-2,5.

Entrambe le litofacies sono state classificate ALS (alternanza di litotipi stratificati). Nella carta CGT e nelle relative sezioni geologico-tecniche tale distinzione riconosciuta in campagna è stata mantenuta.

Queste, in riferimento alla classificazione Esu (1977), fanno parte dei terreni strutturalmente complessi, cioè i terreni che alla scala dell'elemento di dimensioni adatte per le prove meccaniche, cioè del macroelemento, presentano eterogeneità e discontinuità diverse per forma e caratteristiche.

In queste litofacies torbiditiche la complessità è dovuta essenzialmente al processo

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	28
--	--	----

genetico che ha comportato la presenza alternata e ritmica di componenti (strati) con proprietà meccaniche differenti: componente litoide/semilitoide (arenarie) - componente pelitico-marnosa. Subordinatamente la complessità è dovuta a processi deformativi, di alterazione e diagenetici.

In questo contesto la stratificazione/laminazione delle litofacies torbiditiche, sono le principali e fondamentali strutture che influenzano in modo determinante il comportamento degli ammassi attraversati: rappresentano infatti le principali discontinuità a più alta persistenza e frequenza, direttamente dipendente quest'ultima dalla litologia stessa. E' stato infatti riscontrato che in funzione del rapporto A/P, varia la presenza e spessore degli strati/lamine. Considerando quanto sopra esposto, le litofacies in oggetto sono formazioni complesse fortemente anisotrope, in cui la stratificazione/laminazione chiaramente influenzano il comportamento meccanico delle stesse.

Nel contempo considerando che nel complesso della successione torbiditica di Camporotondo domina la litofacies pelitico-arenacea e considerando che il rapporto A/P determinato secondo la classificazione A.G.I. (1979), condotta attraverso l'analisi dei seppur esigui affioramenti ed attraverso l'analisi delle carote di sondaggio, è generalmente < 1 o si approssima ad 1 nelle litofacies arenaceo-pelitiche, nel complesso possono considerarsi prevalenti le caratteristiche delle peliti nel comportamento geomeccanico.

Poiché anche dalle indagini MASW eseguite risultano in tali litofacies velocità Vs confrontabili, per la porzione superiore maggiormente alterata, nella carta delle MOPS l'associazione pelitico-arenacea e l'associazione arenaceo-pelitica sono state accorpate.

Coperture

Alluvioni oloceniche - MUS bn

Si rinvencono lungo il fondovalle del T. Fiastrone; rientrano molto limitatamente nell'area MS3; sono costituite da ghiaie sabbiose. Sono stati classificati GMtf nella carta Geologico-Tecnica; presentano spessore variabile da 3 a 15 m.

Alluvioni del Pleistocene superiore – MTI bn

Sono presenti nel capoluogo e nella zona di via Kennedy. Sono costituite da un corpo superiore ghiaioso sabbioso (GWtf) con spessore variabile da 3 a 25 m ed uno inferiore limoso-argilloso e sabbioso (MLtf) con spessore variabile da 1 a 10 m.

Alluvioni del Pleistocene medio-finale – AC bn

Sono presenti limitatamente alla parte alta dell'area MS3. Sono costituite essenzialmente da sabbie limose (SMtf) con spessore oscillante da 3 a 10 m.

Depositi eluvio-colluviali – MUS b2

Rientrano in un grande gruppo di limi argillosi e sabbiosi: nella CGT sono stati distinti in MLec quando derivano dal disfacimento essenzialmente del substrato, in MLfd, quando

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	29
--	--	----

derivano anche dal disfacimento dei corpi ghiaiosi stessi ed in MLca, quando sono stati messi in posto da processi in parte di conoide alluvionale. Presentano spessore variabile da 3 a 20 m.

Si precisa che i parametri fisico-meccanici delle unità geologico-tecniche individuate sono in parte desunti dalle pochissime prove in situ (penetrometriche dinamiche medie) e di laboratorio che hanno riguardato le GWtf, MLtf e ALS; per le altre unità, in mancanza di dati, si è fatto riferimento a prove reperite correlabili ai litotipi in questione ed a dati di bibliografia.

I valori delle velocità sono stati ricavati secondo la metodologia esposta in par. 4.2 (Dati acquisiti ex novo).

TIPO_GT	SIGLA GEOLOGIA	LOG	Vs med (m/s)	Vs min (m/s)	Vs max (m/s)	γ (t/m ³) peso volume saturo	angolo di attrito ϕ (°)	coesione non drenata Cu (Kg/cm ²)
ALS	LAG 3d - LAG 3e	SG	500	340	690	2-2,2		1,8-4
GW tf	MTI bn	TC	340	230	380	1,85-2,1	34-40	
ML tf	MTI bn	TC	420	310	520	1,9-2		0,8-1,4
ML ec-fd-ca	MUS b2	TC	320	290	340	1,9-2,1		0,5-1
SM tf	AC bn	TC	200	175	350	1.9-2.1	30-35	
GM tf	MUS bn	TC	240	200	270	1,9-2,1	30-38	

5.2. Sezioni geologico-tecniche

Nelle sezioni geologico-tecniche sono evidenziate le coperture, costituite da alluvioni (tf) poste a varie altezze sul fondovalle attuale ed i depositi colluviali talora interessati da frane attive. E' altresì evidenziato il substrato geologico costituito, come già esposto, dal membro post-evaporitico della Formazione della Laga ed in particolare da un'alternanza di litofacies pelitico-arenacee (LAG3e) ed arenaceo-pelitiche (LAG3d), distinte nelle sezioni stesse.

Le indagini geofisiche eseguite hanno permesso di caratterizzare detto substrato come SG substrato geologico con Vs variabile nel range 340-690 m/s e valore medio 500 m/s.

La profondità del basamento sismico (SS) non è stata raggiunta e verificata con indagini dirette, ma stimata da estrapolazioni, dal confronto dei risultati del sondaggio, della prova DH, delle MASW e delle indagini HVSR, paragonati e confortati dagli esiti del rilevamento geologico e relative sezioni.

Nella MOPS 2002 ad esempio (centro storico di Camporotondo di F.) gli esiti della prova DH, correlati ai risultati MASW sugli stessi litotipi suggeriscono un passaggio graduale delle Vs dalle ghiaie GWtf ai limi MLtf al substrato pelitico-arenaceo Lag 3e (ALS), con un campo di sovrapposizione delle velocità stesse in relazione ai valori minimo e massimo.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	30
--	--	----

Tipo_GT	SIGLA GEOLOGIA	LOG	Vs med (m/s)	Vs min (m/s)	Vs max (m/s)
GW tf	MTI bn	TC	340	230	380
ML tf	MTI bn	TC	420	310	520
ALS	LAG 3d - LAG 3e	SG	500	340	690

Le acquisizioni H/V eseguite in detta microzona 2002 presentano frequenze di risonanza oscillanti in un range 2,4-2,7 Hz, a prescindere dallo spessore delle coperture, poggianti sul substrato geologico ALS.

Questi dati nel complesso ci suggeriscono che le amplificazioni riscontrate nel sito siano imputabili ad un contrasto di impedenza all'interno del substrato, contrasto controllato dall'assetto geologico e strutturale dello stesso.

Dalla calibrazione del modello sismostratigrafico, ottenuta in campo lineare elastico, in tre verticali della microzona 2002 (più avanti definita) caratterizzate da spessori med-min-max delle coperture alluvionali, risulta che la frequenza ottenuta dalla funzione di trasferimento sia confrontabile con la frequenza del picco della curva H/V (corrispondente alla verticale), impostando il substrato sismico a diverse profondità; la stessa calibrazione in campo elastico lineare è stata eseguita per le altre microzone.

Le profondità del substrato sismico individuate con tale metodo convergono con la geologia e l'assetto geologico-strutturale del substrato ipotizzando una potenziale interfaccia risonante al passaggio "in profondità" tra la litofacies pelitico-arenacea e quella sottostante arenaceo-pelitica, come evidenziato nella sezione geologica (fig. 12), passaggio articolato in un'anticlinale e sinclinale ad asse NNW-SSE.

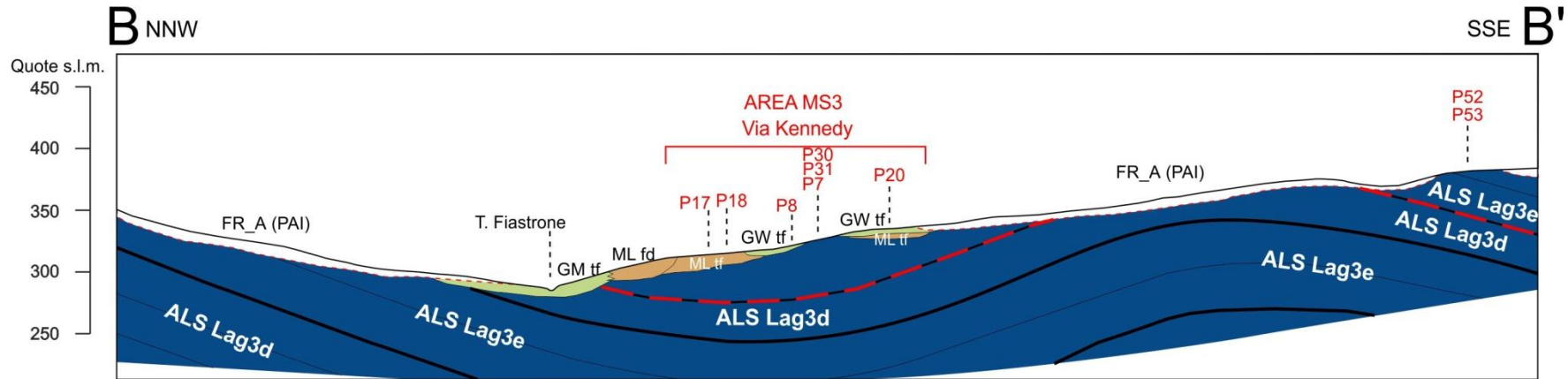
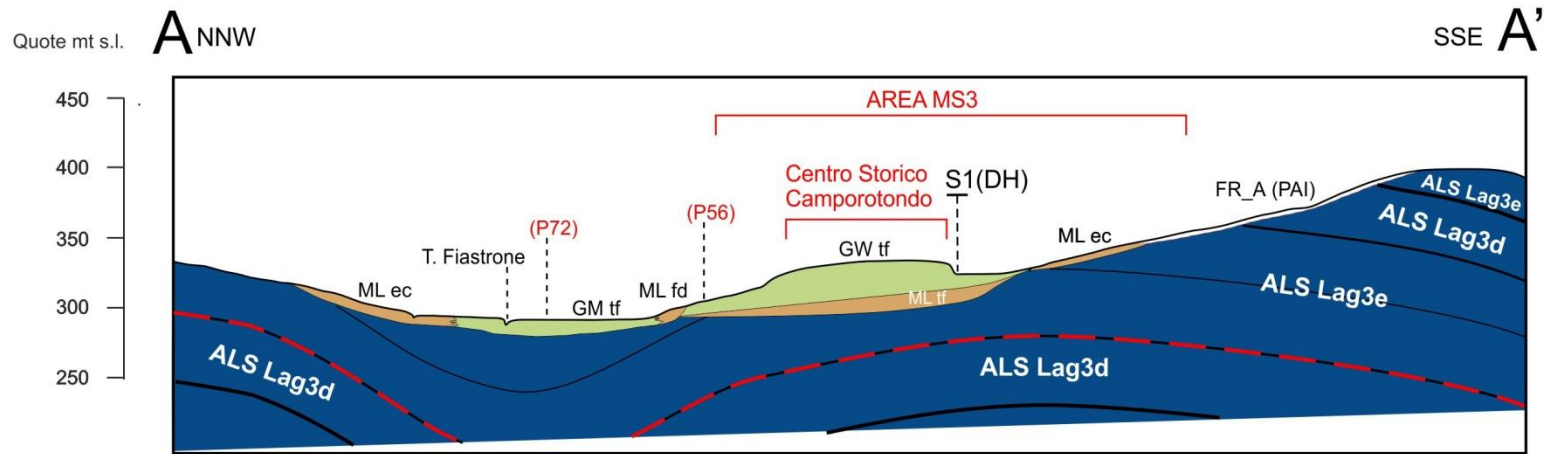
Nelle analisi 1D pertanto il substrato sismico è stato impostato per ogni microzona ad una profondità variabile, dipendente dalla posizione della stessa microzona rispetto a detto passaggio.

Tuttavia è stato riscontrato che detta litofacies arenaceo-pelitica, quando affiorante in superficie presenta alterazione tale da comportarsi come substrato geologico, come risulta dalle indagini MASW ed è per questa ragione che nella carta delle MOPS l'associazione pelitico-arenacea e l'associazione arenaceo-pelitica sono state accorpate.

Di seguito sono riportate le sezioni geologico-tecniche scelte come rappresentative del modello geologico locale.

Dall'esecuzione di ulteriori sezioni geologiche e dall'insieme dei dati acquisiti sono stati definiti log rappresentativi delle microzone omogenee individuate. Di seguito gli stessi vengono esposti (poi specificati nel par. 8.4) riportando, per ogni log rappresentativo della MOPS, i valori di Vs (med, min, max), le prove geofisiche eseguite nella microzona, i valori di F0 e A0 delle HVSR eseguite nella microzona e, evidenziate in rosso, le prove HVSR utilizzate per la calibrazione del modello in campo lineare elastico sulla verticale corrispondente.

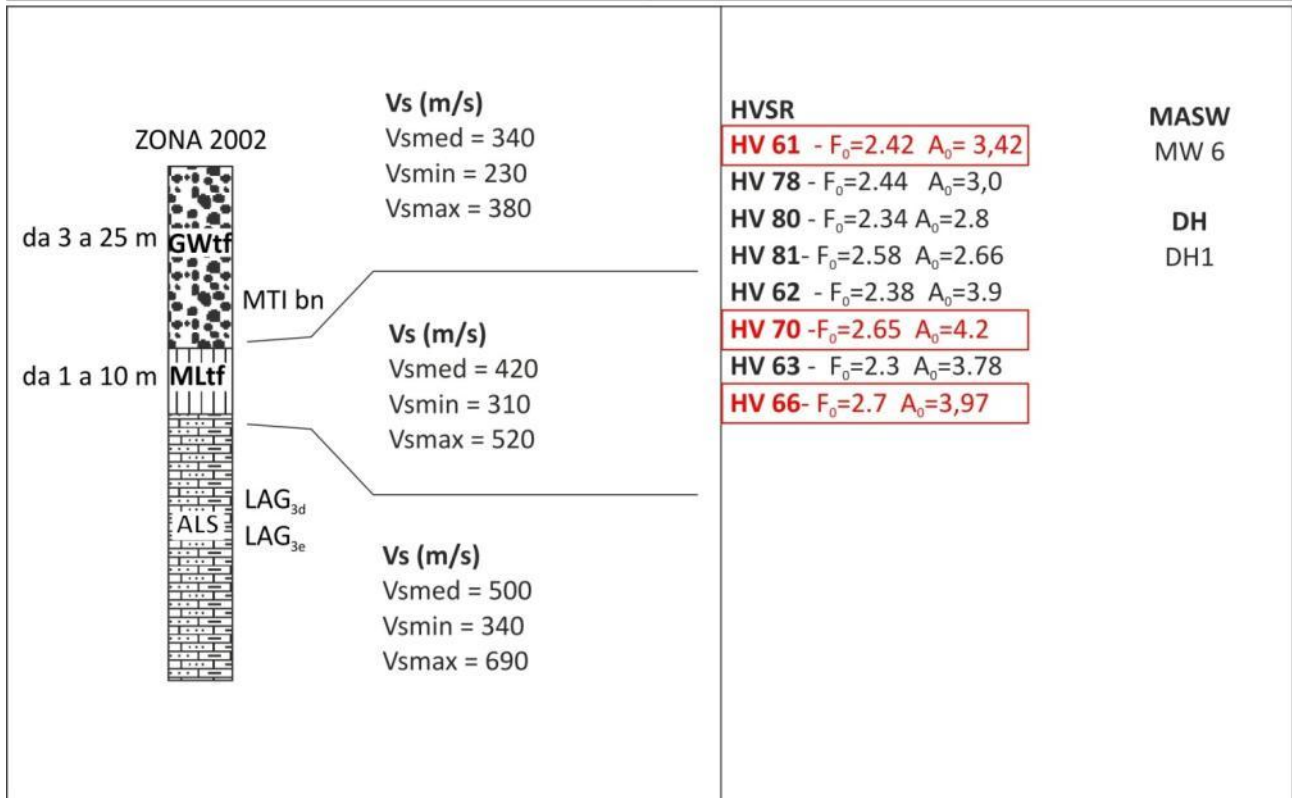
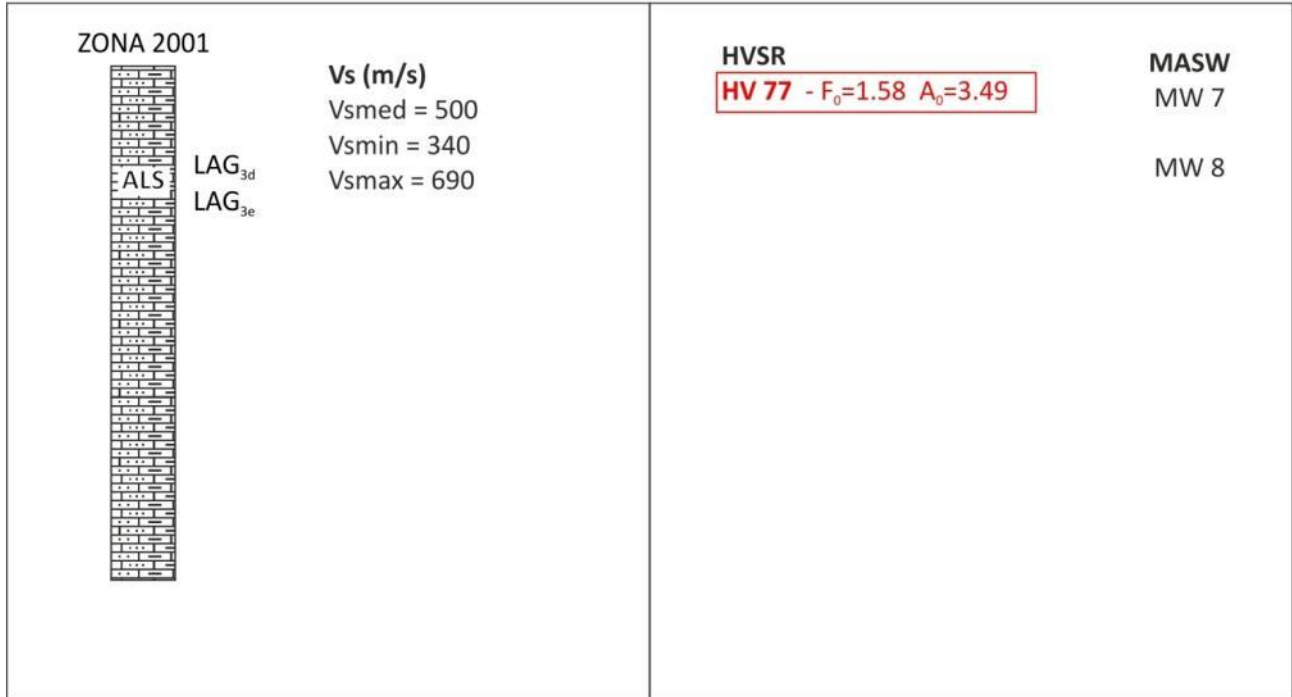
Sezioni Geologiche Comune di CAMPOROTONDO di FIASTRONE - scala 1:5.000



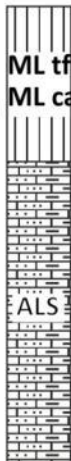
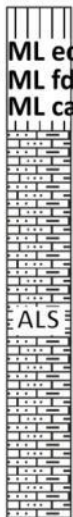
 POTENZIALE PASSAGGIO
 SUBSTRATO GEOLOGICO SG -
 SUBSTRATO SISMICO SS
 ALL'INTERNO DELLE AREE INTERESSATE
 DALLA MS DI TERZO LIVELLO

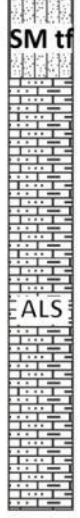
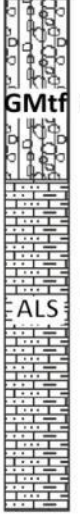
Figura 12 Sezioni geologico-tecniche.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	32
--	--	----



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	33
--	--	----

<p>ZONA 2003</p> <p>da 3 a 15 m</p>  <p>MTI bn</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 180 Vsmin = 150 Vsmax = 280</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 500 Vsmin = 340 Vsmax = 690</p>	<p>HVSR</p> <p>HV 65 - $F_0=3.34$ $A_0=5,7$</p> <p>HV 64 - $F_0=3.5$ $A_0=4.49$</p> <p>HV 73 - $F_0=4.28$ $A_0=6$</p> <p>MASW MW 4 MW 5</p>
<p>ZONA 2004</p> <p>da 3 a 20 m</p>  <p>MUS b2</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 320 Vsmin = 290 Vsmax = 340</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 500 Vsmin = 340 Vsmax = 690</p>	<p>HVSR</p> <p>HV 75 - $F_0=2.6$ $A_0=3,86$</p> <p>HV 71 - $F_0=3.65$ $A_0=2,78$</p> <p>HV 69 - $F_0=5.0$ $A_0=4.6$</p> <p>HV 68 - $F_0=3,46$ $A_0=4.65$</p> <p>HV 73 - $F_0=4,41$ $A_0=6.04$</p> <p>MASW MW 2</p>

<p>ZONA 2005</p> <p>da 3 a 10 m</p>  <p>SM tf AC bn</p> <p>LAG_{3d} ALS LAG_{3e}</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 200 Vsmin = 175 Vsmax = 350</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 500 Vsmin = 340 Vsmax = 690</p>	<p>HVSR HV 76 - F₀=5.94 A₀= 3.4 HV 79 - F₀=5.1 A₀=3.8</p> <p>MASW MW 3</p>
<p>ZONA 2006</p> <p>da 3 a 15 m</p>  <p>GMtf MUS bn</p> <p>LAG_{3d} ALS LAG_{3e}</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 240 Vsmin = 200 Vsmax = 270</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 500 Vsmin = 340 Vsmax = 690</p>	<p>HVSR HV 72 - F₀=4.84 A₀= 3.93 HV 74 - F₀=5.2 A₀=4.43</p> <p>MASW MW 1</p>

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	35
--	--	----

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le principali incertezze riguardanti il presente studio derivano dalla carenza di dati di sottosuolo che raggiungano il substrato e dalla insufficiente distribuzione sistematica di dette indagini pregresse in tutti i siti. Inoltre come già esposto la profondità del basamento sismico non è stata raggiunta e verificata con indagini dirette, ma stimata da estrapolazioni e confronto di dati di diversa natura, che comunque hanno portato ad una convergenza di soluzioni.

Appare doveroso sottolineare che nella Carta Geologico-Tecnica sono state riportate integralmente ed inevitabilmente le perimetrazioni PAI-IFFI, come da Protocollo, nonostante a parere degli scriventi le stesse frane dovrebbero essere integralmente riperimstrate e caratterizzate con locali riduzioni areali, come ad esempio la frana subito a sud del capoluogo che, in corrispondenza del piede, coinvolge i depositi alluvionali olocenici pianeggianti del T. Fiastrone.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	36
--	--	----

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1. Zone stabili suscettibili di amplificazioni

7.1.1. Scelta dell'input sismico

Per la definizione dell'input sismico sono stati utilizzati i dati della sismicità dell'area forniti dagli Operatori del CentroMS.

In particolare sono stati utilizzati 7 Accelerogrammi rappresentativi della pericolosità sismica locale (scenari di scuotimento) associata ad eventi con tempi di ritorno di 475 anni e relativi spettri di risposta elastici in pseudo-accelerazione con smorzamento pari al 5% dello smorzamento critico. Gli stessi scuotimenti sismici (accelerogrammi) sono relativi a basamento sismico affiorante ovvero ad un sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale (Categoria di sottosuolo A e Categoria topografica T1 nelle NTC 2008), con Magnitudo M compresa tra 4.9 e 6.1 e distanza epicentrale tra 5 Km e 45 Km.

MARCHE2 - CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (475yrs)

Mon Jul 03 12:50:18 CEST 2017

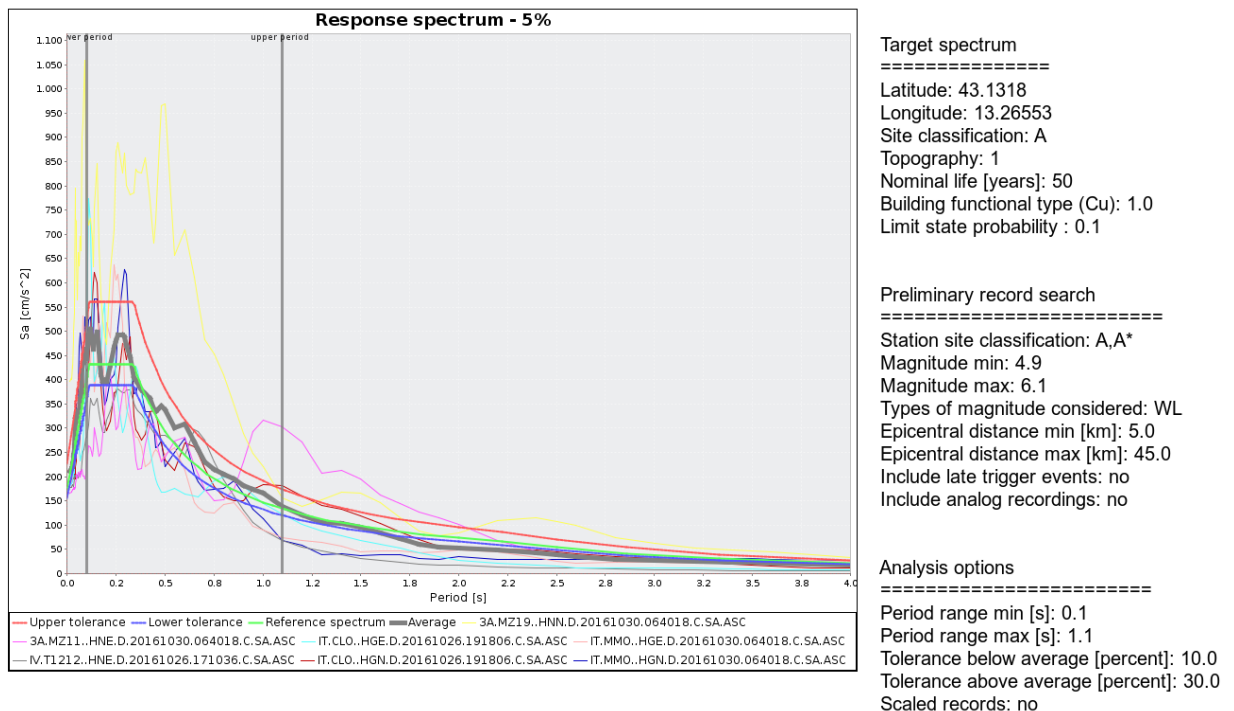


Figura 13 Spettri di risposta elastici degli input sismici forniti dal Centro Microzonazione Sismica.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	37
--	--	----

7.1.2. Simulazioni numeriche

Simulazioni numeriche 1D

La modellazione della Risposta Sismica Locale (RSL) in configurazione 1D è stata condotta attraverso il codice di calcolo STRATA.

Per ogni MOPS si è effettuata la calibrazione con il metodo Linear Elastic, in modo da controllare se la sequenza dei sismostrati e delle relative velocità sia conforme a quanto riscontrato con le prove HVSR che si sono effettuate nella zona considerata.

La calibrazione può avere delle differenze di spessore dei sismostrati rispetto alla MOPS considerata in quanto, per la calibrazione, si è tenuto in conto della reale stratigrafia sotto alla HVSR considerata.

L'analisi 1D è stata condotta sia adottando un approccio statistico sia su verticali rappresentative, confrontando poi i risultati e comunque adottando l'FA – 0,1/0,5 più cautelativo relativo alla modellazione sulle verticali.

La modellazione della MOPS in Equivalent Linear (EQL) si è effettuata con gli spessori medi e con le velocità medie calibrate.

Nell'approccio statistico per la modellazione Equivalent Linear (EQL) si è tenuto in conto della variazione statistica della velocità, degli spessori degli strati e della profondità del bedrock, il tutto per 100 scenari.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	38
--	--	----

Type of Analysis

Method:

Approach:

Vary the properties

Site Property Variation

Number of realizations:

Vary the nonlinear properties

- shear-modulus reduction curve
- damping ratio curve
- damping of the bedrock

Vary the site profile

- shear-wave velocity
- layer thickness
- depth to bedrock

Specify seed number

Calculation Parameters

Error tolerance:

Maximum number of iterations:

Effective strain ratio:

Layer Discretization

Maximum frequency:

Wavelength fraction:

Disable auto-discretization

L'elaborazione completa per tutti gli accelerogrammi (7) comporta un output di 700 file che sono stati trattati in maniera globale, con l'estrazione degli spettri di risposta relativi ad ogni singolo accelerogramma dai quali è stata fatta la media log-normale e la mediana.

Per il calcolo dell'FA si sono fatti anche i limiti in modo da capire la bontà della stima.

Come suggerito dal gruppo di coordinamento si sono effettuate altresì tre verticali di controllo, senza variazione statistica, con gli spessori minimi, medi e massimi.

Il risultato delle 4 elaborazioni è riportato per ogni MOPS. Per la scelta degli FA da cartografare, così come suggerito dal gruppo di coordinamento, si è preso l'FA – 0,1/0,5 più cautelativo e gli altri relativi alla medesima modellazione.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	39
--	--	----

Simulazioni numeriche 2D

Modello geotecnico

Il modello geometrico del sottosuolo per le analisi di risposta sismica locale relative al comune di Camporotondo di Fiastrone è stato definito sulla base dei risultati delle indagini geofisiche (H/V, MASW e DH) e dei rilievi di campagna, specificamente effettuati per lo studio di microzonazione sismica dell'area. Questi sono stati integrati con i dati stratigrafici già disponibili, derivanti da indagini pregresse.

La profondità e l'andamento del substrato roccioso corrispondente alla formazione del flysch della Laga in facies pelitico-arenacea (ALS_LAG3) sono stati definiti sulla base degli studi geologici e calibrati verificando la corrispondenza tra le funzioni di amplificazione numeriche e quelle ricavate sperimentalmente sotto forma di rapporti HVSR misurati su *noise*. Nella Figura 14 è riportato uno stralcio della carta geologico-tecnica dell'area, dove è riportata la traccia della sezione NW-SE sottoposta ad analisi bidimensionale. Il profilo è invece riportato nella Figura 15.

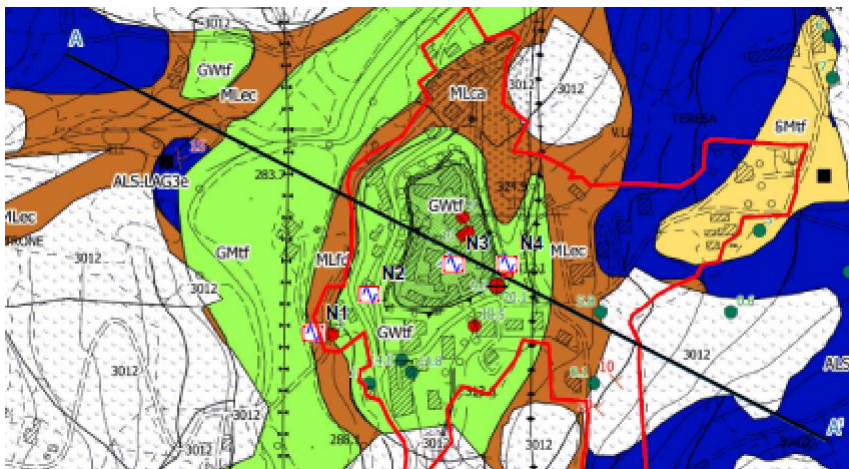
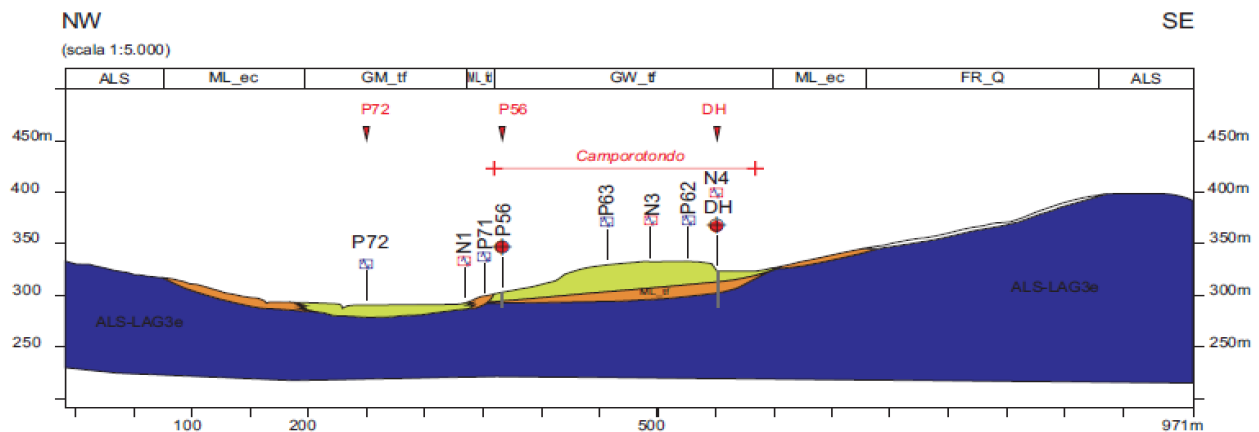


Figura 14 Carta geologico-tecnica di Camporotondo di Fiastrone

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	40
--	--	----



Terreni di copertura

- ML_ec** Depositi eluvio-colluviali, ML - ec:
Limi argillosi e sabbie fini limose.
- ML_tf** Depositi alluvionali
Argilla limosa a tratti marnosa; Color dal beige al verdastro, con locali chiazze e/o venature grigie e grigio-azzurre; Localmente ingloba rottami di substrato pelitico-arenaceo color grigiastro. Da moderatamente consistente a consistente. Velocità V_s da 456 a 523 in DH
- ML_fd** Depositi eluvio-colluviali, Limi argillosi e sabbie fini limose. v_s di 237 /7s in MW2
- GW_tf** Depositi alluvionali, GW - tf:
Ghiaie pulite, miscela di ghiaie e sabbie. Velocità V_s da 350 a 400 m/s da DH e MW
- GM_tf** Depositi alluvionali, GM - tf:
Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbie e limo. Velocità V_s da 200 a 400 m/s da Mw1

Substrato geologico

ALS_LAG3 Formazione Flysch della Laga. -Litofacies pelitico-arenacea: è generalmente costituita da peliti fittamente stratificate con intercalazioni arenacee di spessore variabile da 2-3cm a 25-30cm Il rapporto sabbia/argilla è, di norma, molto basso, sempre molto minore di uno. Velocità V_s da 573 a 690 m/s in DH

Figura 15 – Profilo sottoposto alle analisi numeriche

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

Denominazione	Litologia	interpretazione	spessori	γ (kN/m ³)	V_s (m/s)	ν	α	V_p (m/s)	$G/Go(\gamma) D(\gamma)$
Depositi eluvio-colluviali MLEc	Limi argillosi e sabbie fini limose	Back analysis HVSR	0-8	20.00	237	0.4	2.45	581	Mlec (IP= 20÷36)
Depositi alluvionali MLtf	Argilla limosa a tratti marnosa	DH	0-10	21.00	490	0.441	3.08	1508	R&O Pollenza, Urbisaglia
Depositi di versante MLfd	Limi argillosi e sabbie fini	MASWL2	0-10	21.00	237	0.4	2.45	581	R&O Pollenza, Urbisaglia
Depositi alluvionali GWtf	Ghiaie pulite, miscela di ghiaie e sabbie	DH	0-25	19.75	383	0.429	2.84	1086	Kokusho et al, 1981 - round gravel (upper)
Depositi alluvionali GMtf	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	MASWL1	0-15	19.75	235	0.4	2.45	576	Kokusho et al, 1981 - round gravel (upper)
Formazione	Peliti	DH	0-5	22.5	573	0.443	3.13	1791	ALS

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	41
--	--	----

Flysch della Laga ALS-LAG3	fittamente stratificate con intercalazioni arenacee		5-150		690	0.461	3.72	2565	
Bedrock SFALS-LAG1	Peliti fittamente stratificate con intercalazioni arenacee	-	-	22.5	800	0.461	3.72	2974	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 (γ), 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 16), fornendo i valori medi di V_p e V_S da attribuire alle singole formazioni ai diversi campi di profondità.

Ad ogni unità litologica, sono stati anche attribuiti valori dei coefficienti α ($=V_P/V_S$) e di Poisson ν^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.

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

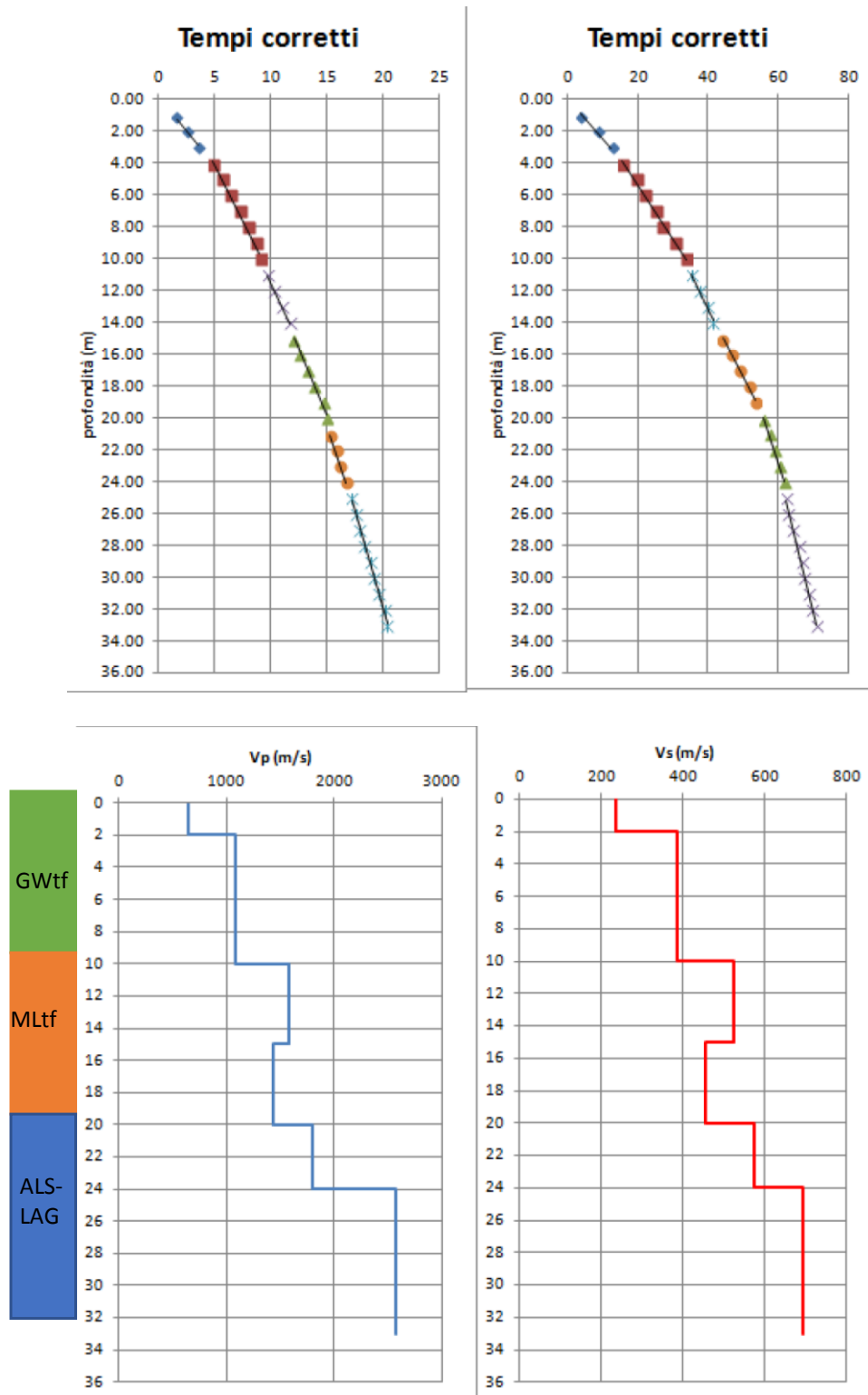


Figura 16 – Risultati prova DH: a) dromocrone; b) profilo Vp e Vs.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	43
--	--	----

I profili di V_s delle diverse formazioni adottate nei modelli di calcolo sono riassunti e confrontati in figura 17. In figura 18 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.

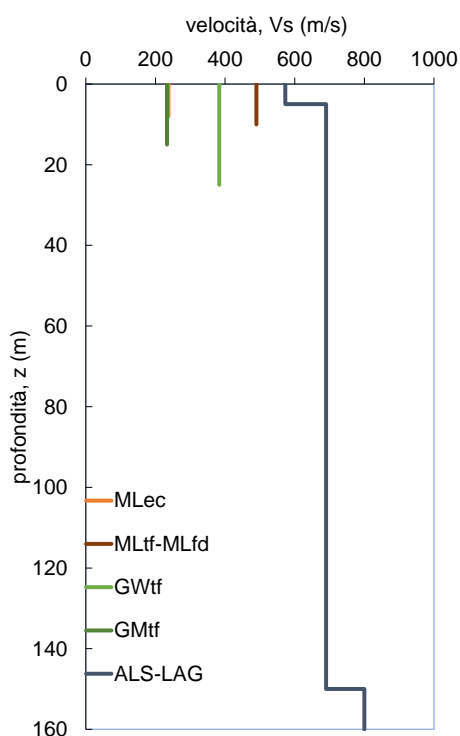


Figura 17 – Modello di velocità

I risultati della prova DH hanno consentito di attribuire un valore della velocità delle onde di taglio alle ghiaie pulite ben assortite (GWtf) dei depositi alluvionali ($V_s = 383 \text{ m/s}$). Per caratterizzare il comportamento non lineare e dissipativo di tali depositi si è fatto riferimento a curve di letteratura ottenute su terreni di granulometria simile (Kokusho et al., 1981). Lo stesso risultato della prova DH ha consentito di caratterizzare anche i sottostanti depositi fini di origine alluvionale (MLtf) con una velocità di 490 m/s . Il comportamento non lineare di tali depositi è stato caratterizzato grazie alla disponibilità di risultati di due prove di torsione ciclica su campioni prelevati nella stessa formazione nei comuni di Pollenza e Urbisaglia. La stessa curva di decadimento è stata attribuita anche ai depositi fini di versante (MLfd) la cui velocità delle onde di taglio è stata desunta da i risultati della prova MASWL2.

Le altre coperture di origine alluvionale (GMtf) sono state caratterizzate in termini di velocità grazie ai risultati della prova MASW L1 e verificati grazie ai dati delle misure HVSR. Anche in questo caso si è fatto riferimento a dati di letteratura per la caratterizzazione del

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	44
--	--	----

comportamento non lineare e dissipativo, adottando anche per tali depositi le curve proposte da Kokusho et al., 1981. La velocità dei depositi eluvio colluviali fini è stata attribuita sulla base di una back analysis del risultato delle misure HVSR una volta definita la velocità del substrato geologico. Lo stesso deposito è stato caratterizzato in termini di non linearità grazie alla disponibilità di una serie di risultati sperimentali ottenuti su campioni dello stesso deposito prelevati in altri comuni limitrofi.

Il risultato della DH ha altresì consentito di attribuire la velocità alla formazione della Laga per la quale si è definito uno strato di alterazione di 5 m con velocità di 573m/s poggiante su uno integro con velocità decisamente maggiore, pari a 690m/s. Alla formazione del substrato geologico 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 Fermata.

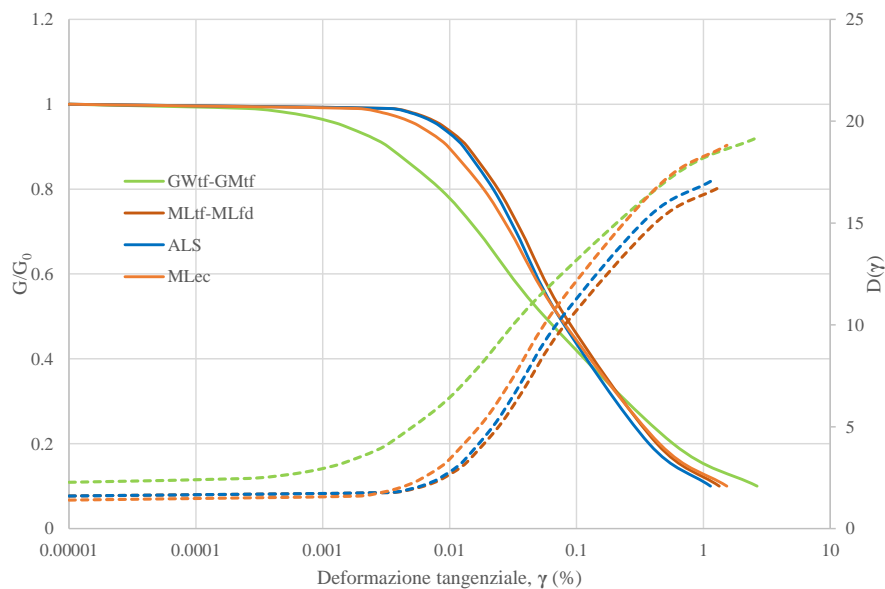


Figura 18 – Curve del decadimento del modulo di taglio e dell'andamento del fattore di smorzamento con il livello di deformazione

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

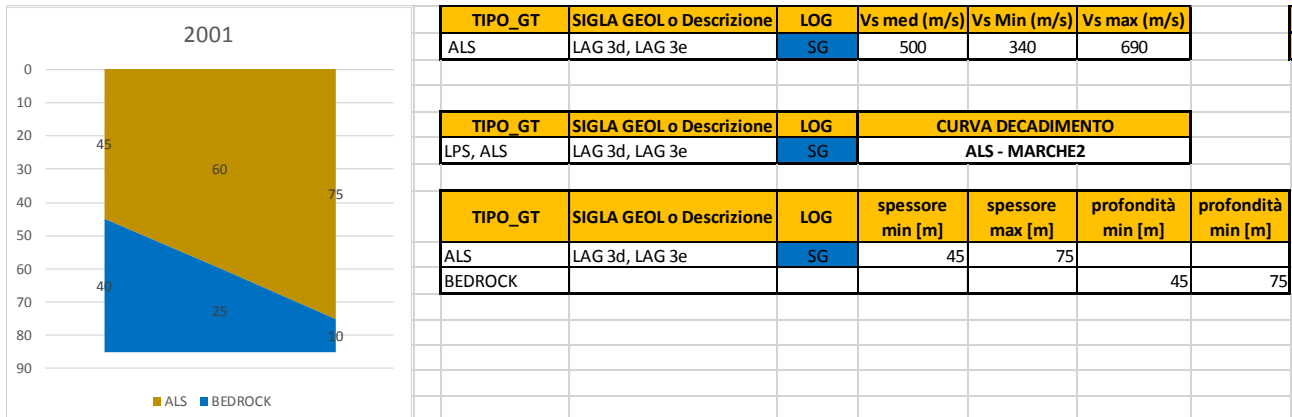
ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	45
--	--	----

7.1.3. Risultati Modellazione 1D

7.1.3.1. MOPS 2001

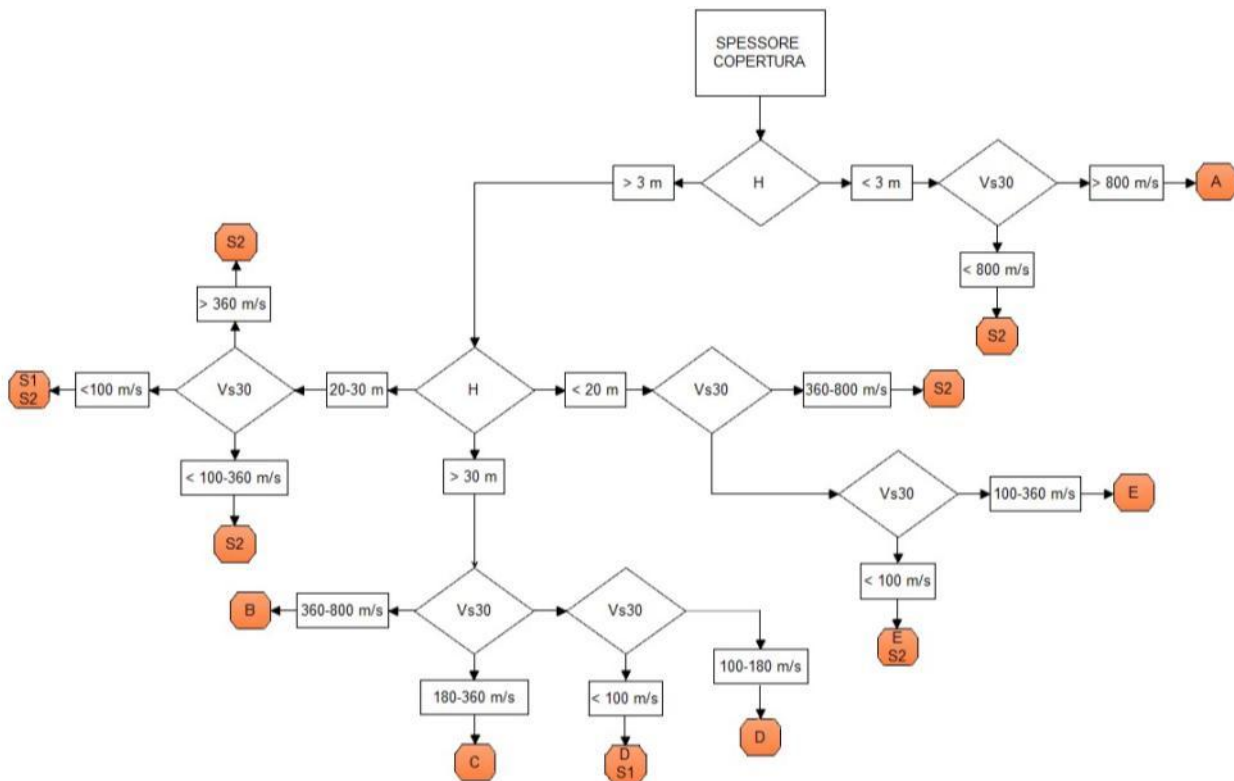
$V_{s,30}$ e suolo NTC

Come da disciplinare si deve calcolare la $V_{s,30}$:



	Hmed	Vs med
ALS	30	500
$V_s 30$:	500	

Tali valori portano alle seguenti categorie di sottosuolo semplificate:



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	46
--	--	----

	100	180	360					800	>800
0,00 m	E/S1	E	E	S2				A	
3,00 m									
20,00 m	S2/S1	S2		S2				S2	
30,00 m	D/S1	D	C	<div data-bbox="983 1576 1142 1671" style="border: 1px solid black; background-color: #ADD8E6; padding: 2px; display: inline-block;">s30</div> B					
>30,00 m									

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	47
--	--	----

MODELLO STRATA NON LINEARE

Modello statistico

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	60.00	ALS	500.00	<input checked="" type="checkbox"/> 340.00	<input checked="" type="checkbox"/> 690.00	<input checked="" type="checkbox"/>
2	60.00	Half-Space	Bedrock	800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 900.00	<input checked="" type="checkbox"/>

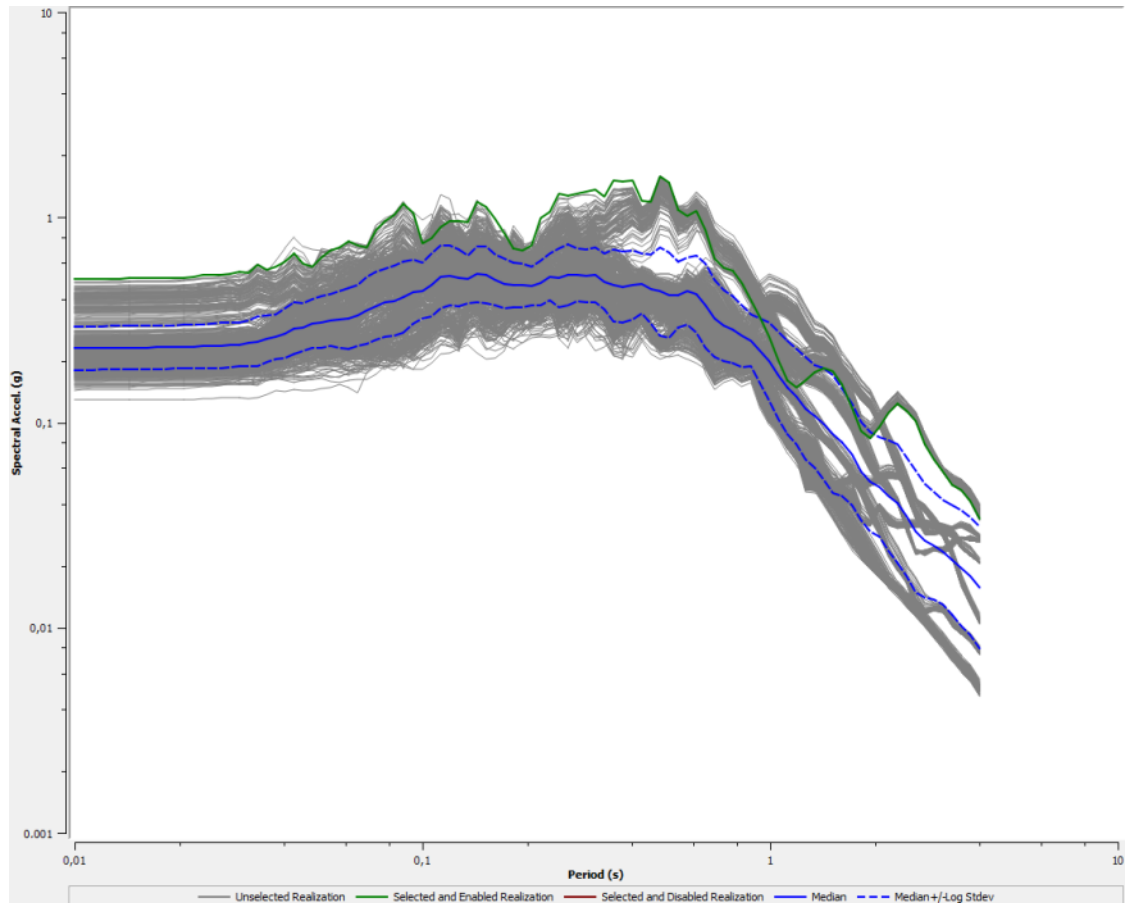
Soil Types

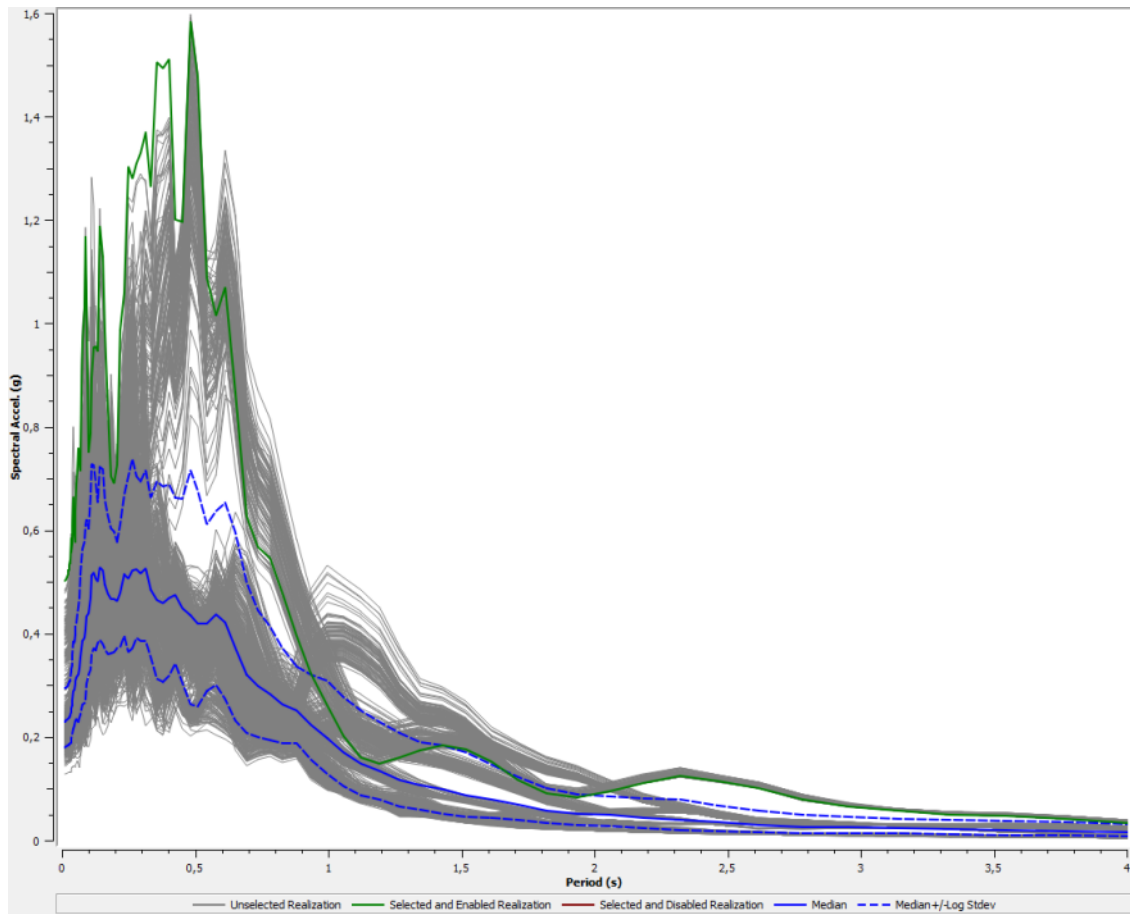
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf-MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 + 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo la mediana risultante dai 100 scenari che sono stati elaborati per ogni accelerogramma.

Calcolo degli FA:

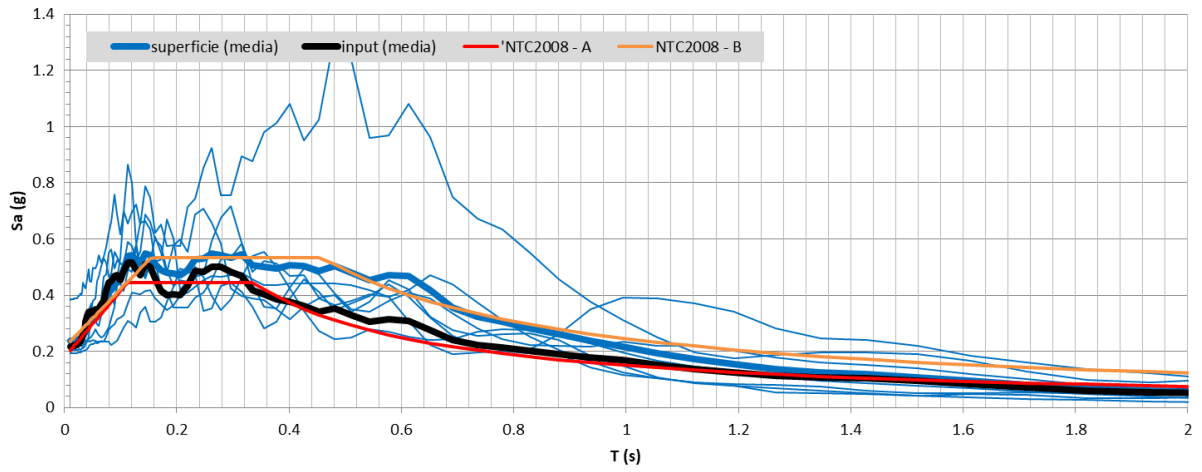
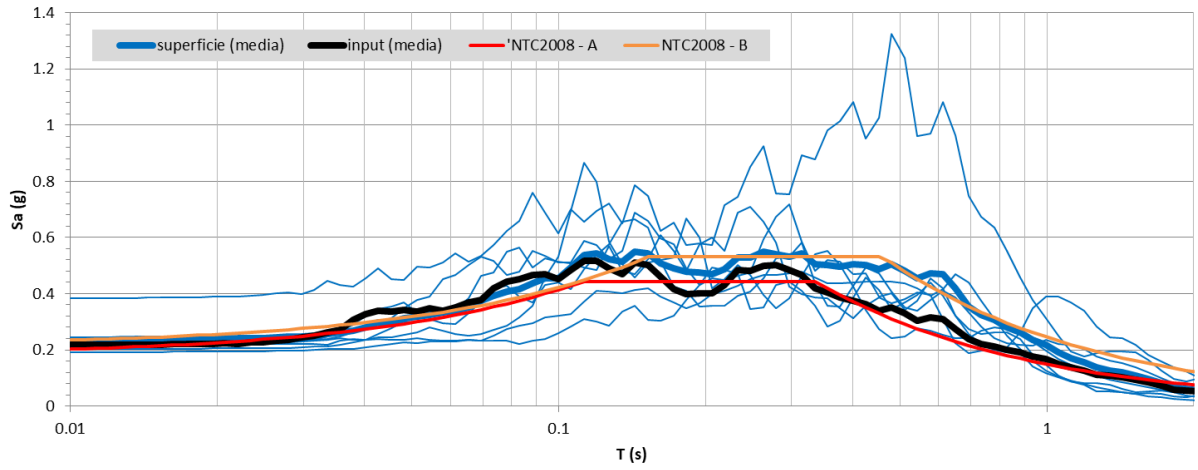
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.22	1.47	1.37
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.17	1.22	1.26
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.43	1.47	1.51
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.30	1.37	1.43

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	50
--	--	----

Modello verticale min

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	45.00	ALS	500.00
2	45.00	Half-Space	Bedrock	800.00

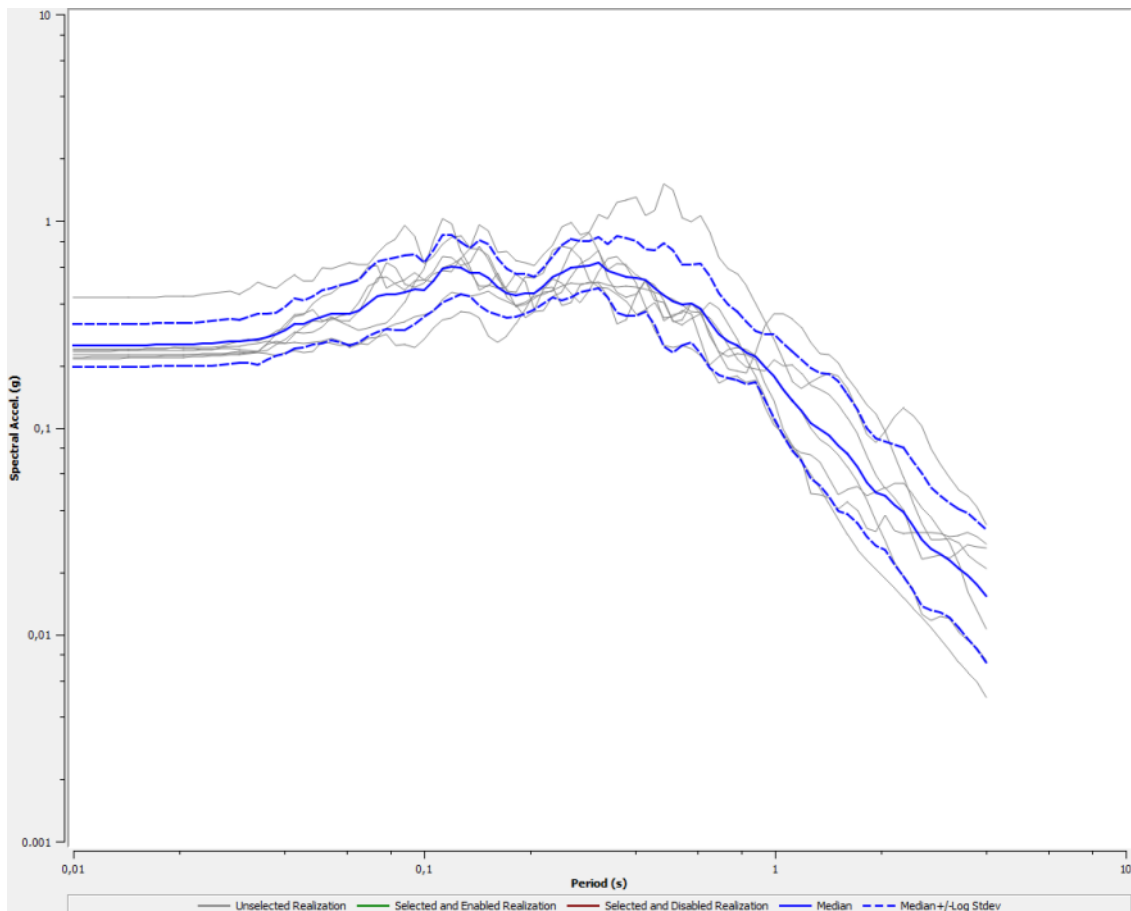
Soil Types

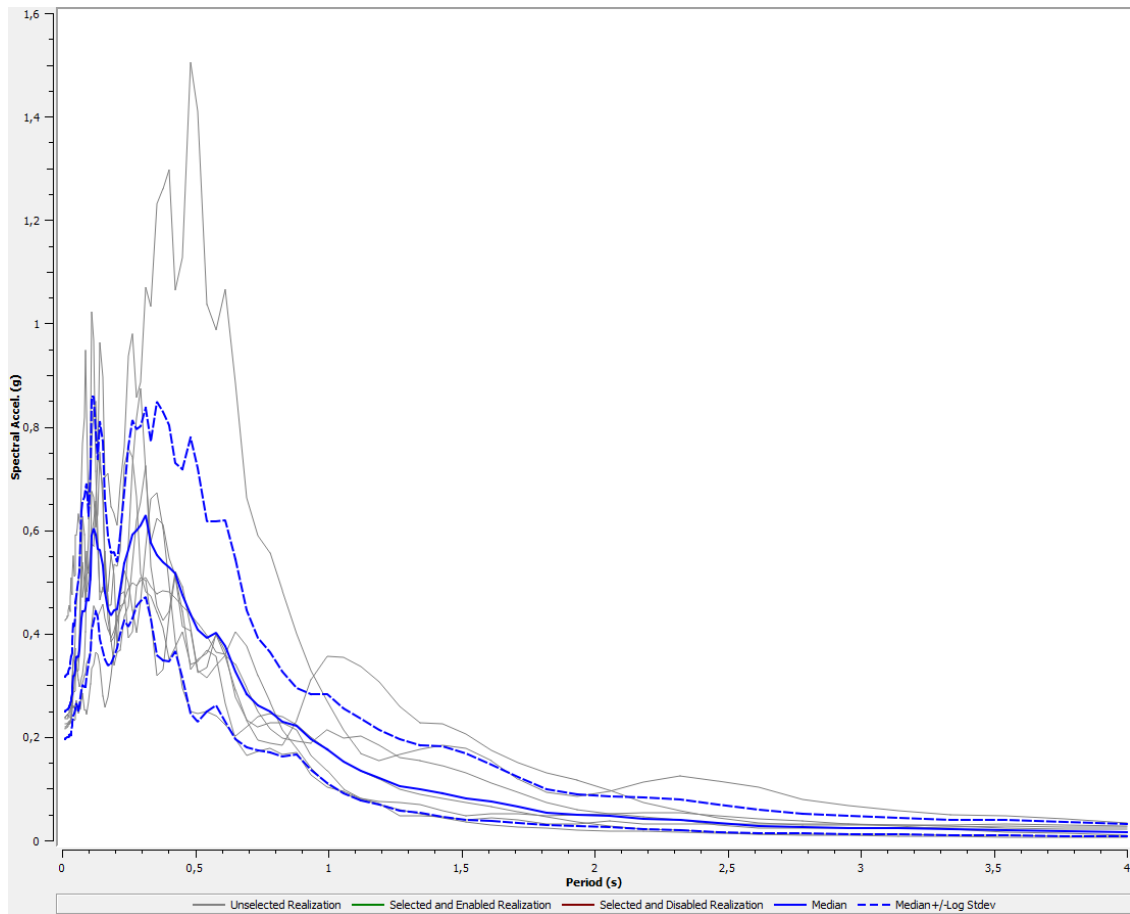
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

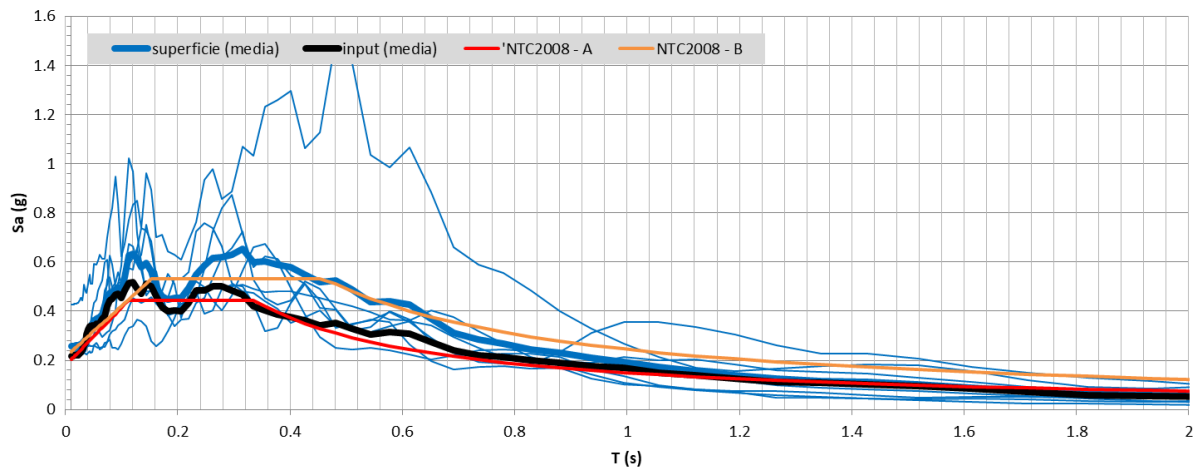
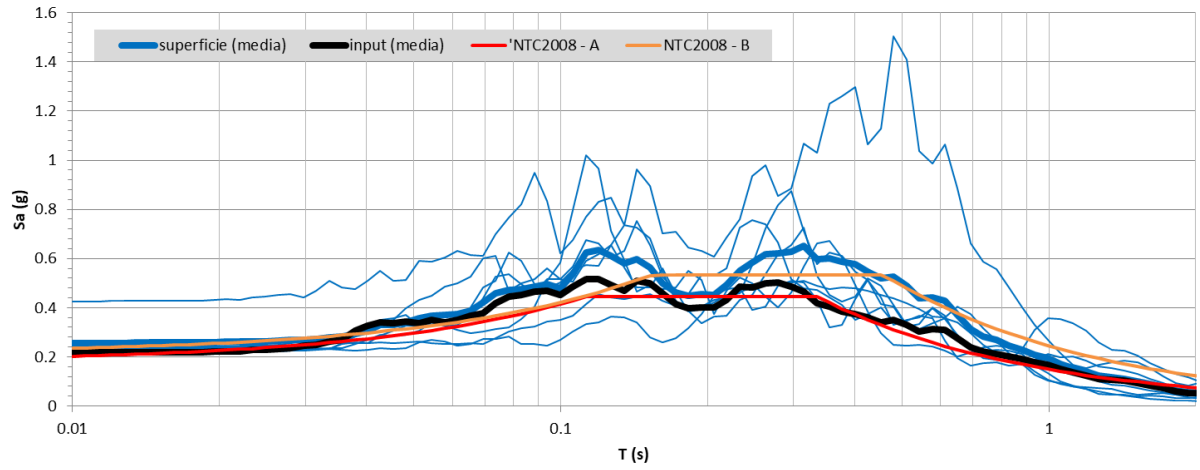
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.32	1.39	1.21
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.30	1.32	1.35
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.36	1.39	1.41
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.17	1.21	1.24

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	53
--	--	----

Modello verticale med

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	60.00	ALS	500.00
2	60.00	Half-Space	Bedrock	800.00

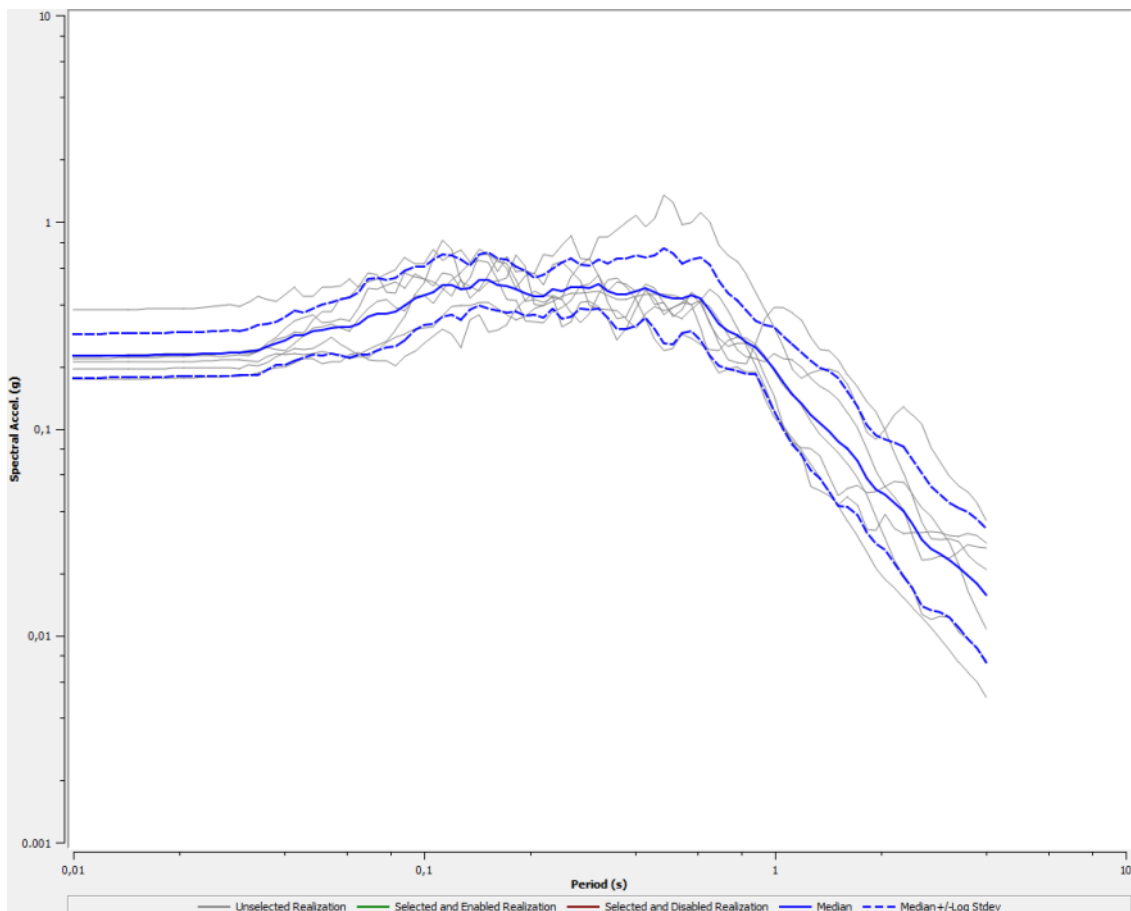
Soil Types

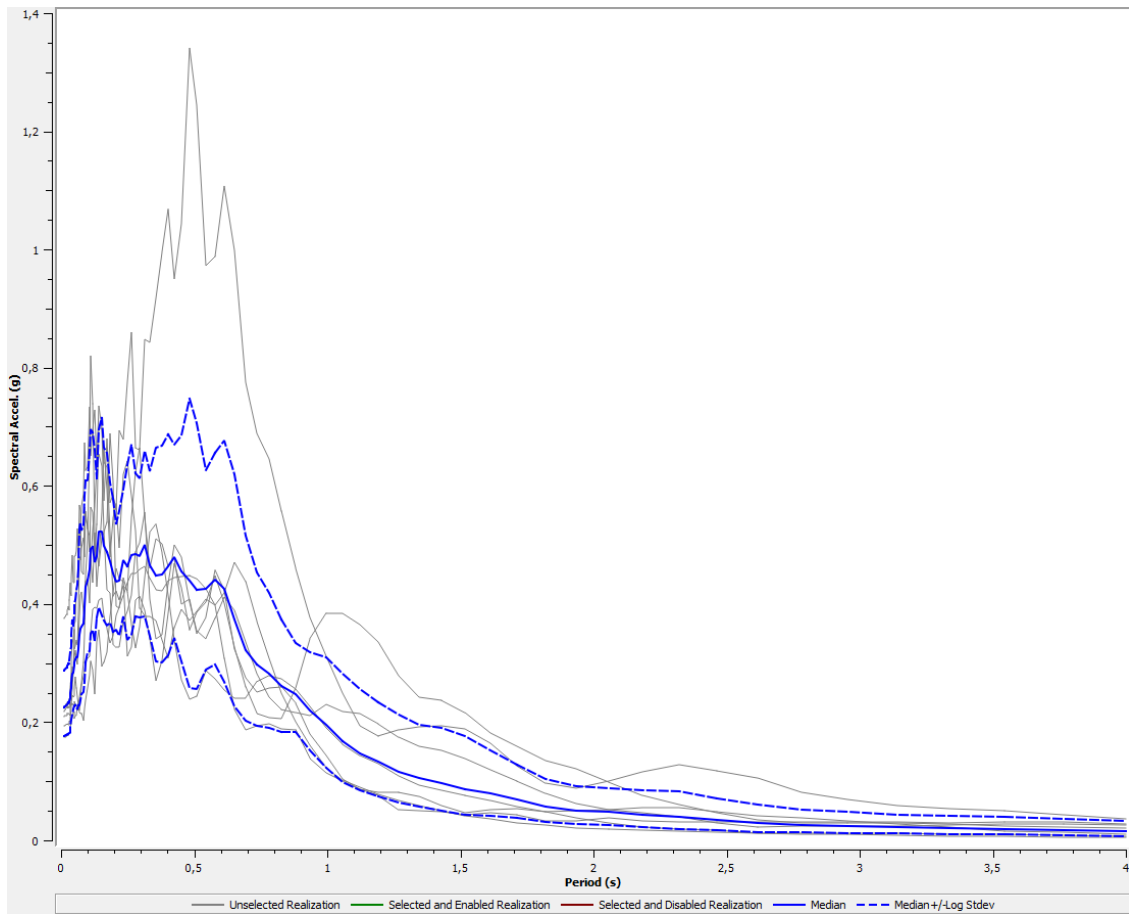
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

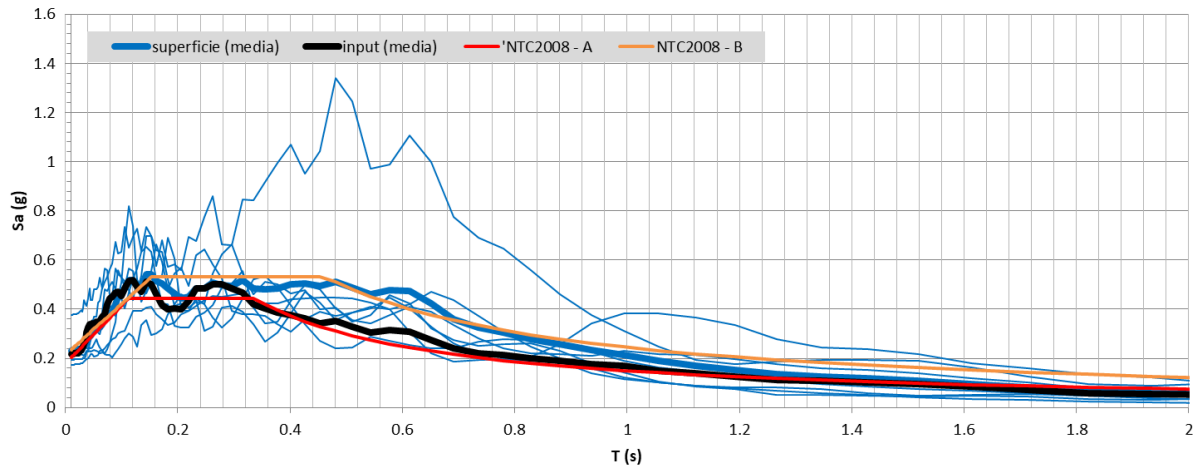
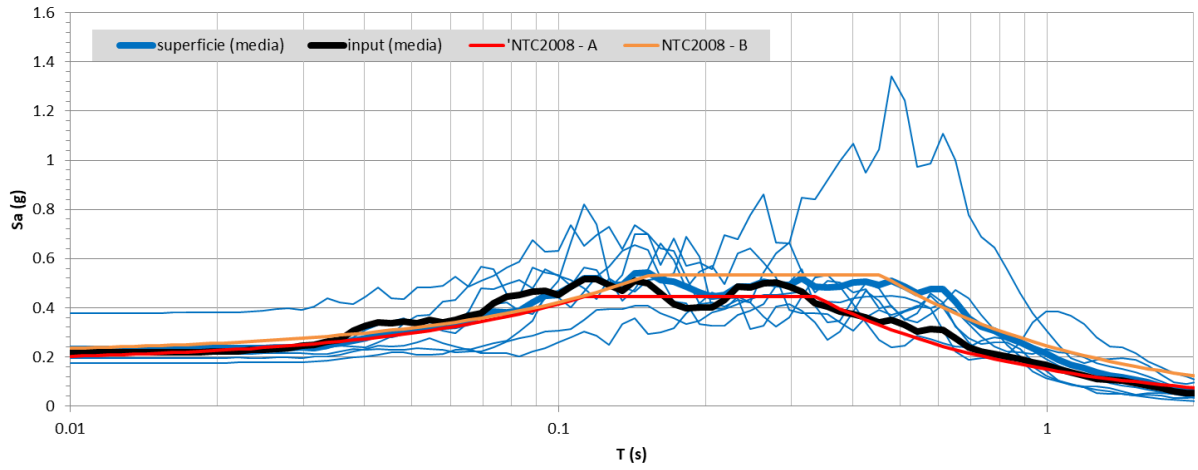
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.18	1.48	1.35
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.13	1.18	1.23
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.45	1.48	1.51
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.29	1.35	1.42

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	56
--	--	----

Modello verticale max

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	75.00	ALS	500.00
2	75.00	Half-Space	Bedrock	800.00

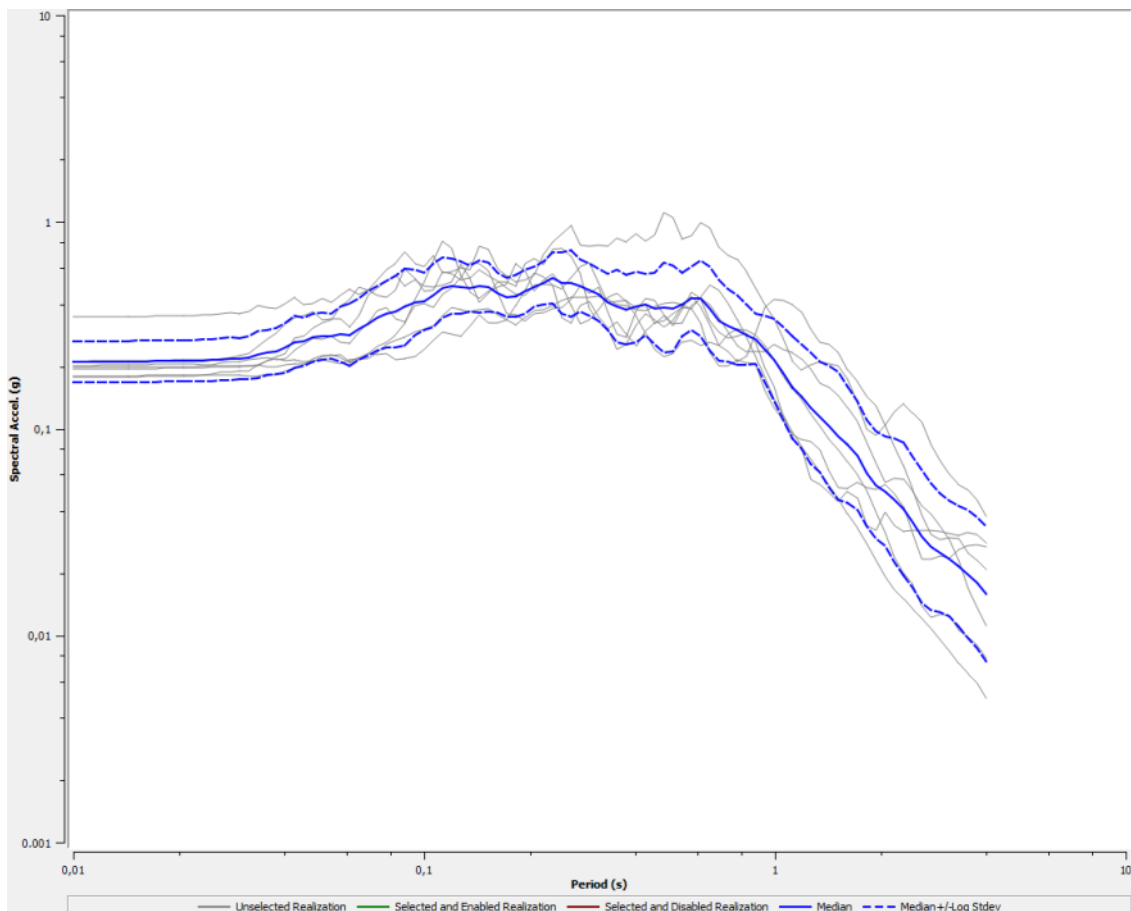
Soil Types

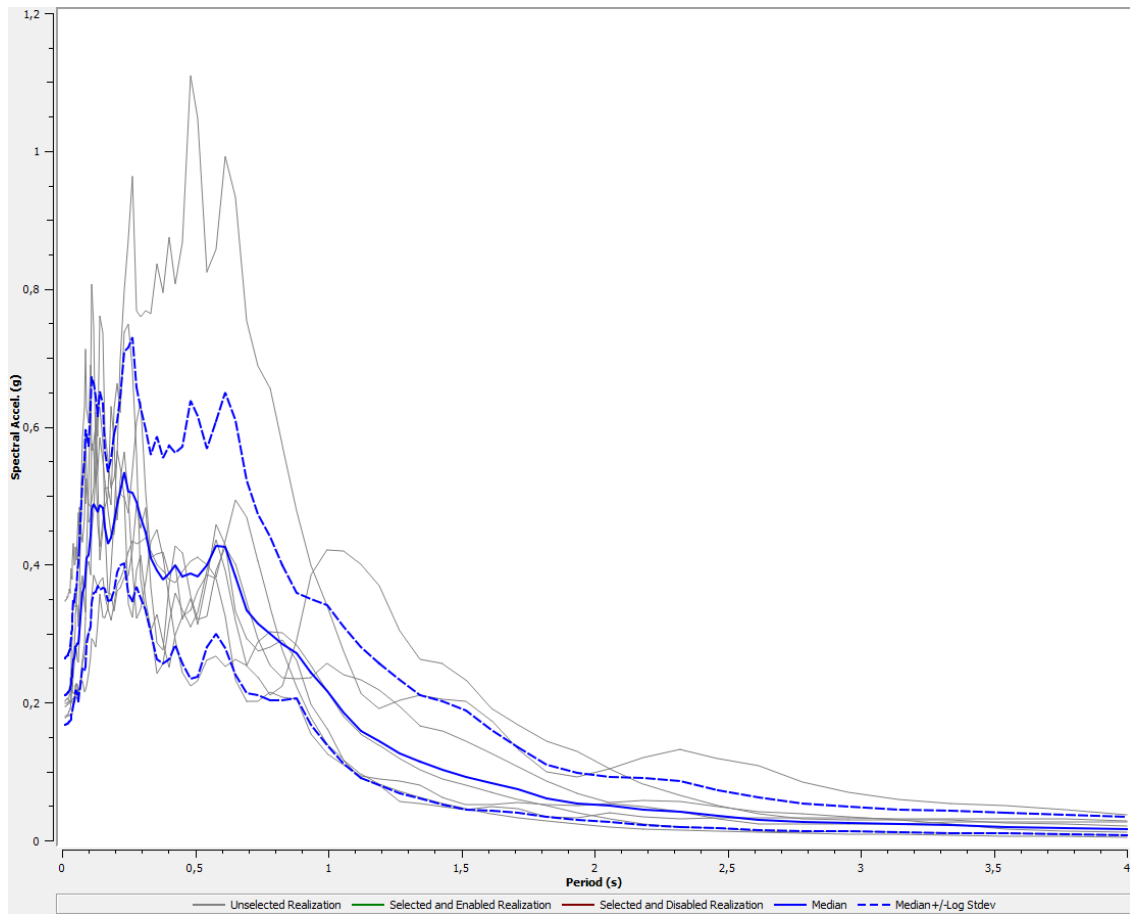
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf-MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.11	1.42	1.47

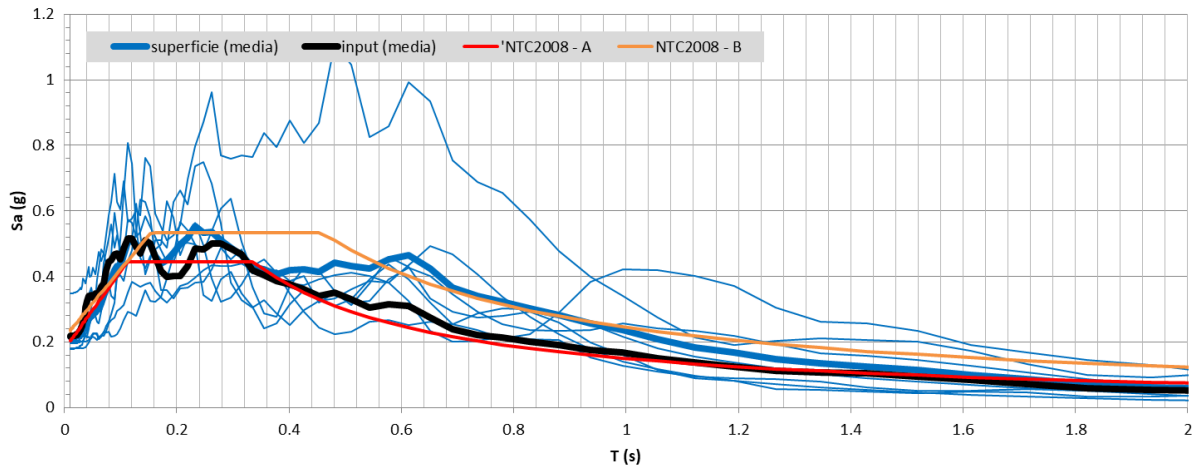
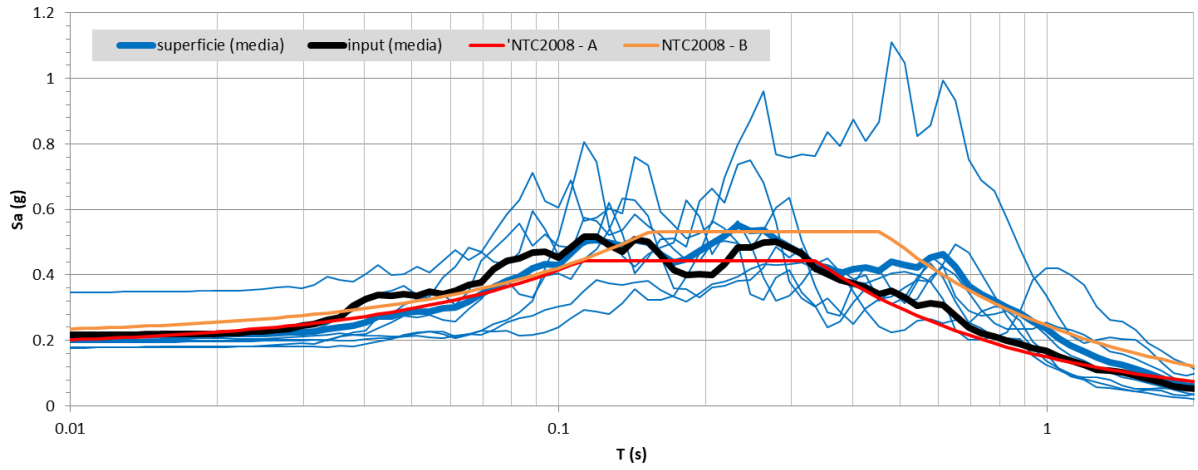
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.05	1.11	1.17
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.35	1.42	1.50
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.40	1.47	1.54

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	59
--	--	----

Estrazione degli accelerogrammi

Come già scritto in premessa si sono estratti gli accelerogrammi che hanno FA 0,1-0,5 massimo, ovvero la verticale minima:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.32	1.39	1.21

FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.30	1.32	1.35
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.36	1.39	1.41
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.17	1.21	1.24

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

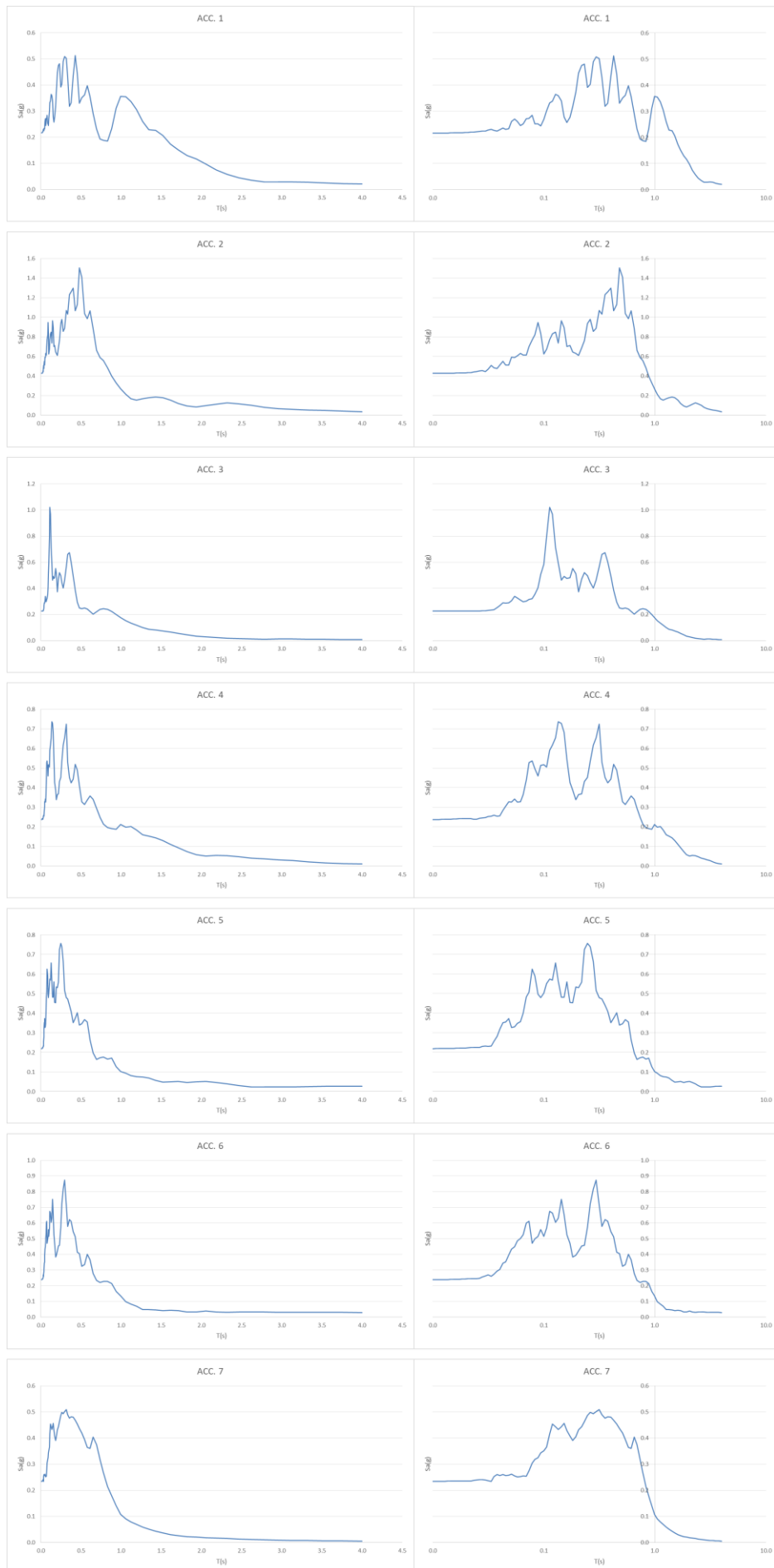
$$F A_{rif} = e^{m_{ln}}$$

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(F A_i) - m_{ln}]^2}$$

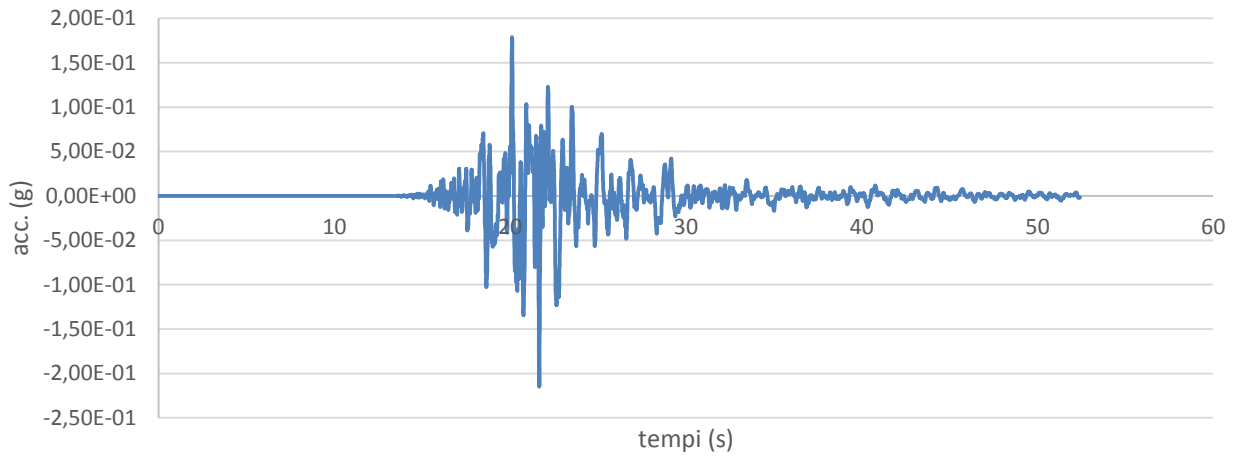
$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$

MICROZONAZIONE SISMICA

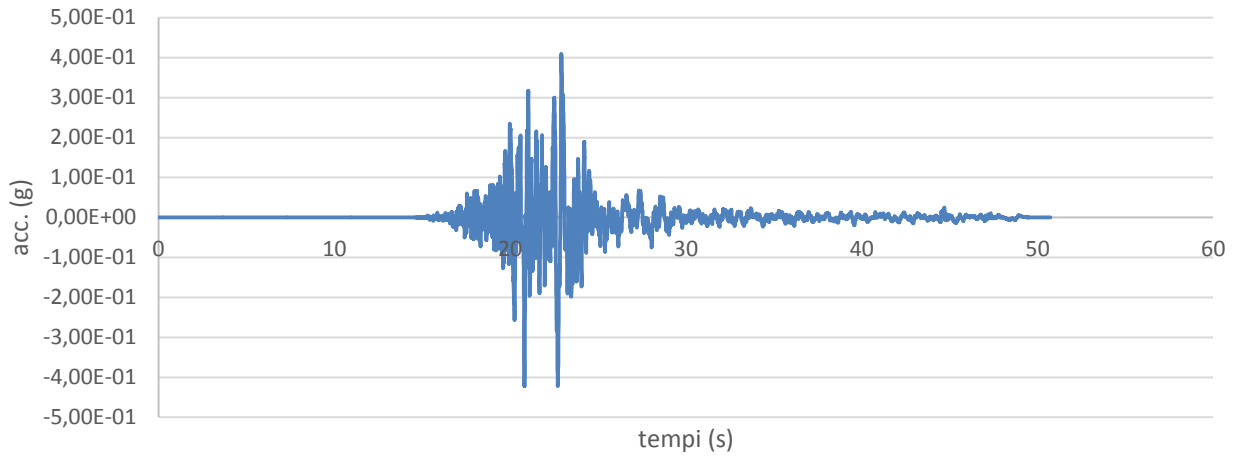
RELAZIONE ILLUSTRATIVA



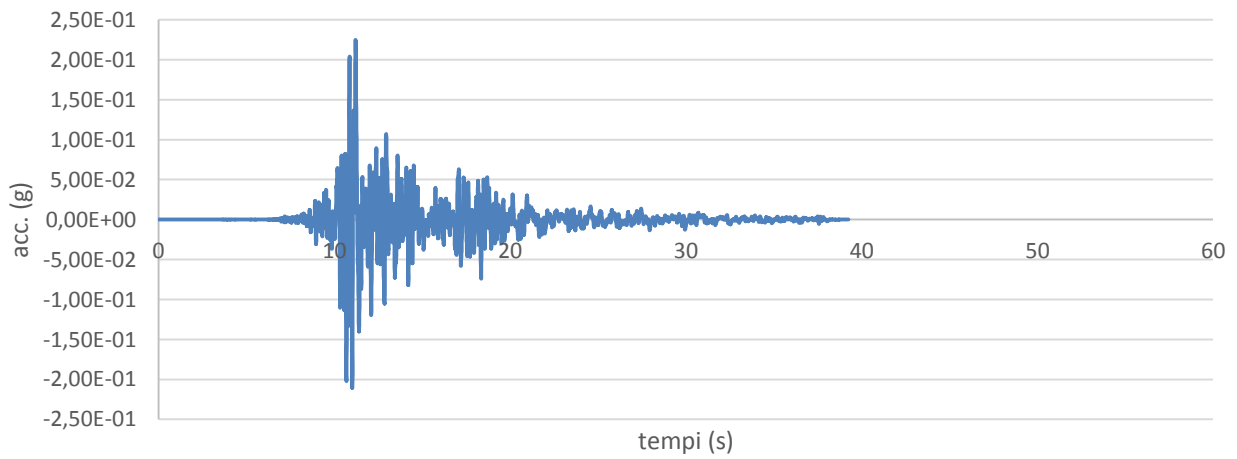
ACC. 1



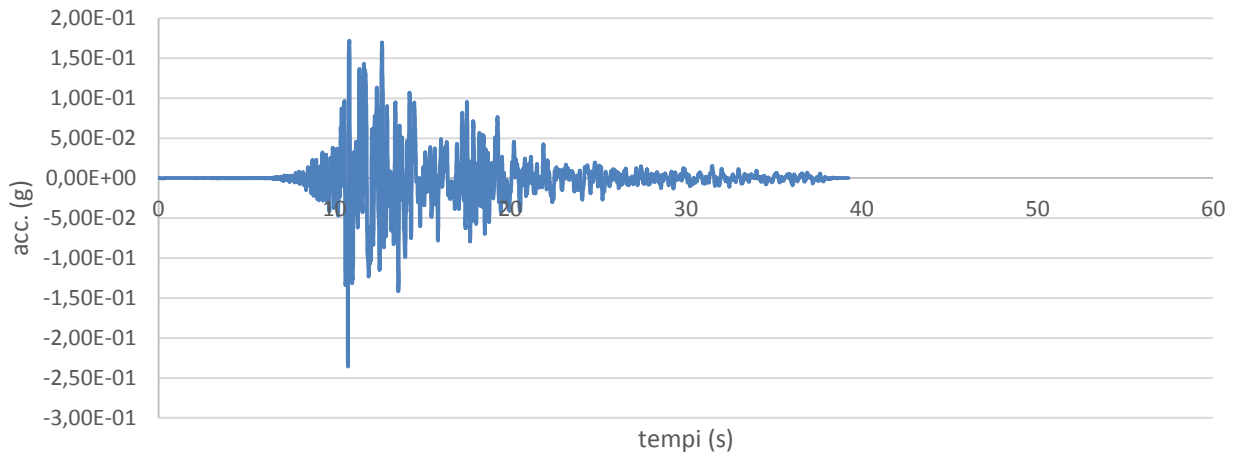
ACC. 2



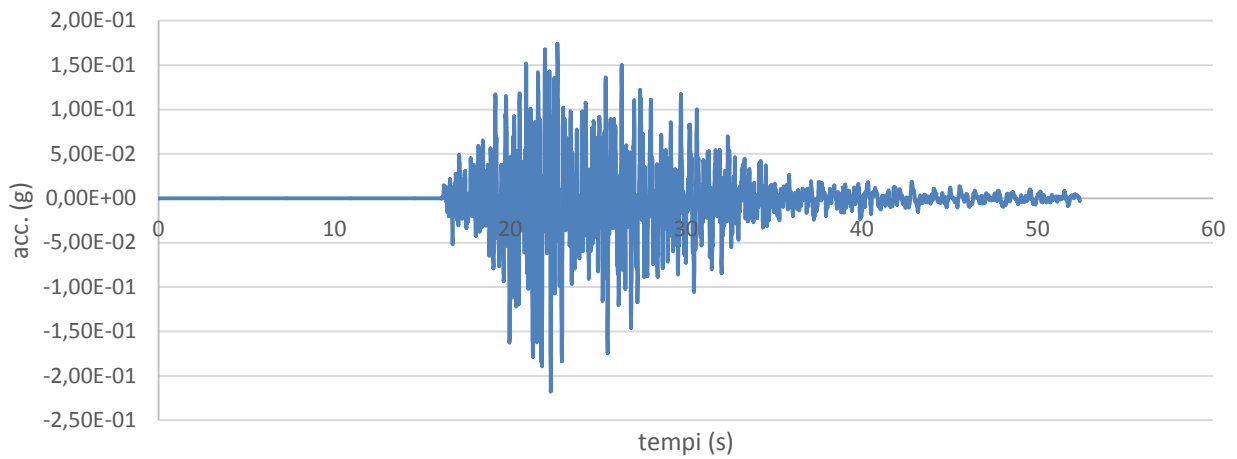
ACC. 3



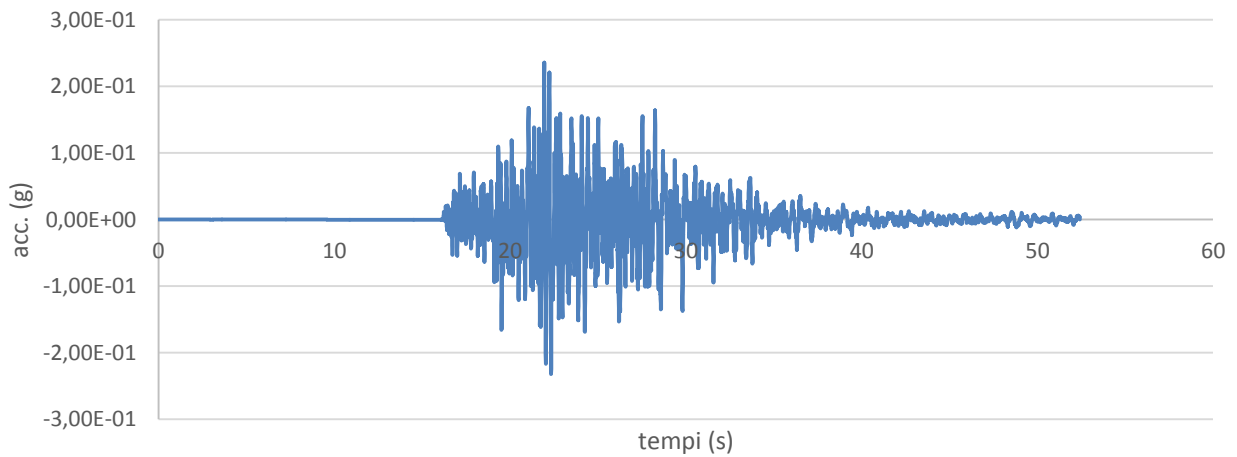
ACC. 4



ACC. 5



ACC. 6



ATP
GEOL. SILVIA PAGGI
GEOL. EUGENIO PISTOLESI
GEOL. DIMITRI MAZZA
GEOL. ANGELO CURATOLO
ING. ROBERTO DI GIROLAMO

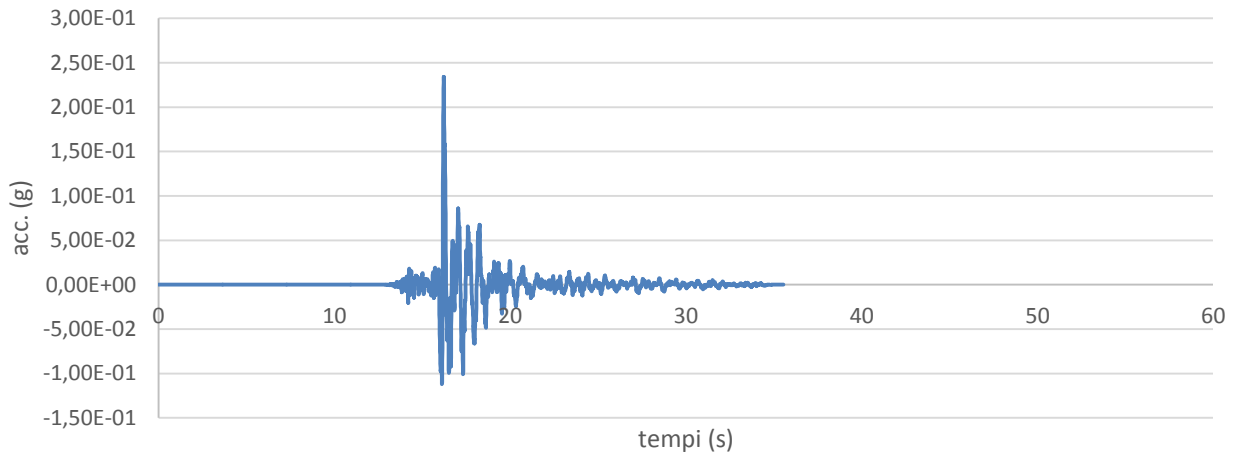
COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC)

64

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

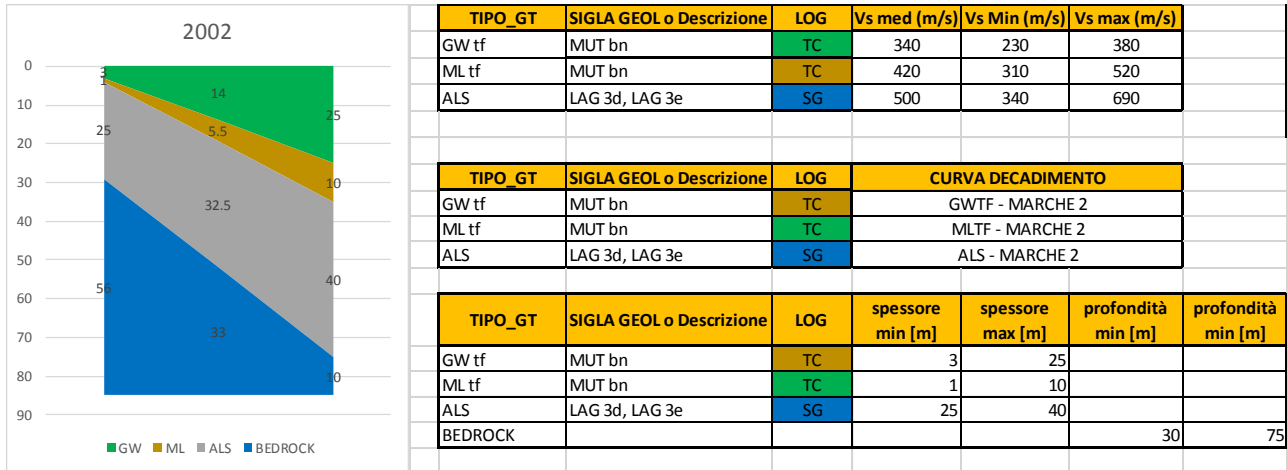
ACC. 7



7.1.3.2. MOPS 2002

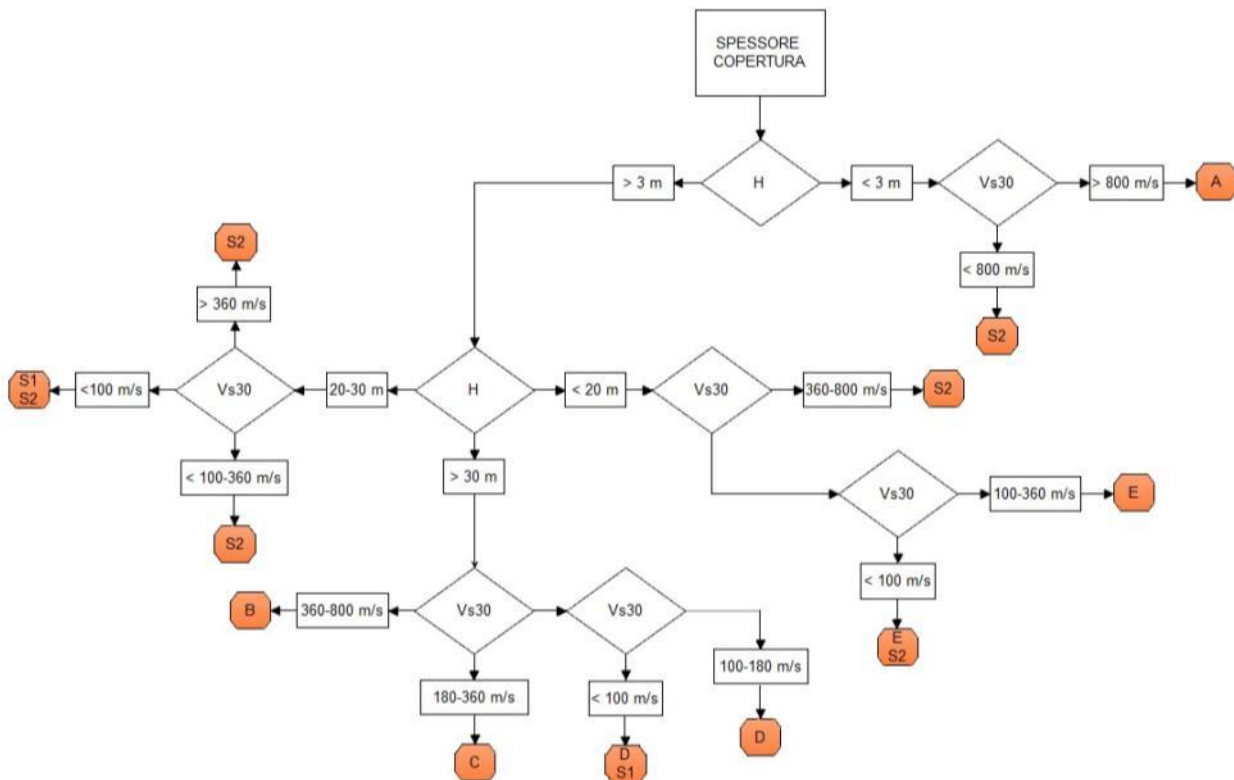
$V_{s,30}$ e suolo NTC

Come da disciplinare si deve calcolare la $V_{s,30}$:

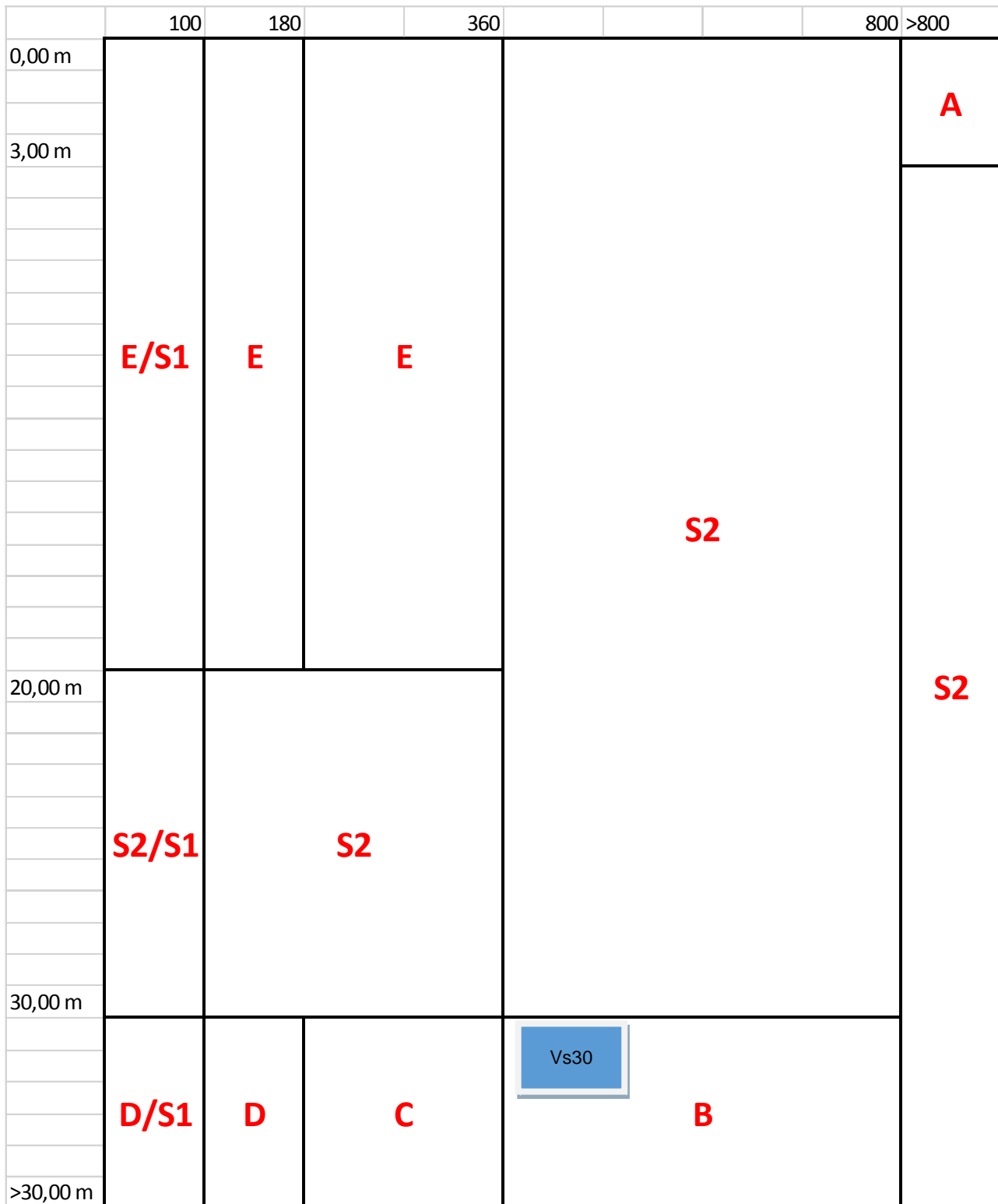


	Hmed	V_s med
GW	14	340
ML	5.5	420
ALS	10.5	500
V_s 30:	399	

Tali valori portano alle seguenti categorie di sottosuolo semplificate:



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	66
--	--	----



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	67
--	--	----

MODELLO STRATA NON LINEARE

Modello statistico

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

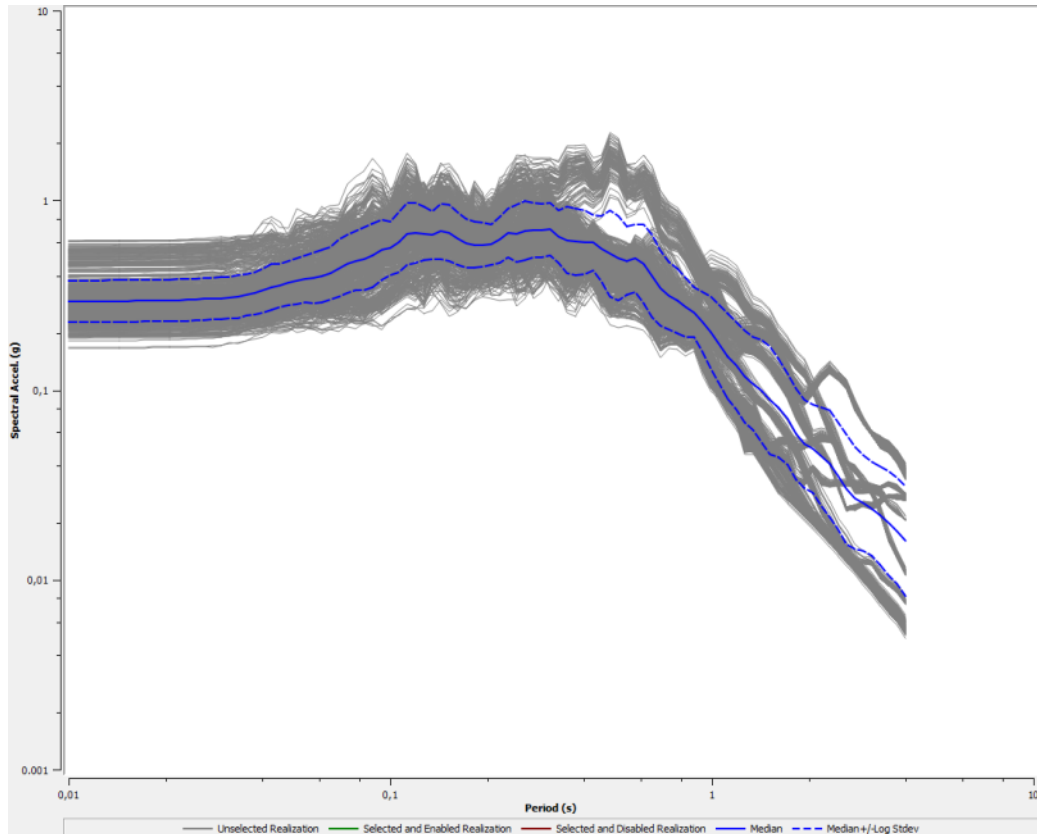
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	14.00	GW (tf)	350.00	<input checked="" type="checkbox"/> 230.00	<input checked="" type="checkbox"/> 380.00	<input checked="" type="checkbox"/>
2	14.00	5.50	ML (tf)	420.00	<input checked="" type="checkbox"/> 310.00	<input checked="" type="checkbox"/> 520.00	<input checked="" type="checkbox"/>
3	19.50	32.50	ALS	500.00	<input checked="" type="checkbox"/> 340.00	<input checked="" type="checkbox"/> 690.00	<input checked="" type="checkbox"/>
4	52.00	Half-Space	Bedrock	800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 900.00	<input checked="" type="checkbox"/>

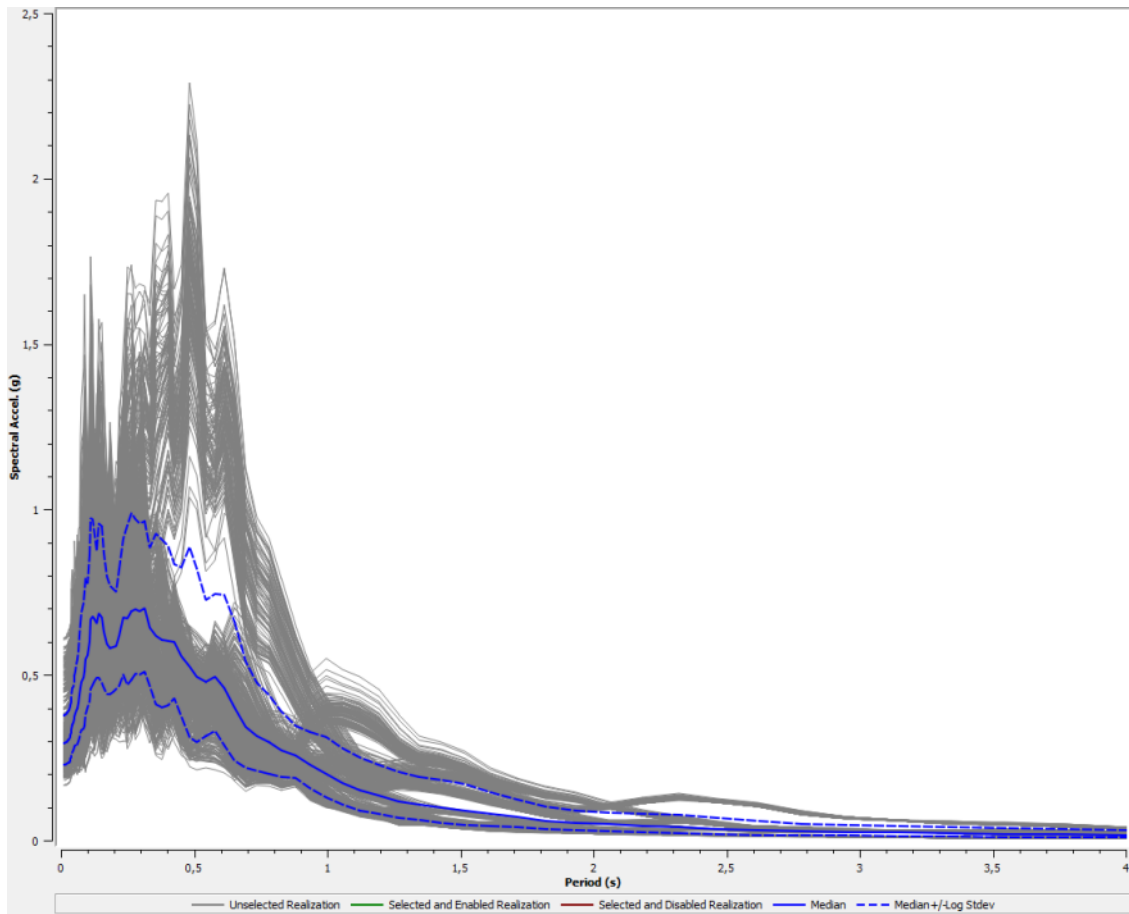
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo la mediana risultante dai 100 scenari che sono stati elaborati per ogni accelerogramma.

Calcolo degli FA:

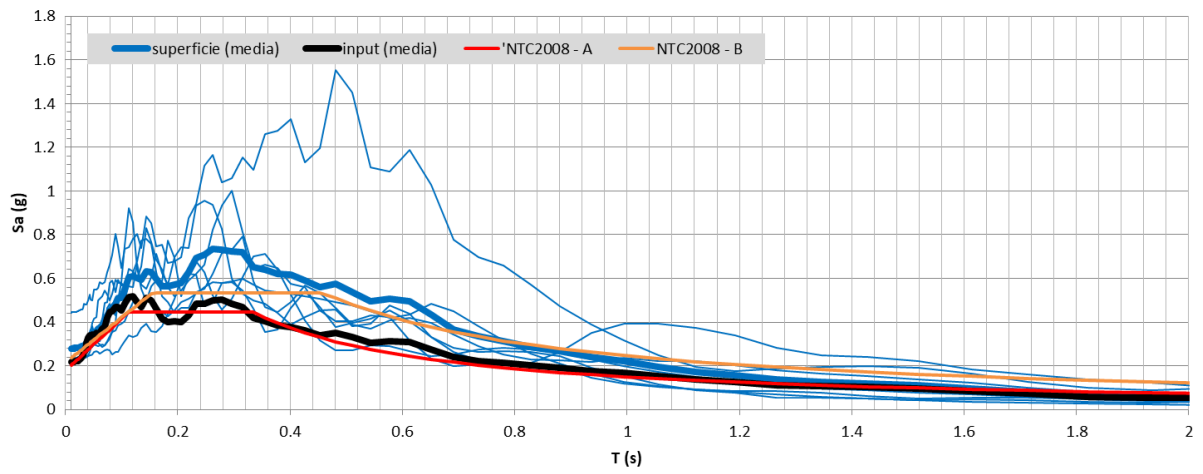
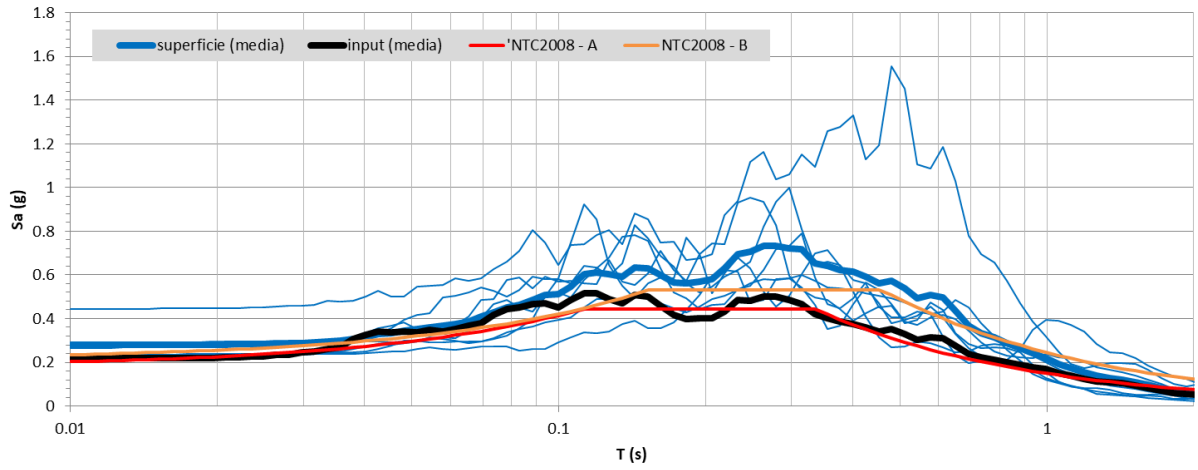
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.49	1.59	1.39
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.43	1.49	1.55
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.55	1.59	1.62
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.33	1.39	1.47

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	70
--	--	----

Modello verticale min

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	3.00	GW (tf)	350.00
2	3.00	1.00	ML (tf)	420.00
3	4.00	25.00	ALS	500.00
4	29.00	Half-Space	Bedrock	800.00

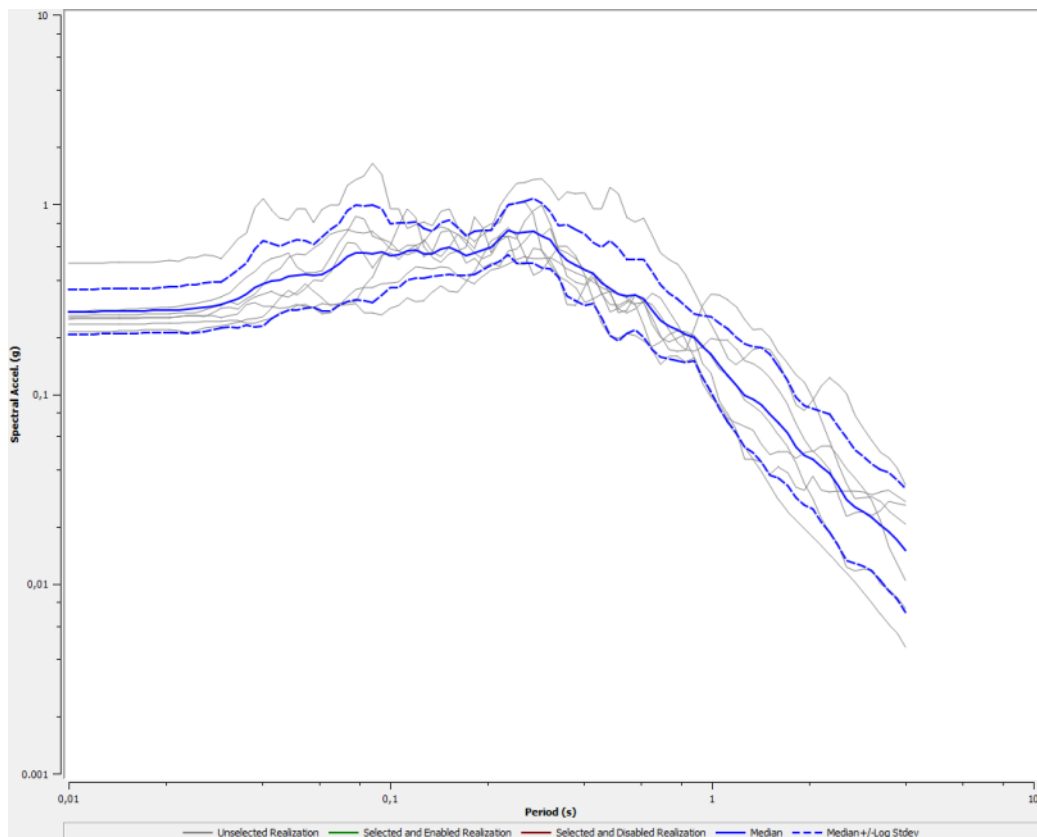
Soil Types

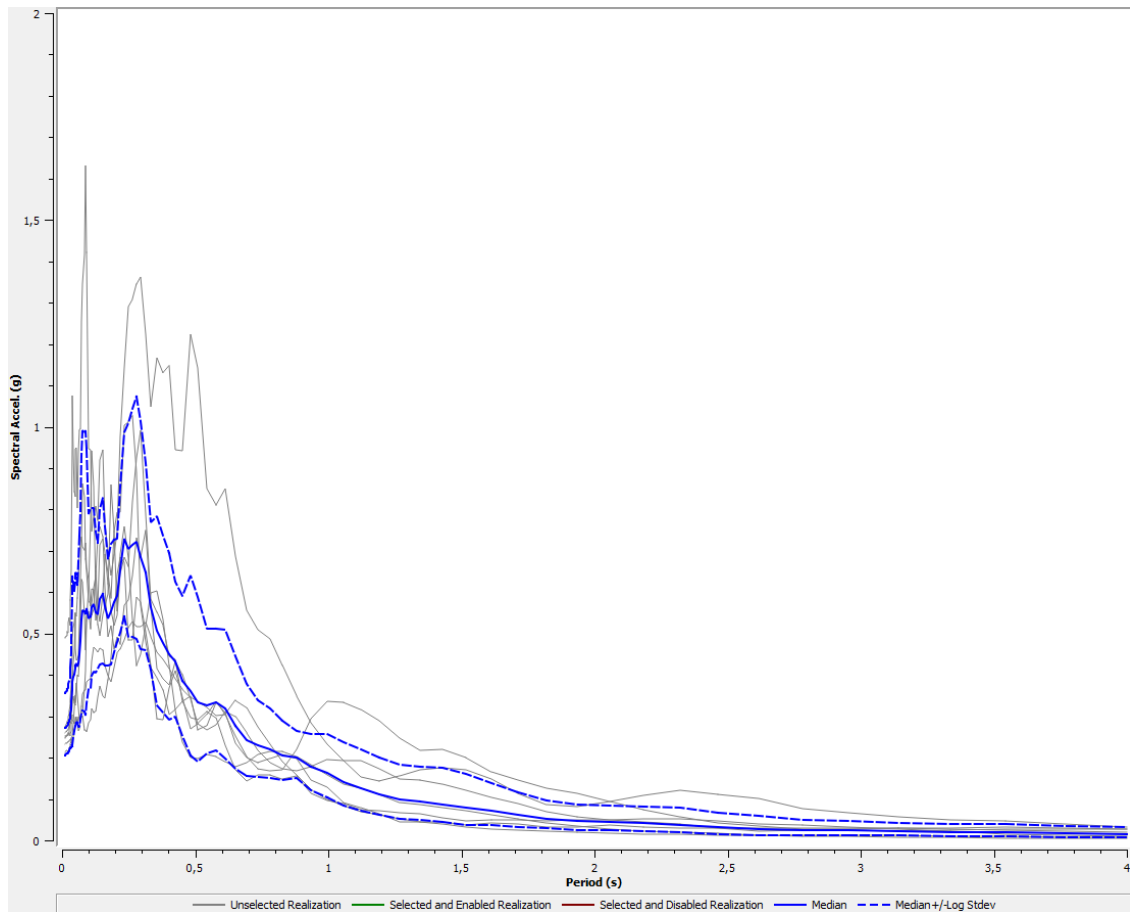
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

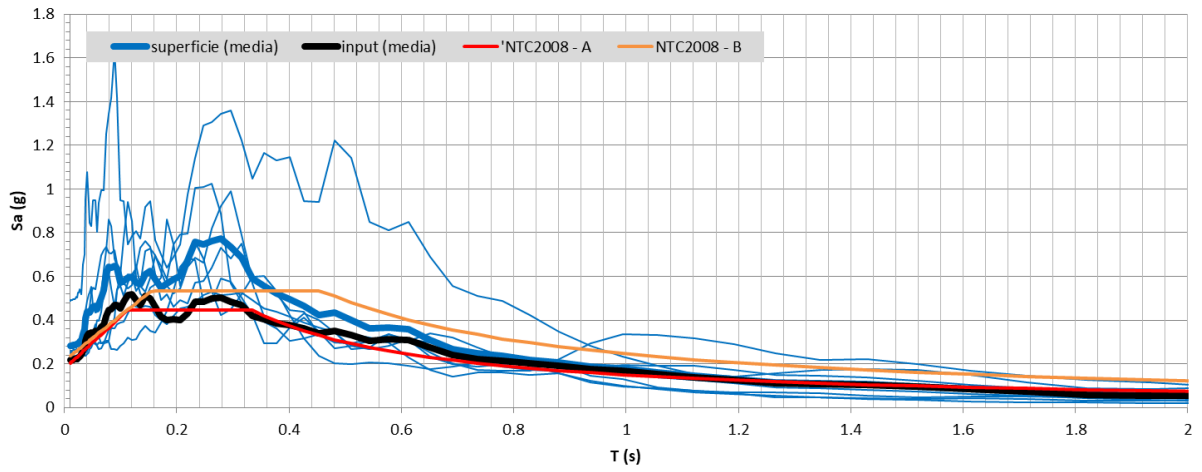
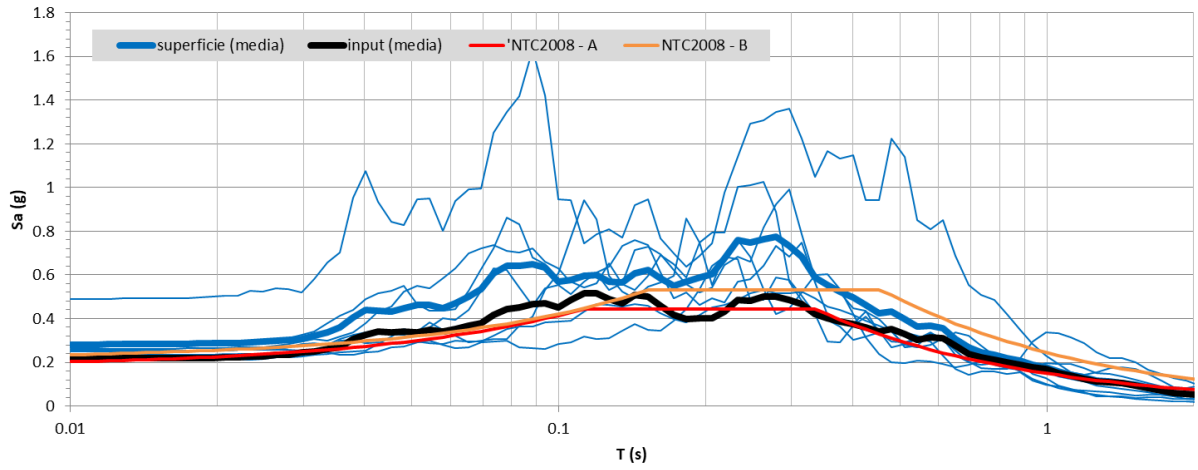
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.37	1.17	1.08
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.33	1.37	1.41
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.15	1.17	1.19
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.07	1.08	1.10

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	73
--	--	----

Modello verticale med

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	14.00	GW (tf)	350.00
2	14.00	5.50	ML (tf)	420.00
3	19.50	32.50	ALS	500.00
4	52.00	Half-Space	Bedrock	800.00

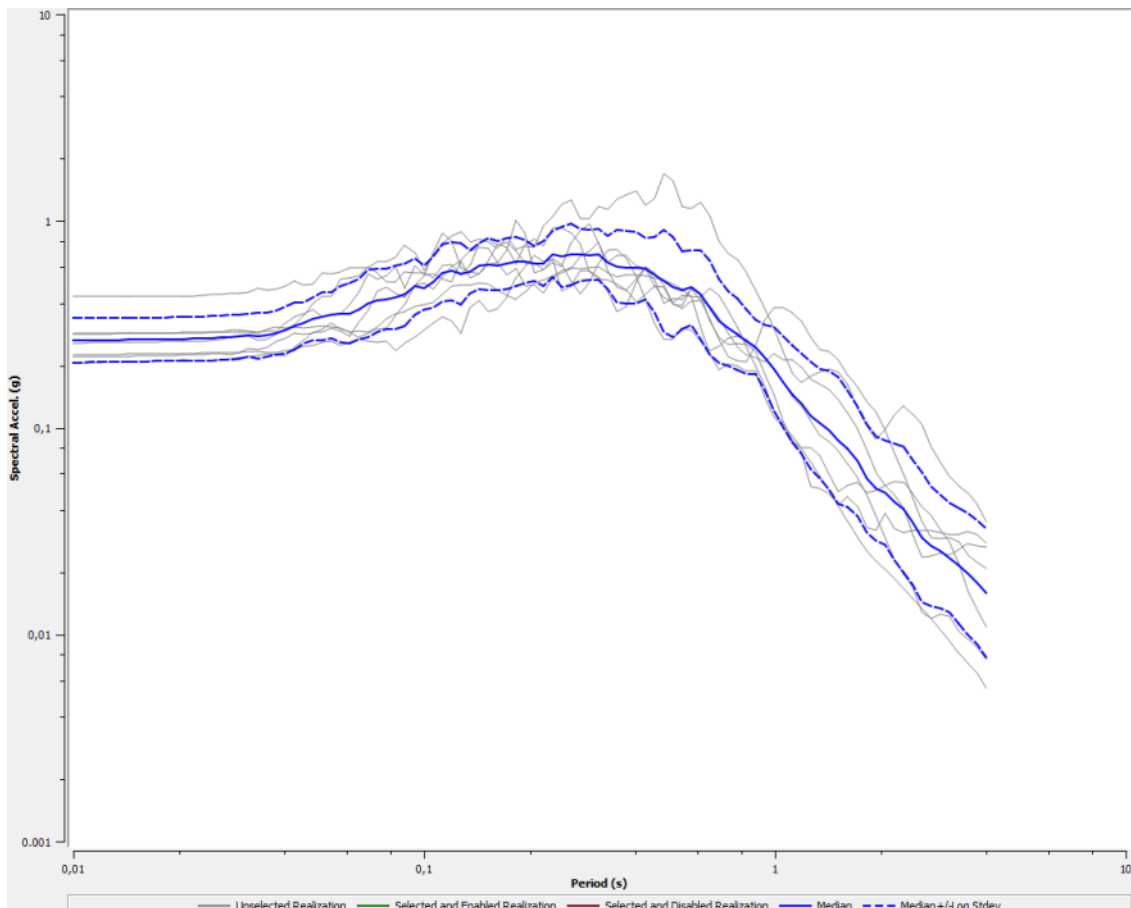
Soil Types

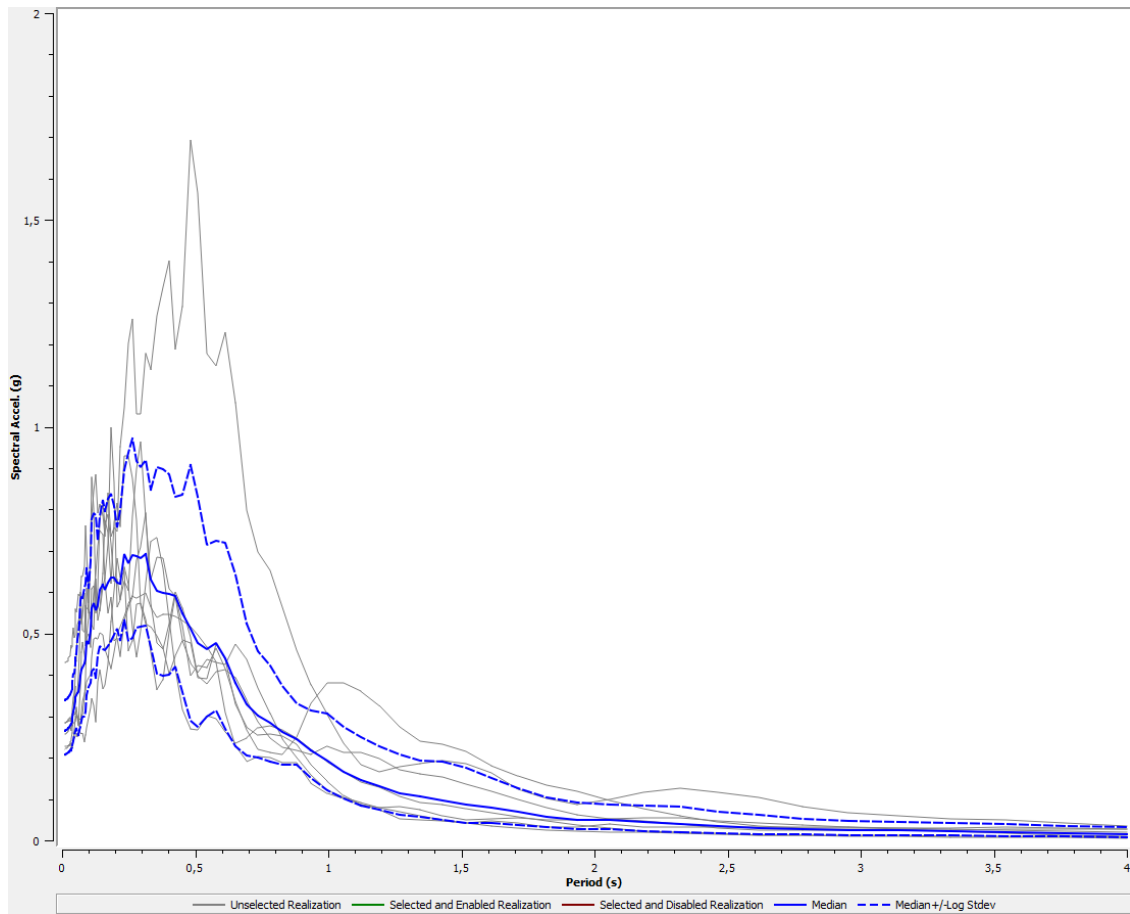
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

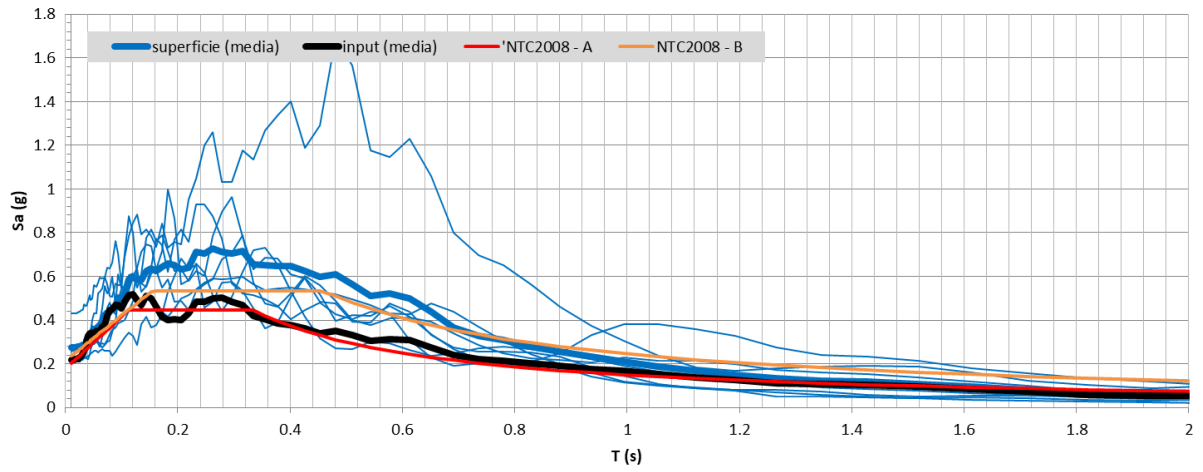
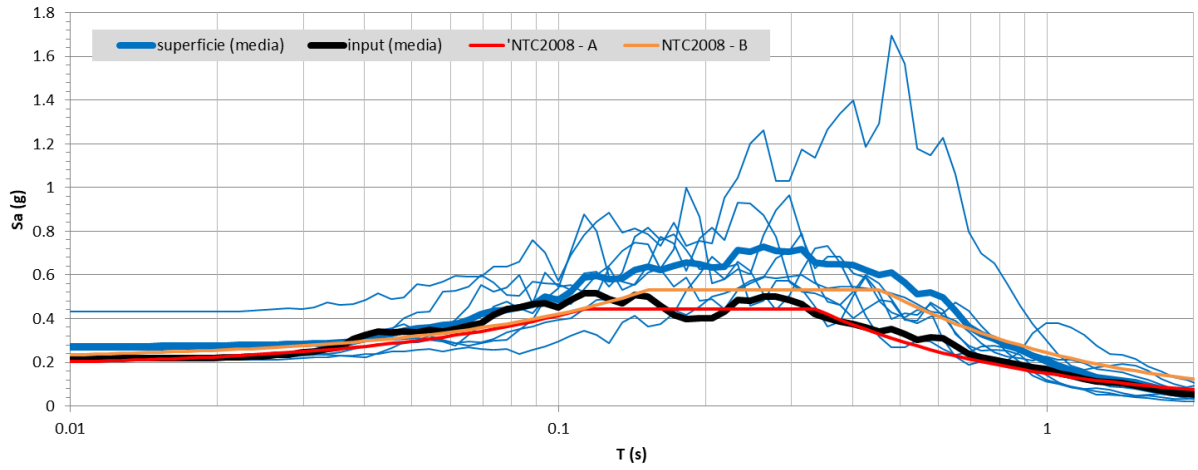
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.53	1.61	1.35
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.48	1.53	1.59
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.58	1.61	1.65
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.28	1.35	1.42

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	76
--	--	----

Modello verticale max

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	25.00	GW (tf)	350.00
2	25.00	10.00	ML (tf)	420.00
3	35.00	40.00	ALS	500.00
4	75.00	Half-Space	Bedrock	800.00

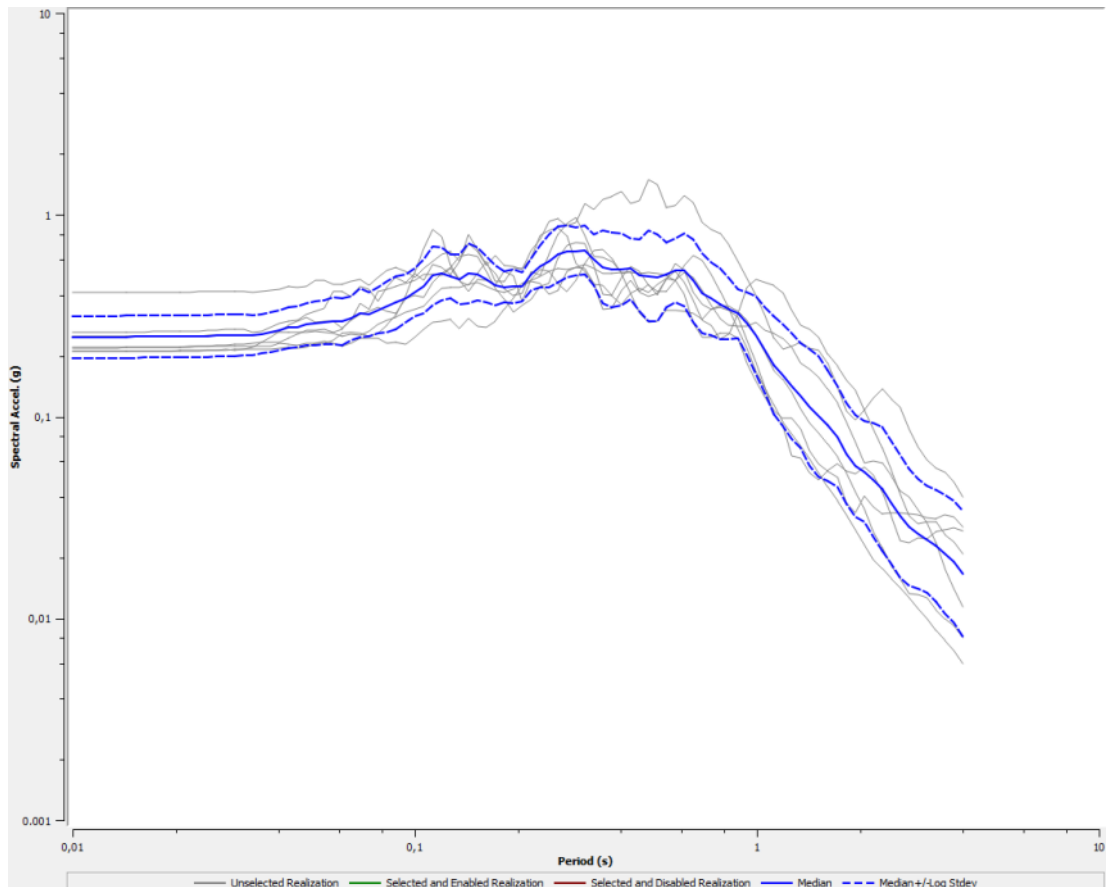
Soil Types

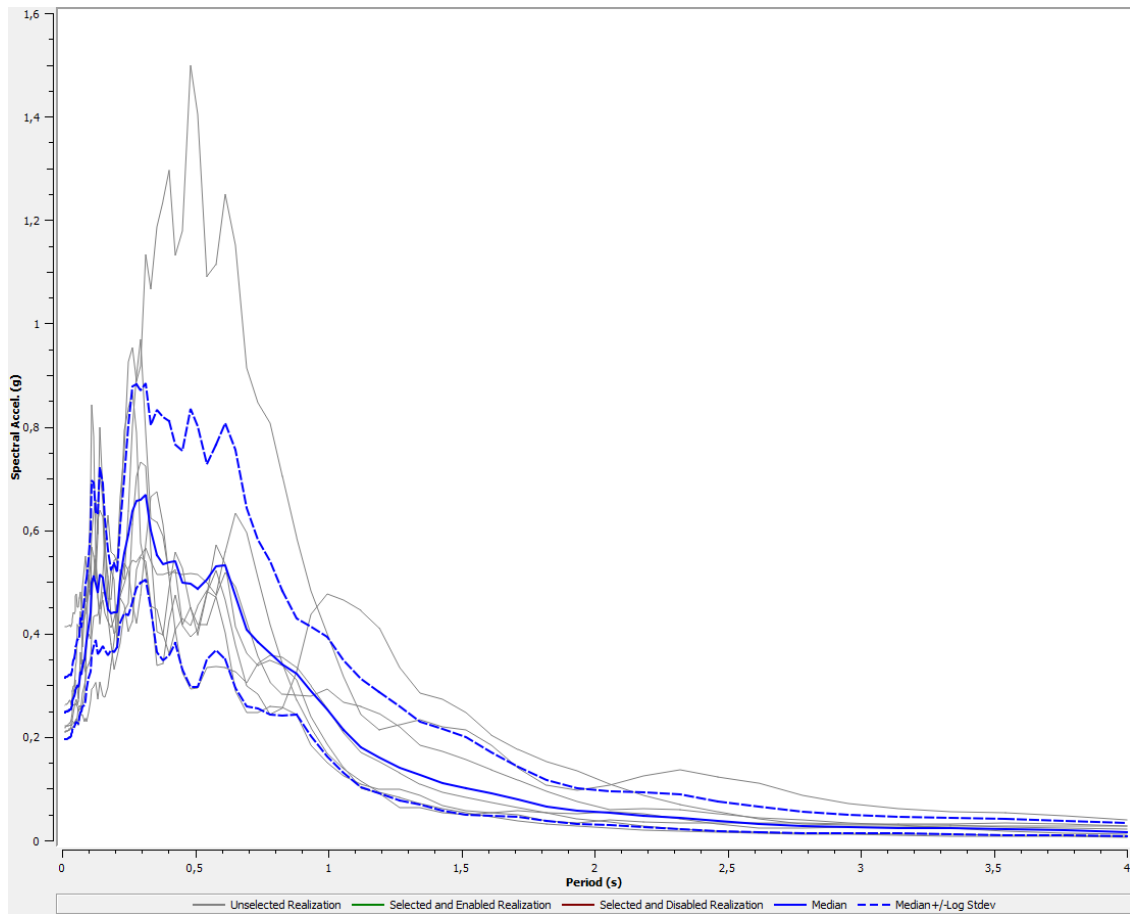
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

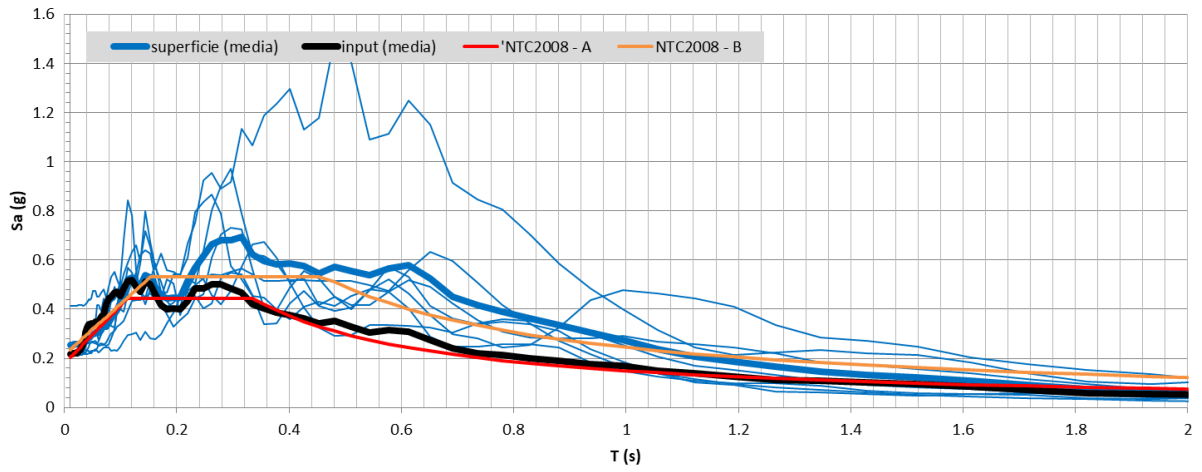
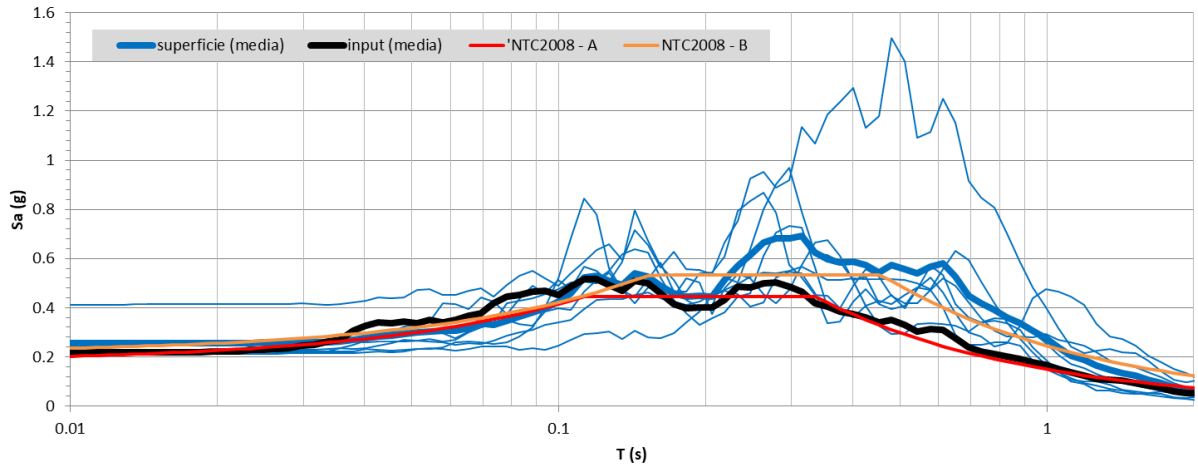
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.36	1.79	1.74
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.29	1.36	1.43
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.69	1.79	1.88
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.63	1.74	1.87

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	79
--	--	----

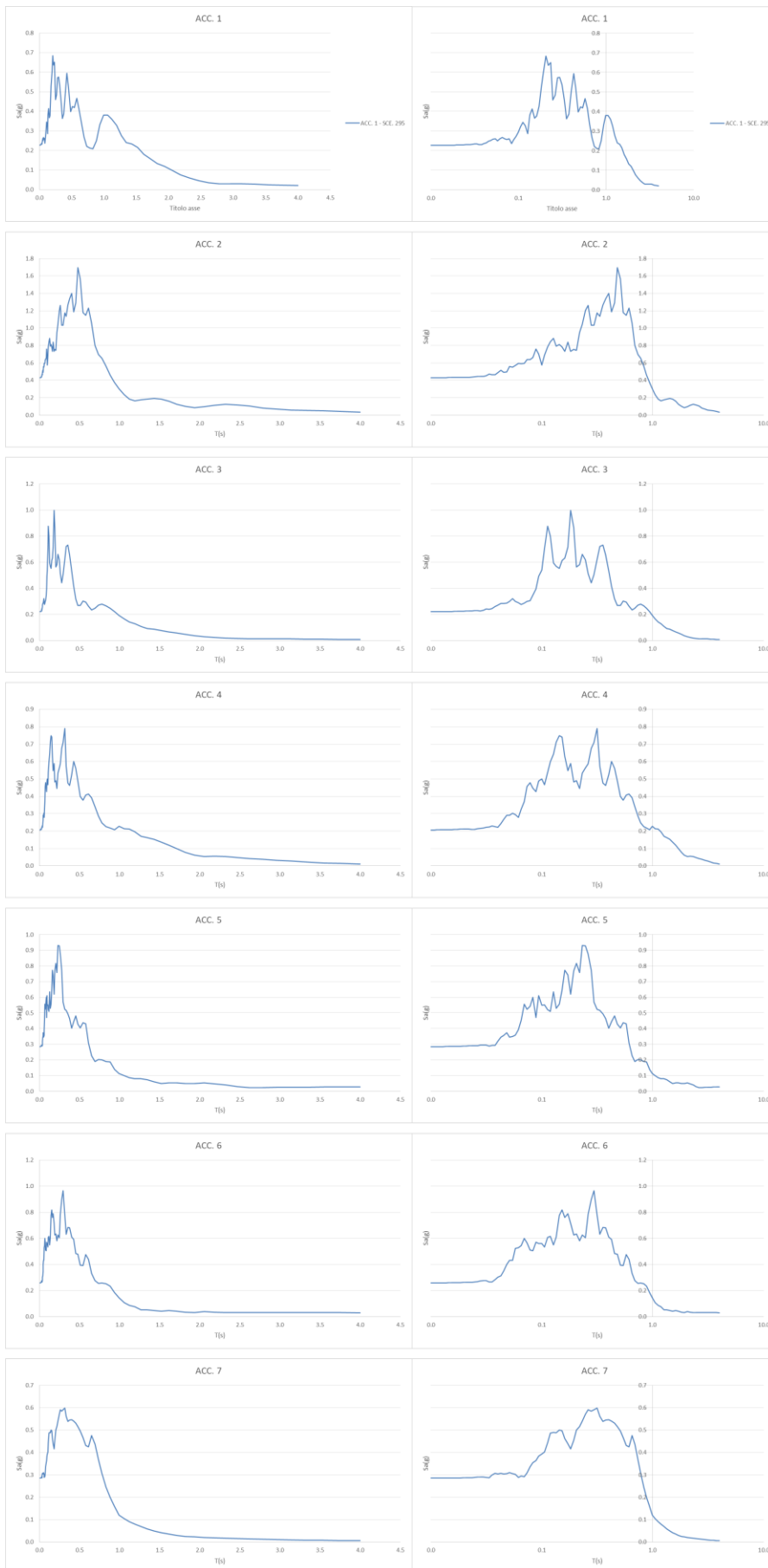
Estrazione degli accelerogrammi

Come già scritto in premessa si sono estratti gli accelerogrammi che hanno FA 0,1-0,5 massimo, ovvero la verticale media:

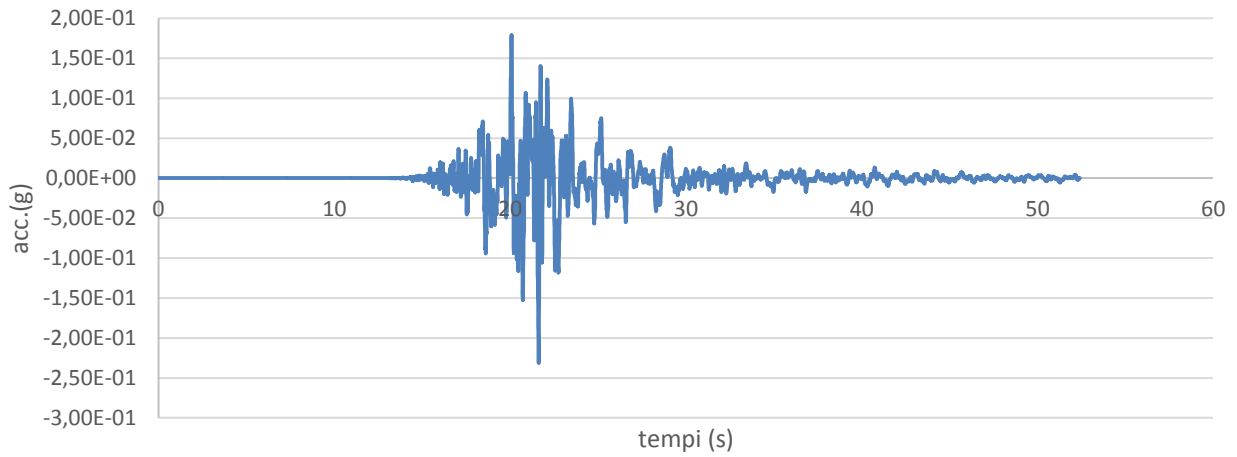
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1			
1.53	1.61	1.35			
FA 0.1-0.5					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$m_{ln} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \ln(F A_i)$		
1.48	1.53	1.59			
FA 0.4-0.8			$F A_{rif} = e^{m_{ln}}$		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(F A_i) - m_{ln}]^2}$		
1.58	1.61	1.65			
FA 0.7-1.1					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$		
1.28	1.35	1.42			

MICROZONAZIONE SISMICA

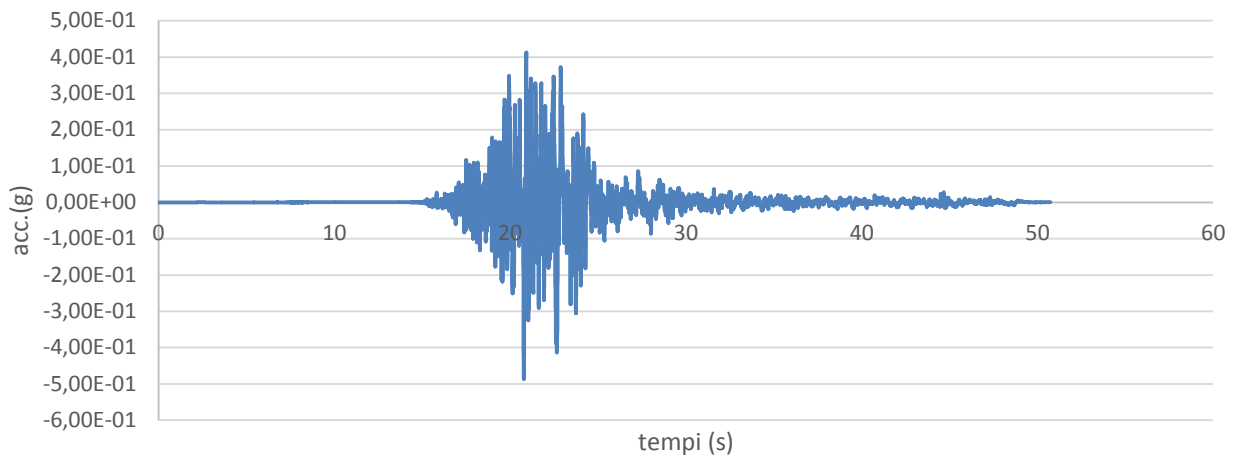
RELAZIONE ILLUSTRATIVA



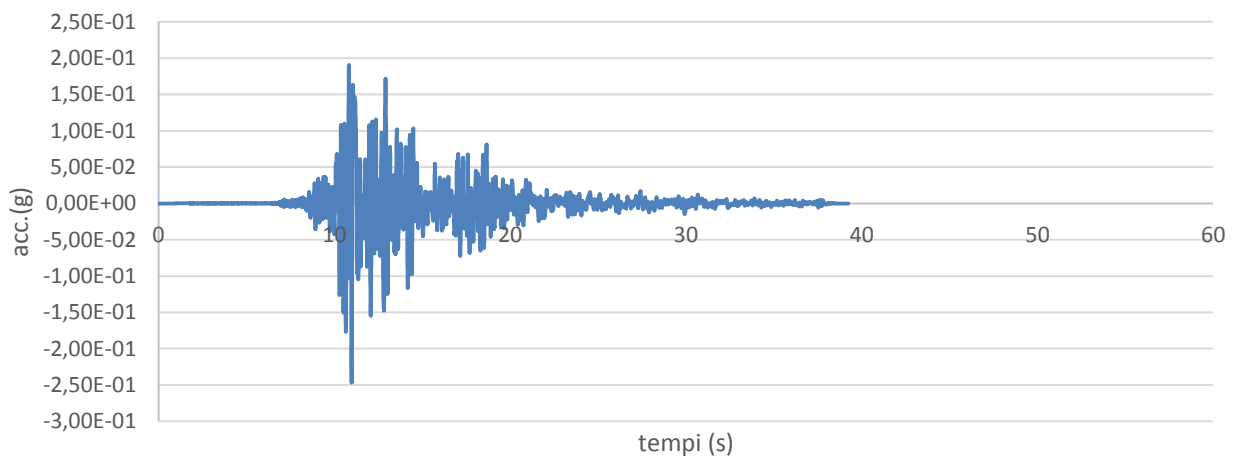
acc.1



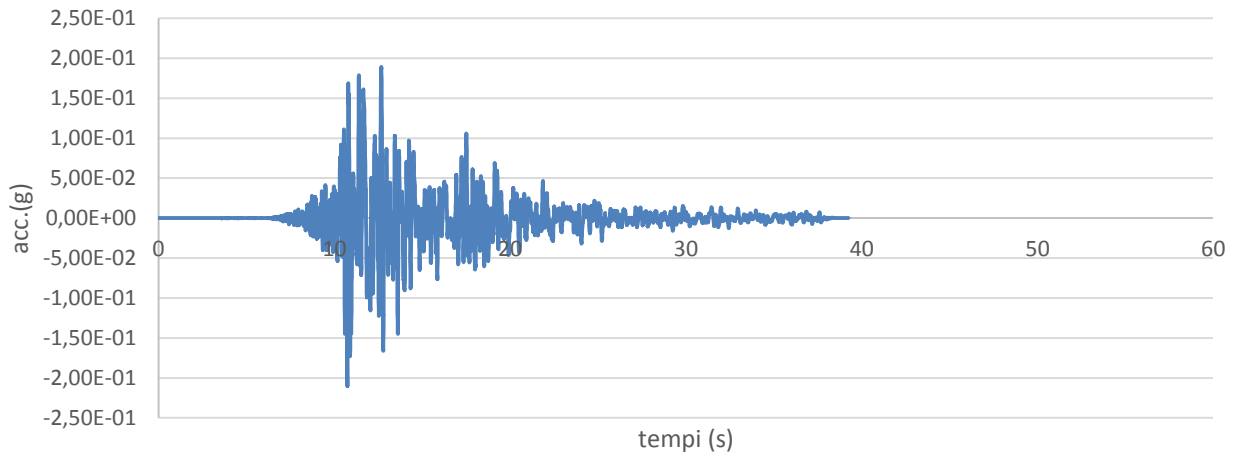
acc.2



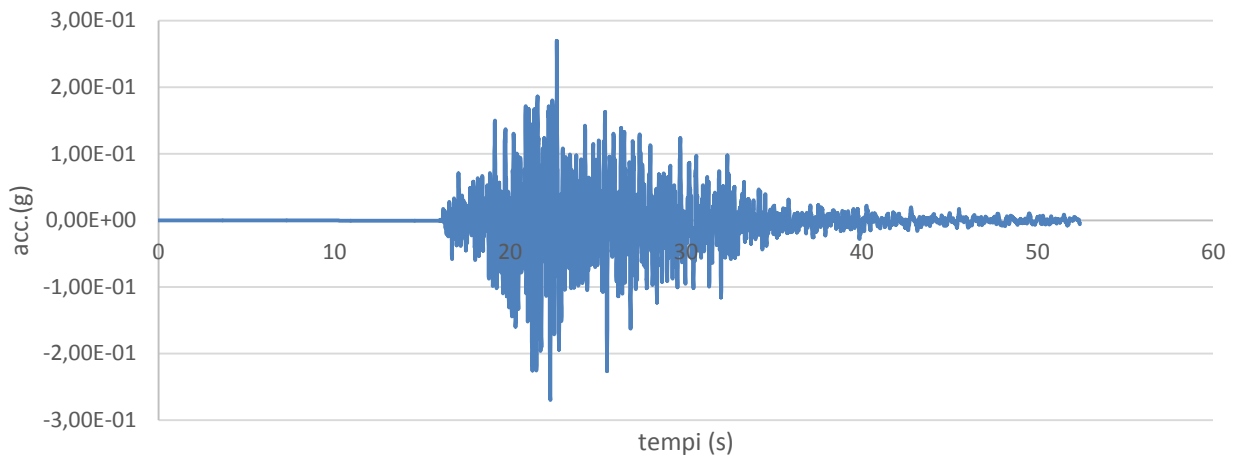
acc.3



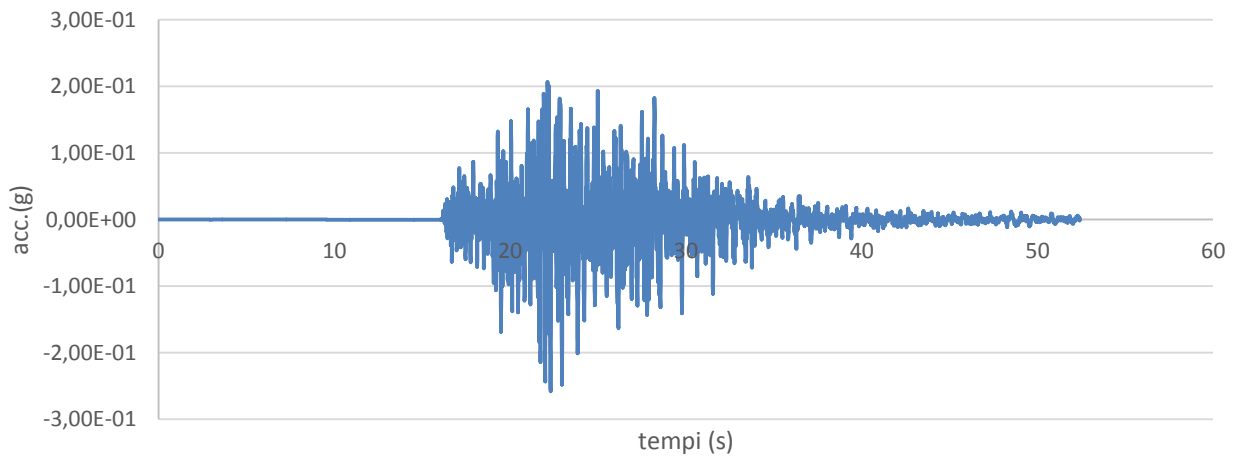
acc.4



acc.5



acc.6



ATP
GEOL. SILVIA PAGGI
GEOL. EUGENIO PISTOLESI
GEOL. DIMITRI MAZZA
GEOL. ANGELO CURATOLO
ING. ROBERTO DI GIROLAMO

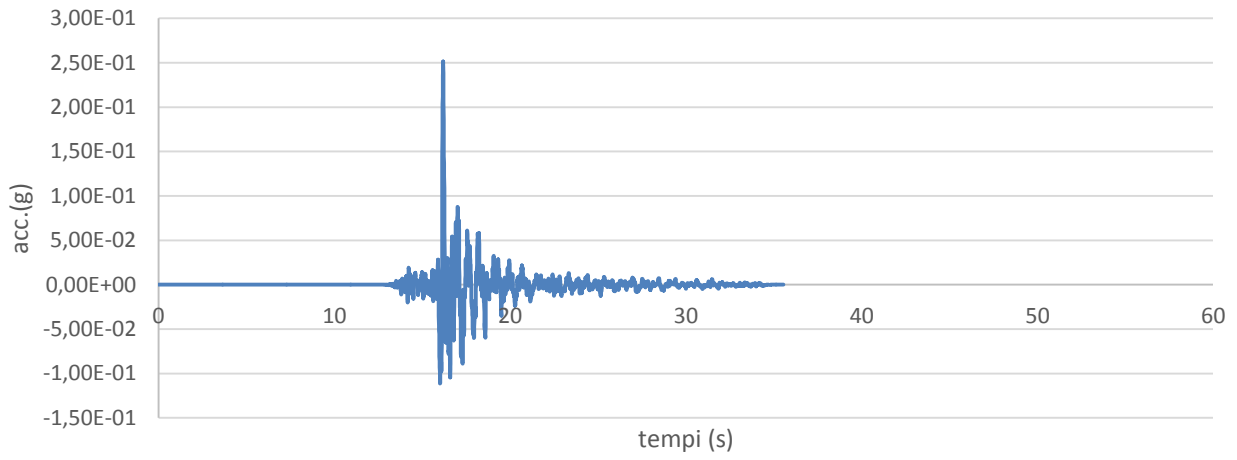
COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC)

84

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

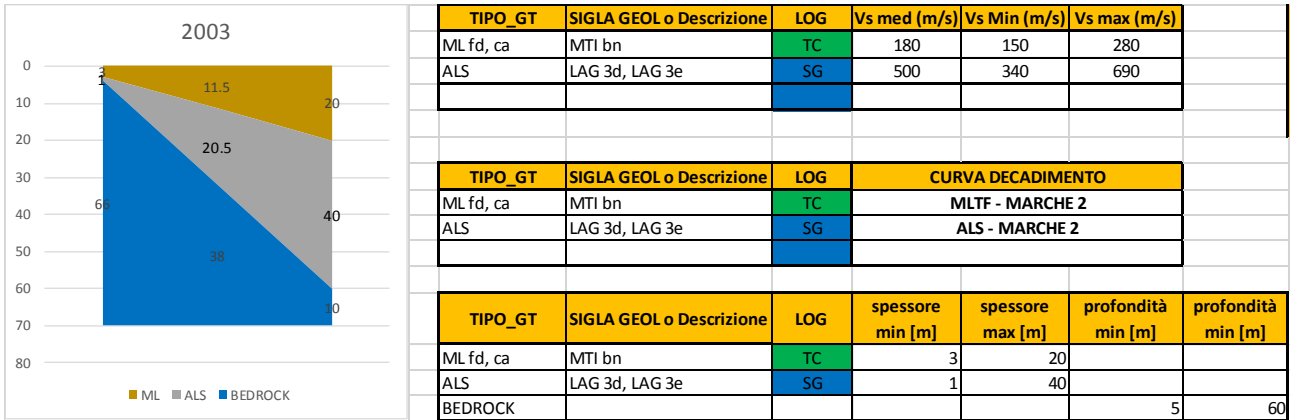
acc.7



7.1.3.3. MOPS 2003

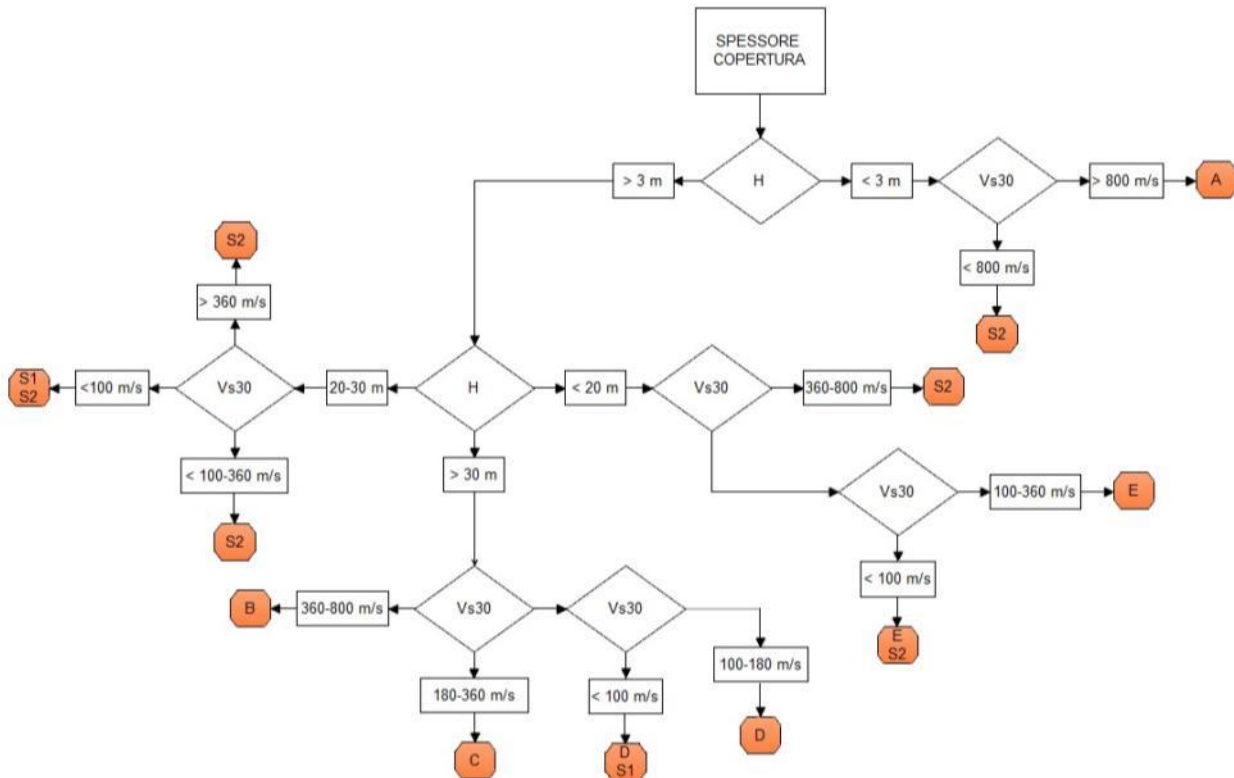
$V_{s,30}$ e suolo NTC

Come da disciplinare si deve calcolare la $V_{s,30}$:



	Hmed	V_s med
ML	11.5	180
ALS	18.5	500
V_s 30:	297	

Tali valori portano alle seguenti categorie di sottosuolo semplificate:



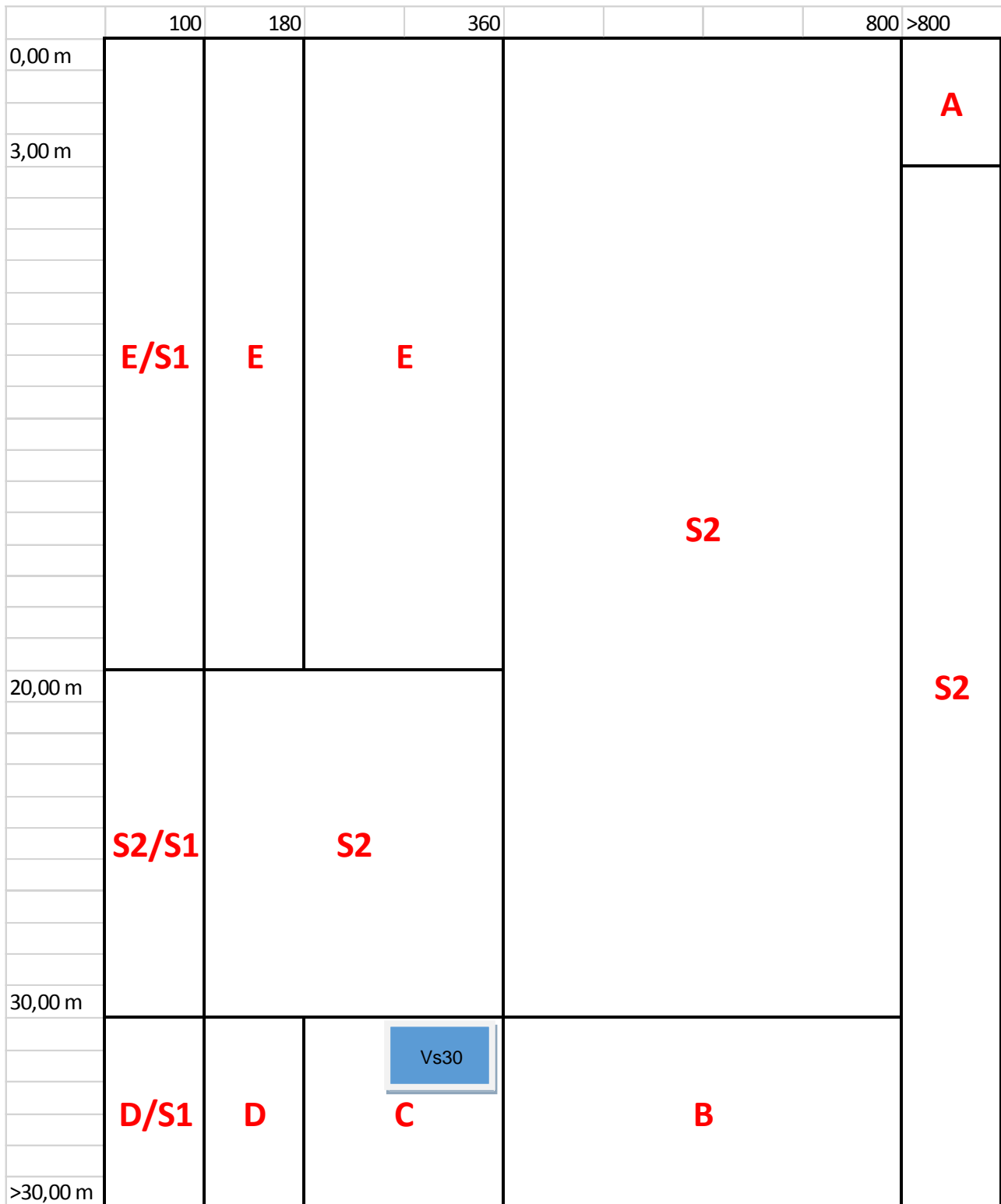
ATP
 GEOL. SILVIA PAGGI
 GEOL. EUGENIO PISTOLESI
 GEOL. DIMITRI MAZZA
 GEOL. ANGELO CURATOLO
 ING. ROBERTO DI GIROLAMO

COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC)

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

86



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	87
--	--	----

MODELLO STRATA NON LINEARE

Modello statistico

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	9.00	ML (tf)	180.00	<input checked="" type="checkbox"/> 150.00	<input checked="" type="checkbox"/> 280.00	<input checked="" type="checkbox"/>
2	9.00	25.00	ALS	500.00	<input checked="" type="checkbox"/> 340.00	<input checked="" type="checkbox"/> 690.00	<input checked="" type="checkbox"/>
3	34.00	Half-Space	Bedrock	800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 900.00	<input checked="" type="checkbox"/>

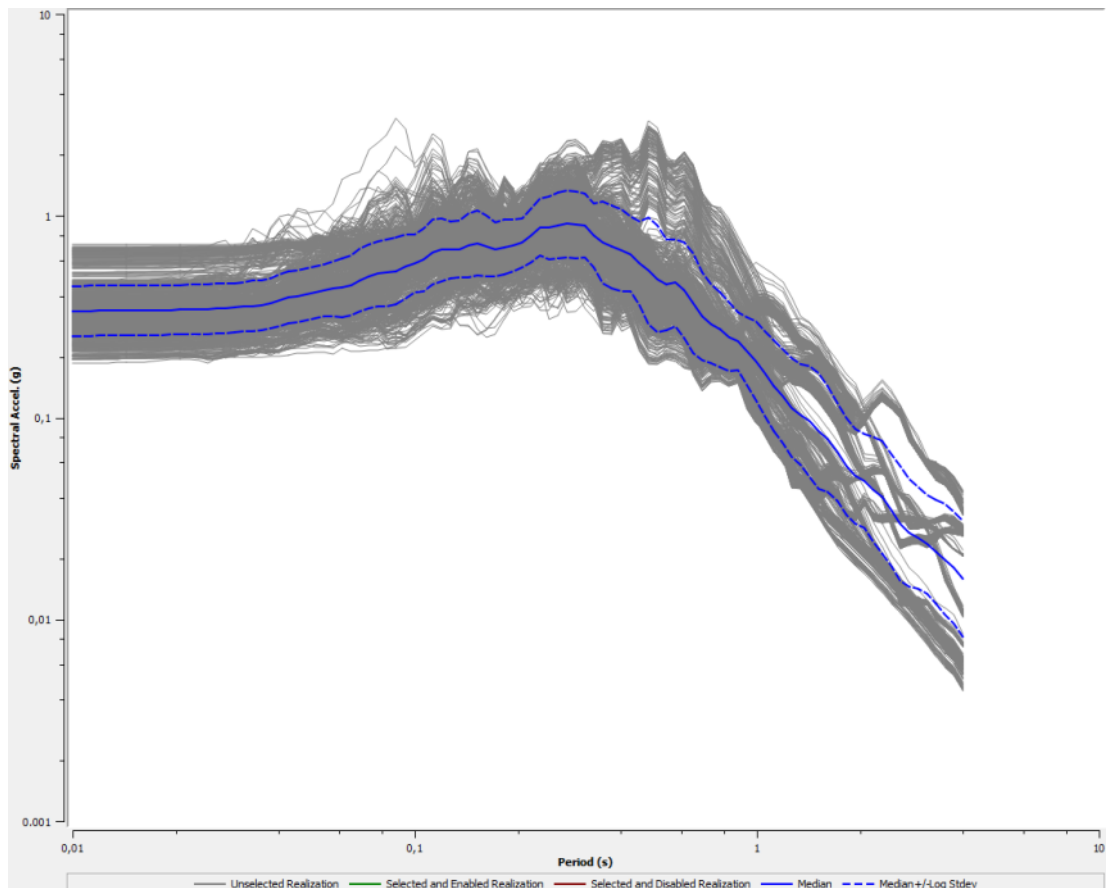
Soil Types

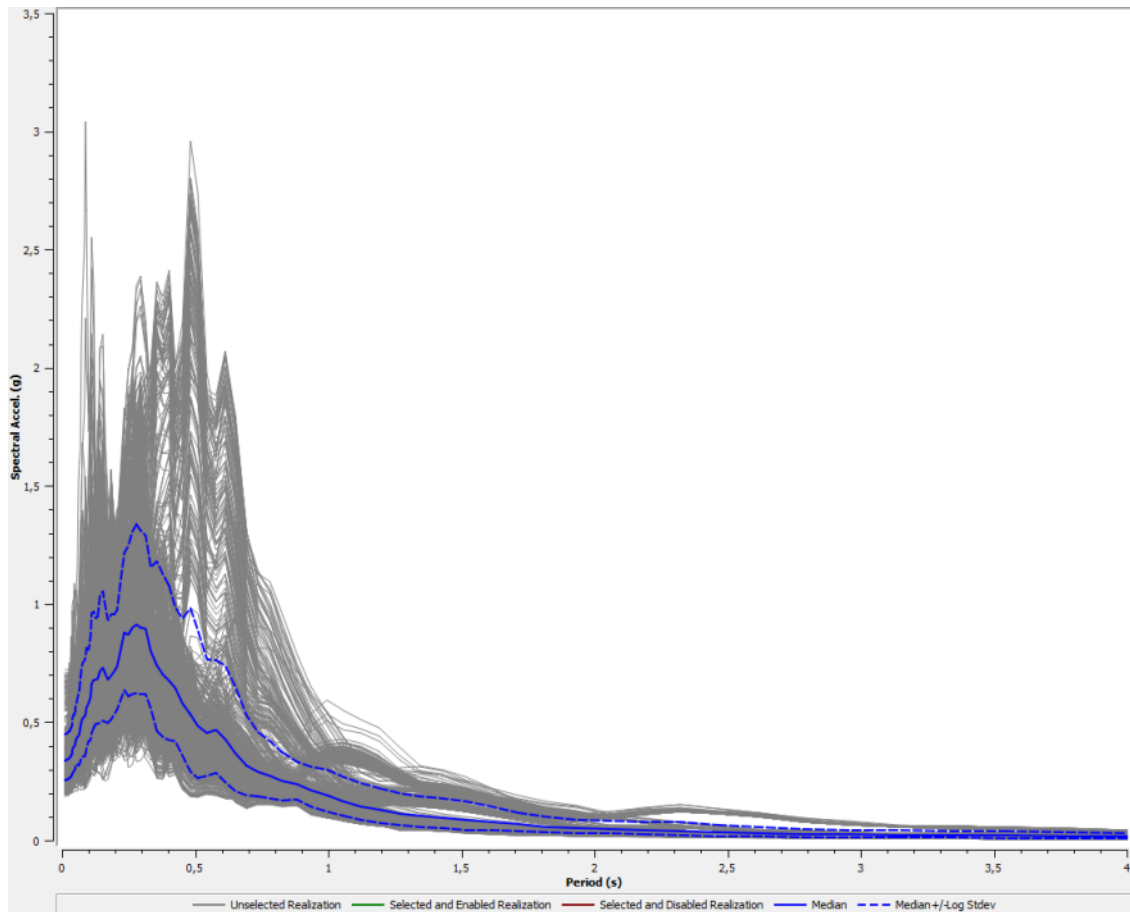
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 + 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo la mediana risultante dai 100 scenari che sono stati elaborati per ogni accelerogramma.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.83	1.62	1.31

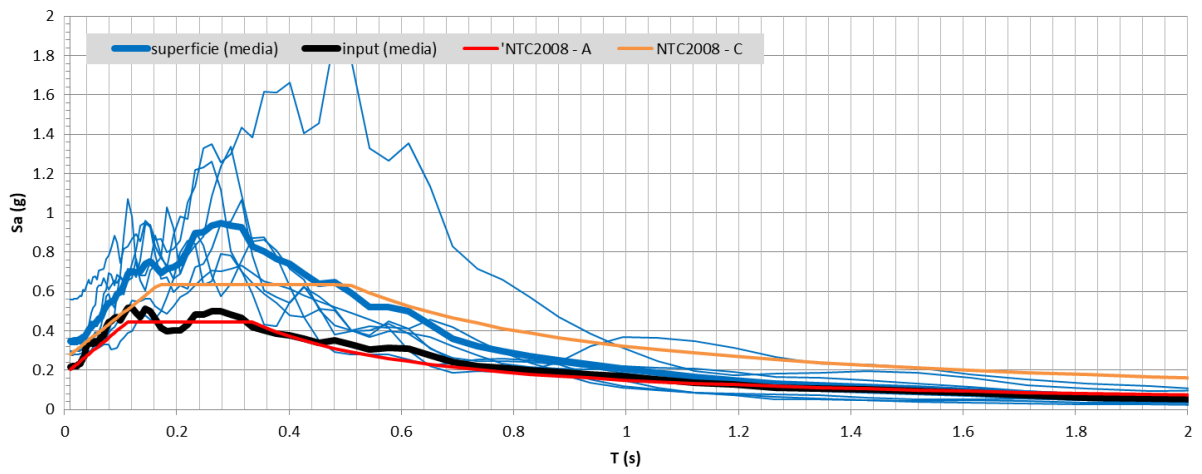
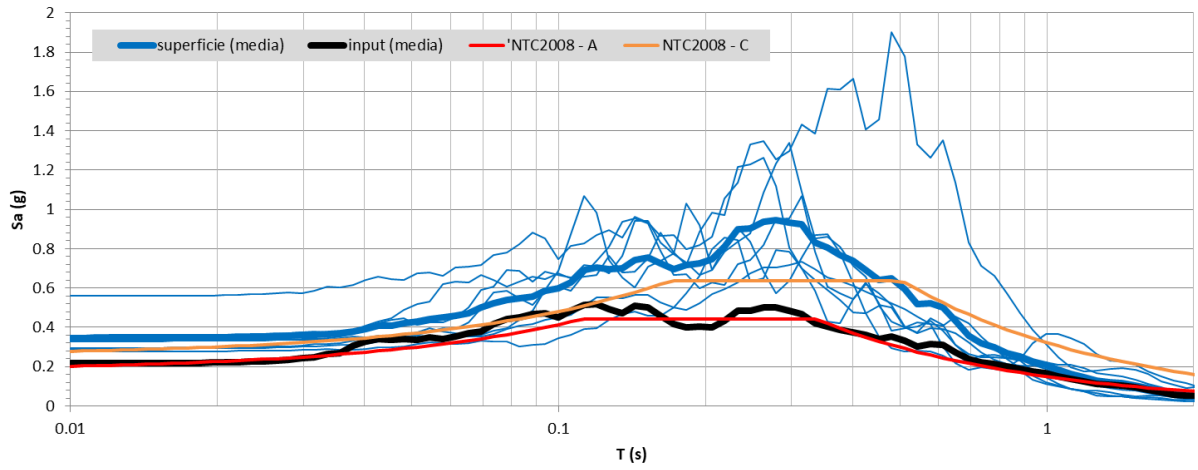
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.75	1.83	1.92
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.53	1.62	1.71
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.23	1.31	1.41

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

$$F A_{rif} = e^{m_{ln}}$$

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(F A_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	90
--	--	----

Modello verticale min

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	3.00	ML (tf)	180.00
2	3.00	20.00	ALS	500.00
3	23.00	Half-Space	Bedrock	800.00

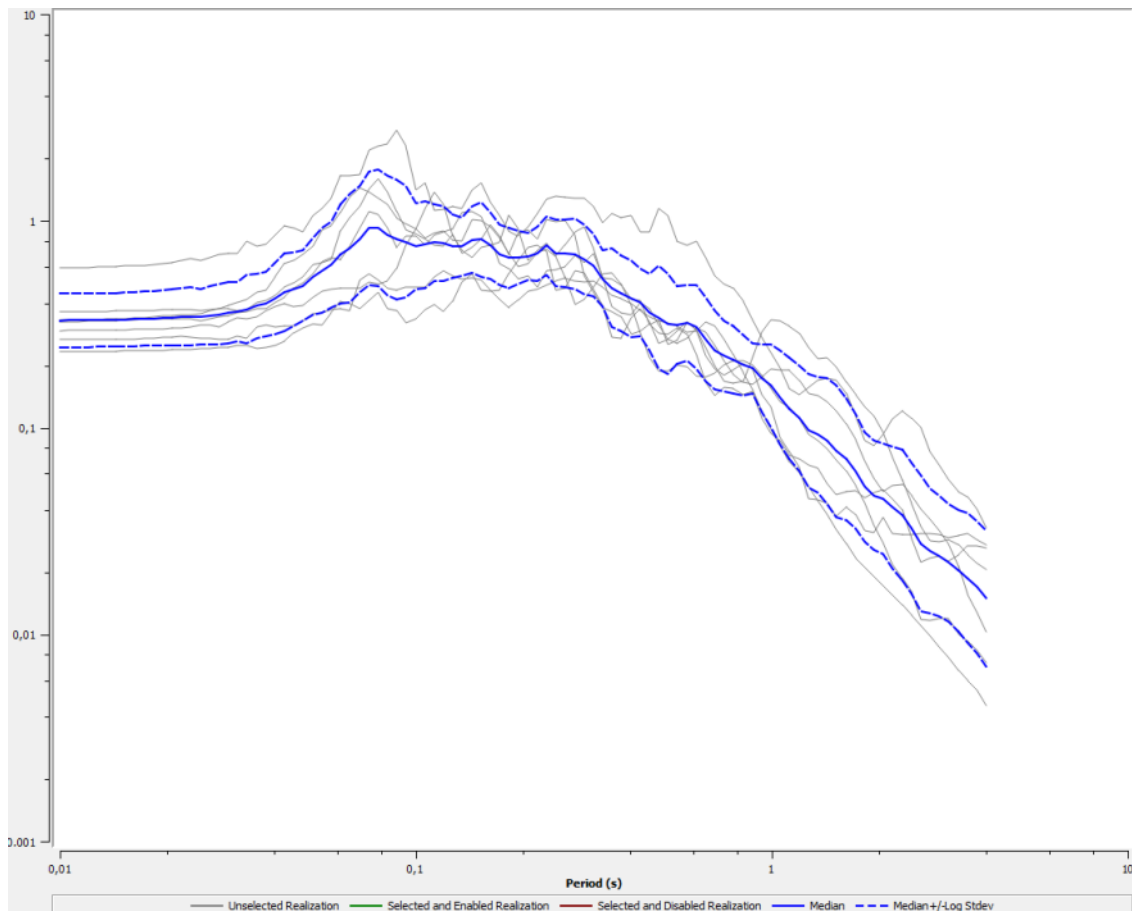
Soil Types

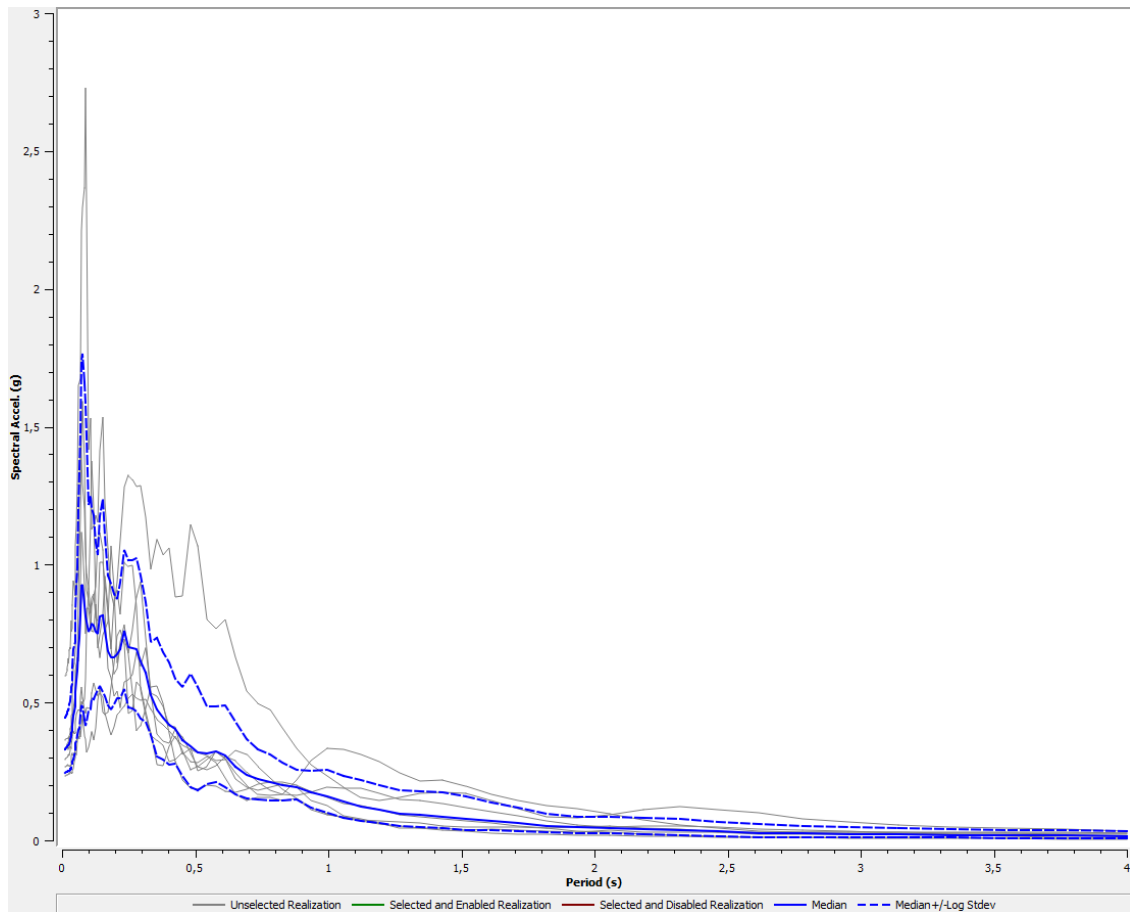
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare

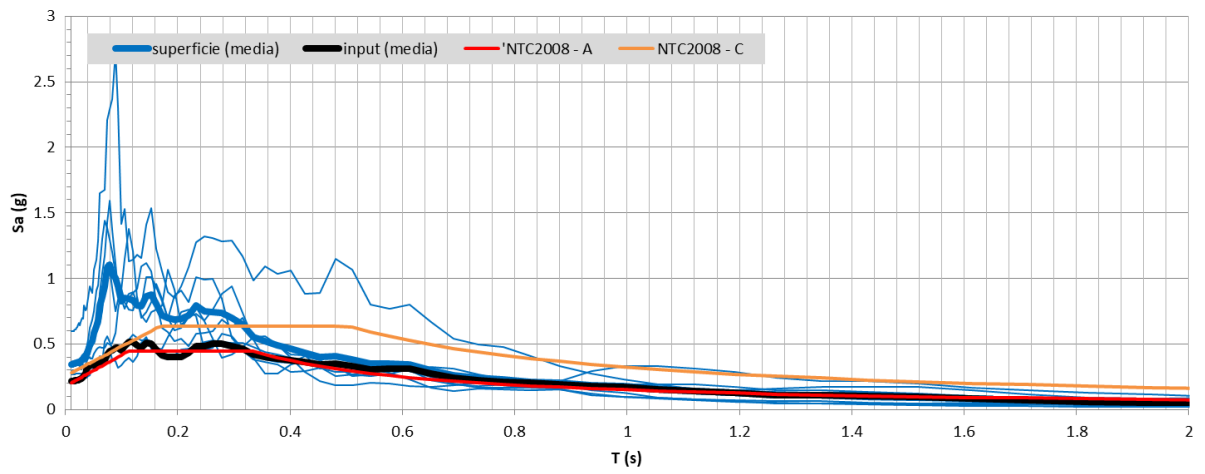
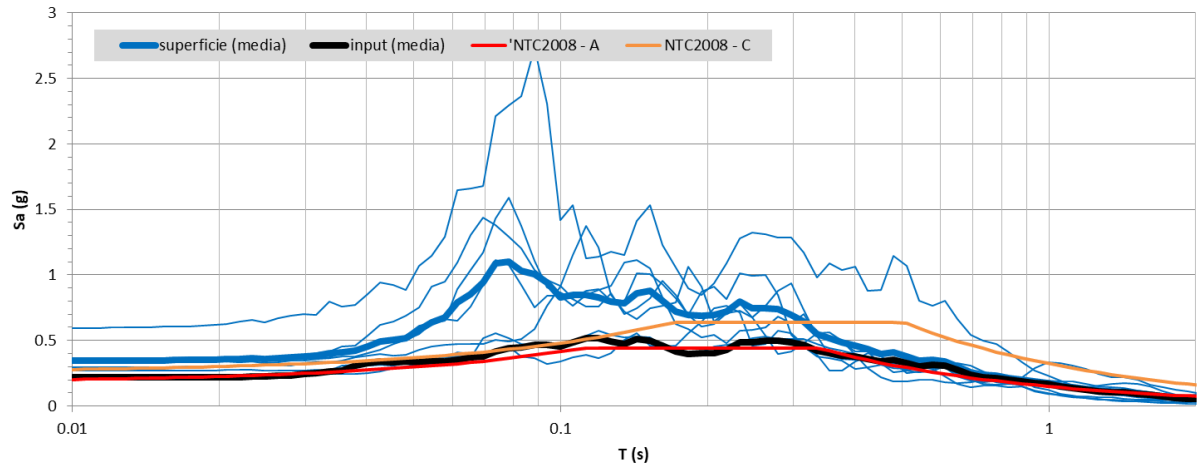




Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1		
1.45	1.12	1.06		
FA 0.1-0.5				
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$m_{ln} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \ln(FA_i)$	
1.38	1.45	1.52		
FA 0.4-0.8			$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$	
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$	
1.10	1.12	1.14		
FA 0.7-1.1				
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$	
1.05	1.06	1.07		



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	93
--	--	----

Modello verticale med

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	9.00	ML (tf)	180.00
2	9.00	25.00	ALS	500.00
3	34.00	Half-Space	Bedrock	800.00

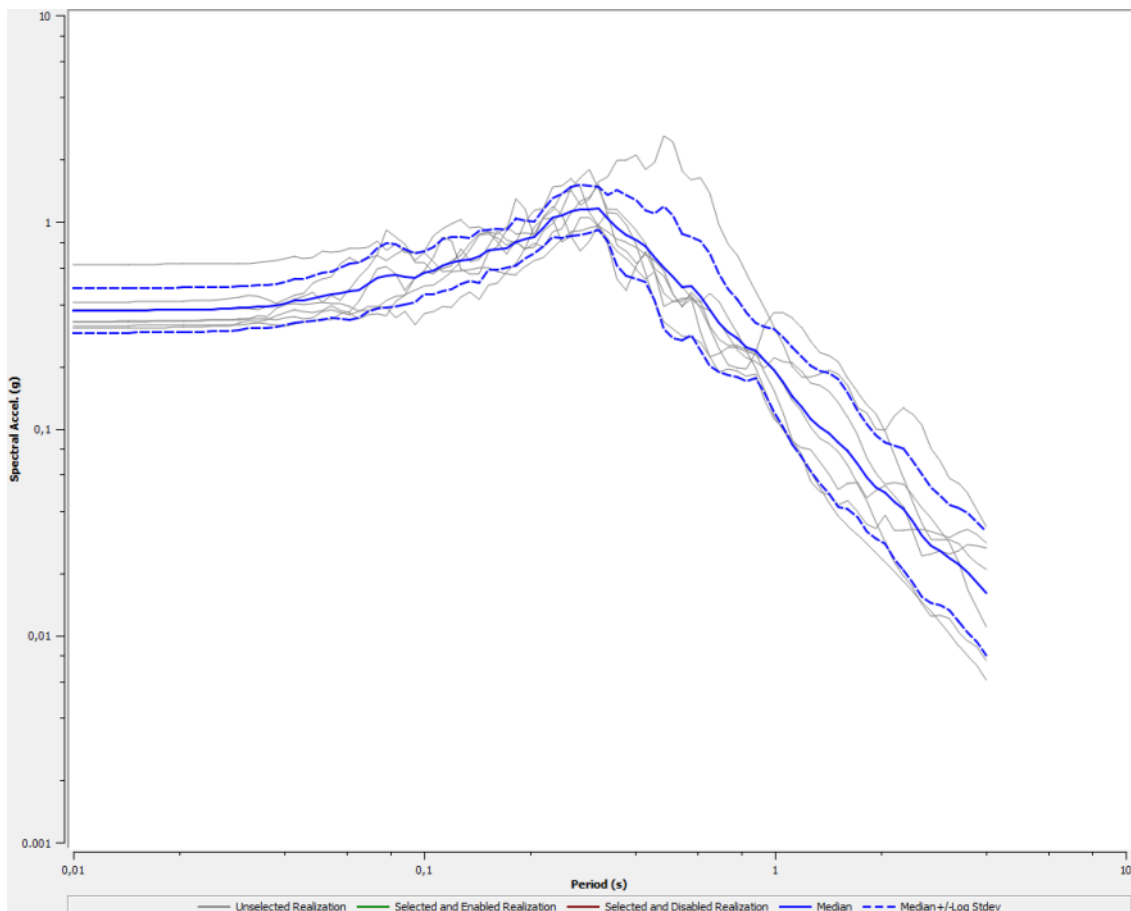
Soil Types

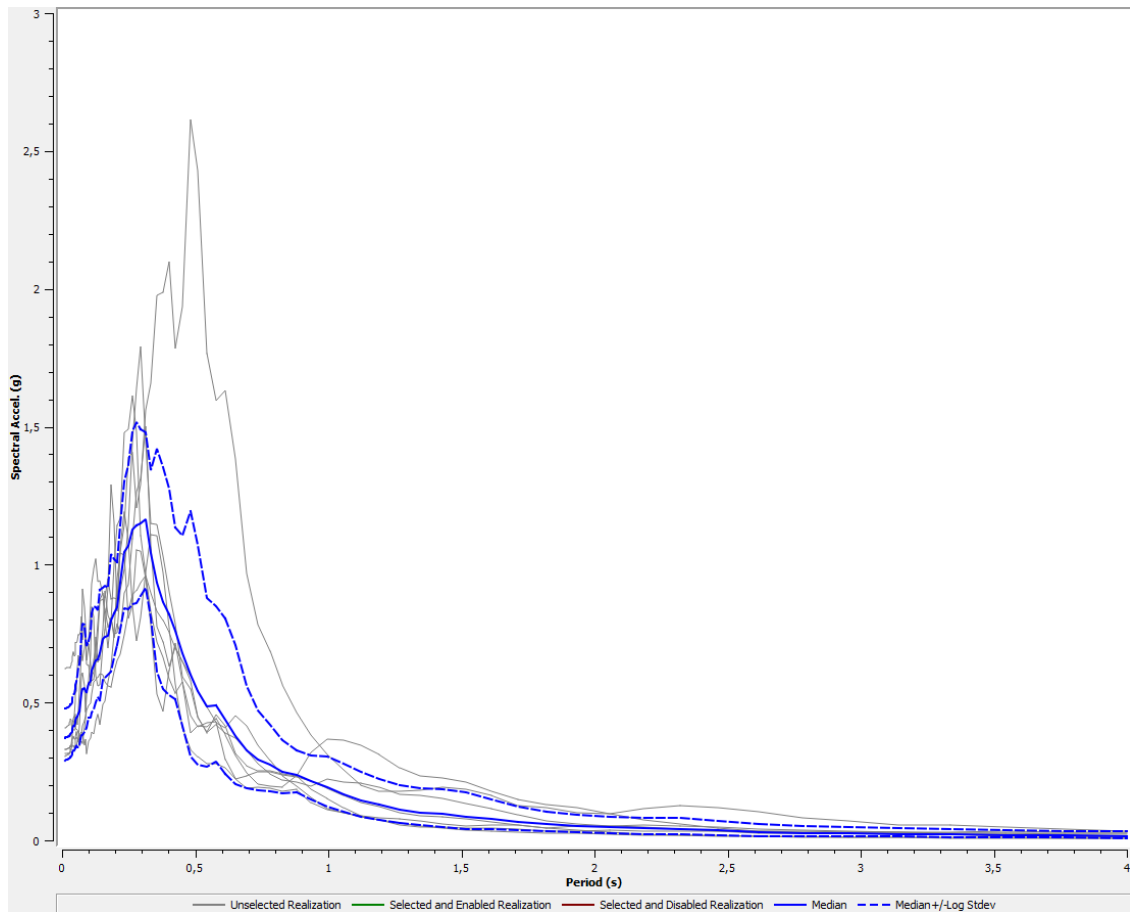
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
2.17	1.75	1.32

FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
2.06	2.17	2.27

FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.56	1.75	1.97

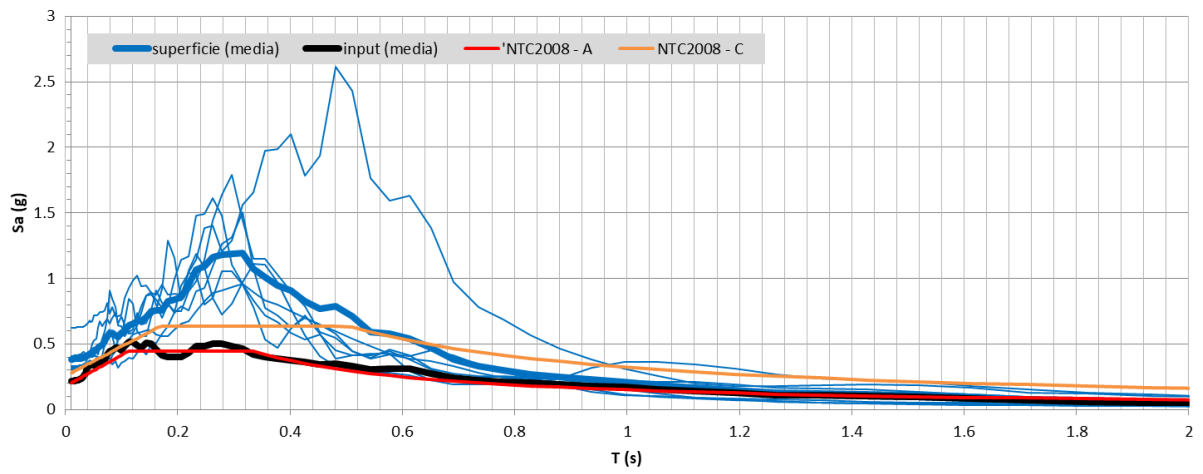
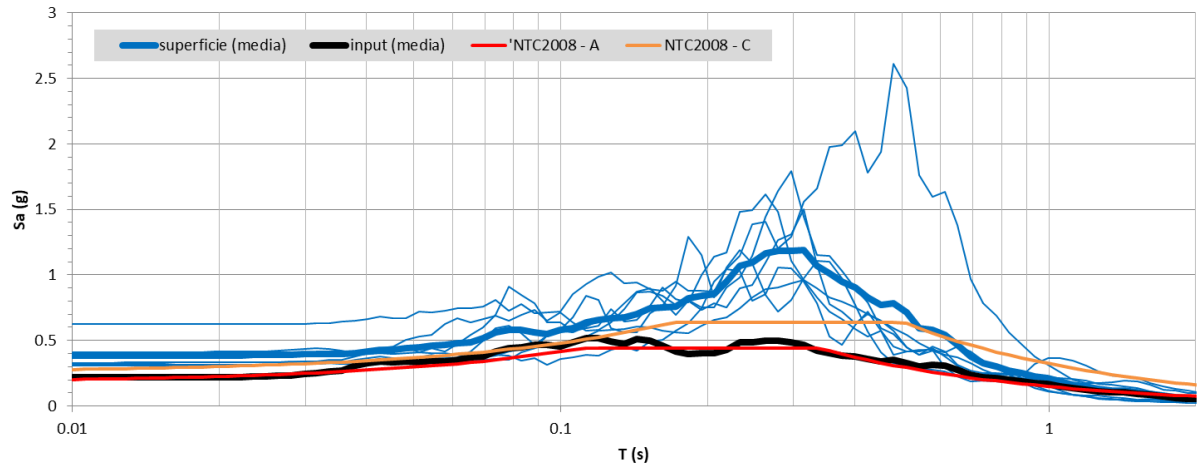
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.21	1.32	1.44

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	96
--	--	----

Modello verticale max

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	15.00	ML (tf)	180.00
2	15.00	30.00	ALS	500.00
3	45.00	Half-Space	Bedrock	800.00

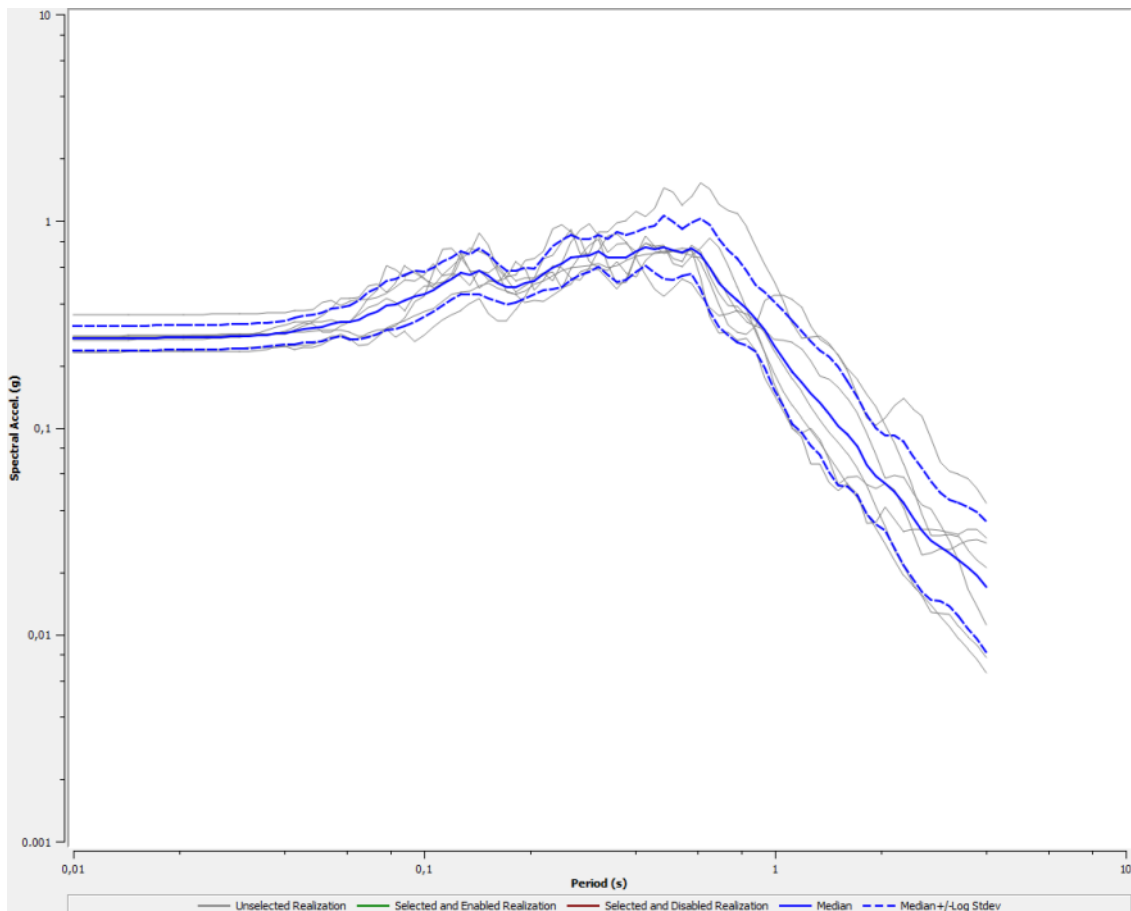
Soil Types

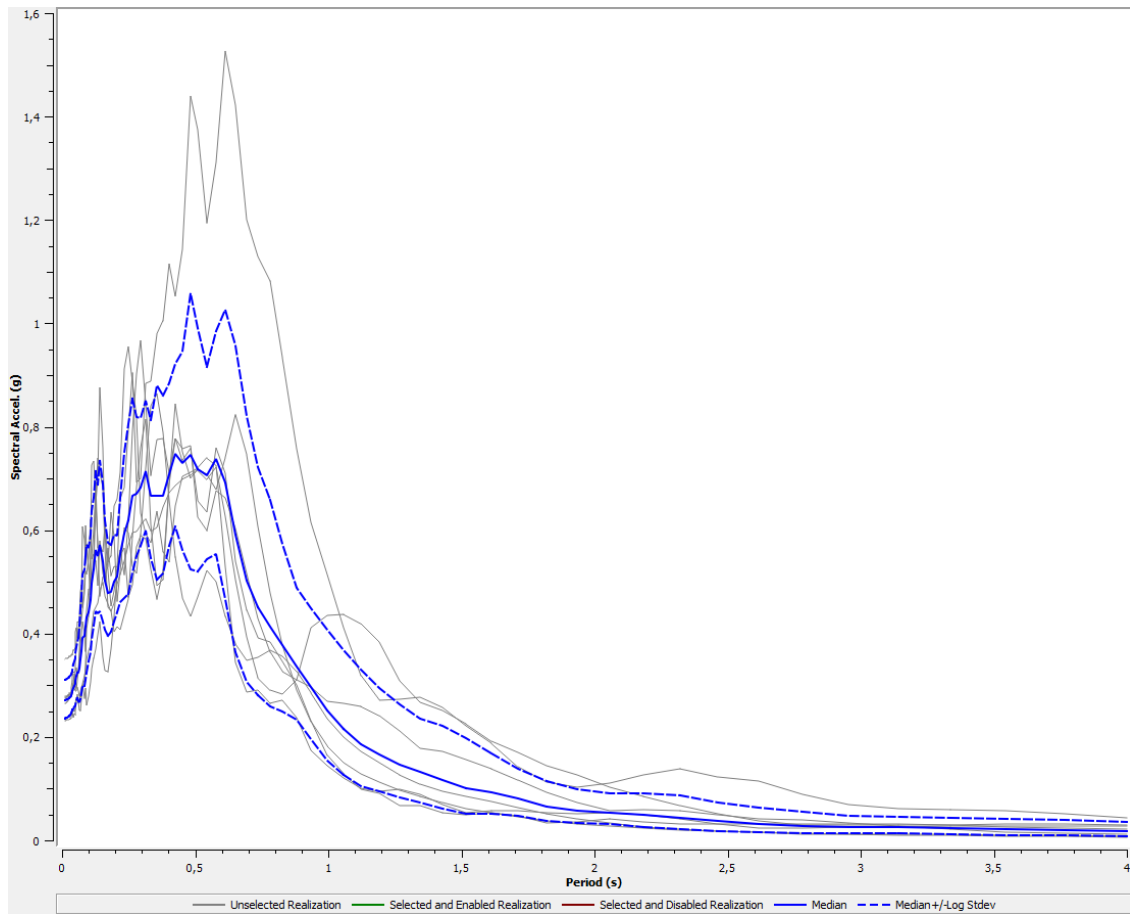
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMTf - MARCHE 2	SMTf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.60	2.36	1.88

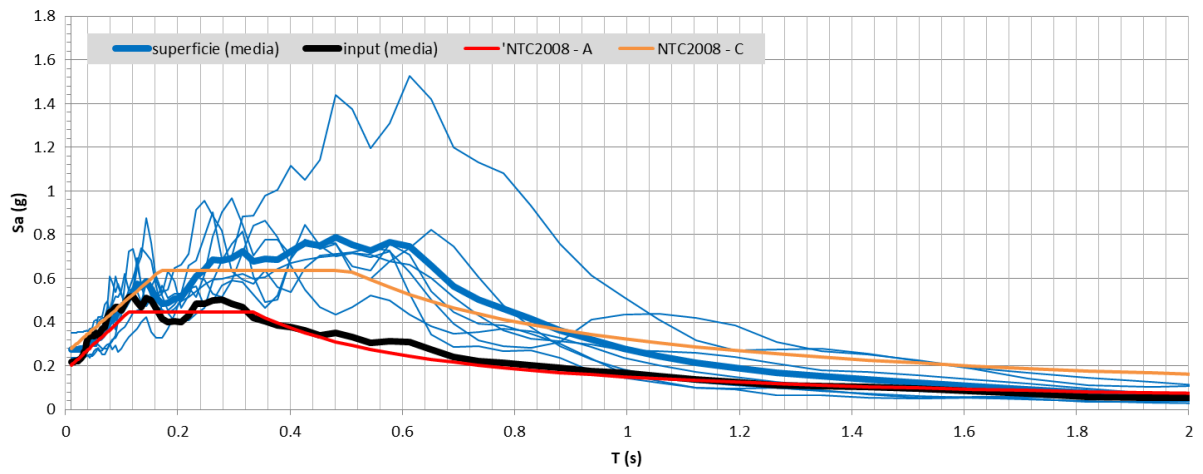
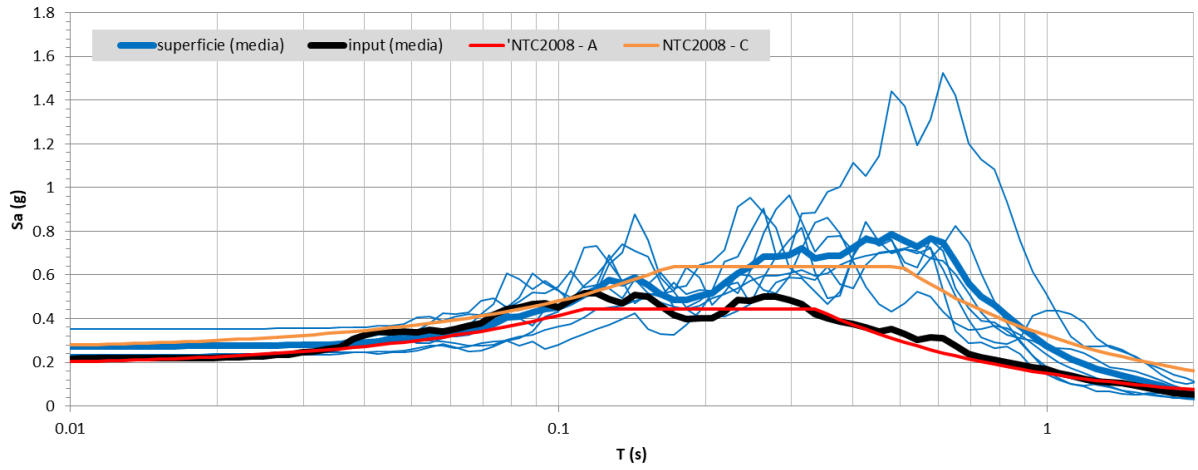
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.36	1.60	1.90
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
2.14	2.36	2.61
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.62	1.88	2.18

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	99
--	--	----

Estrazione degli accelerogrammi

Come già scritto in premessa si sono estratti gli accelerogrammi che hanno FA 0,1-0,5 massimo, ovvero la verticale media:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1			
2.17	1.75	1.32			
FA 0.1-0.5					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
2.06	2.17	2.27			
FA 0.4-0.8					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.56	1.75	1.97			
FA 0.7-1.1					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.21	1.32	1.44			

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

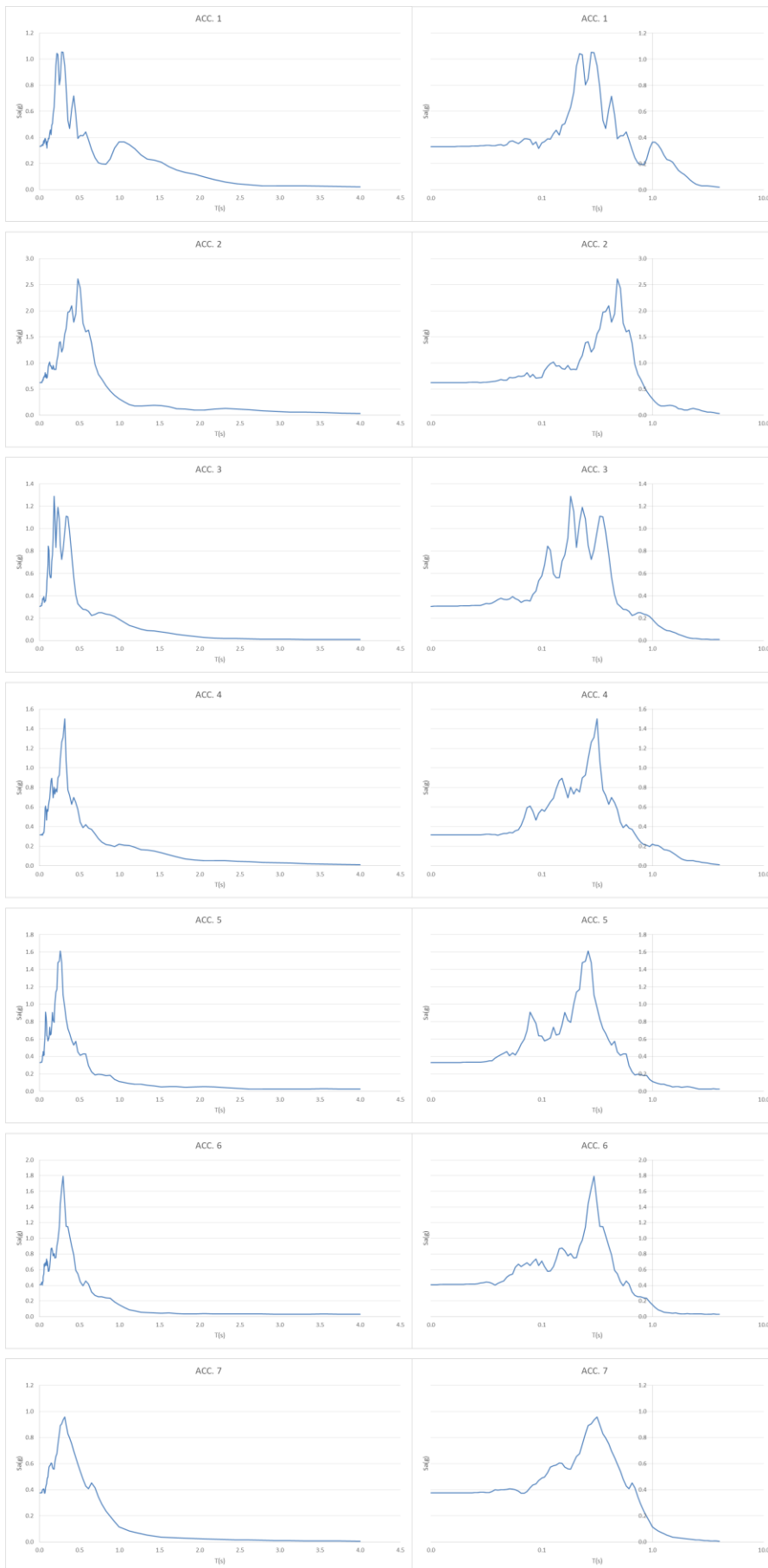
$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

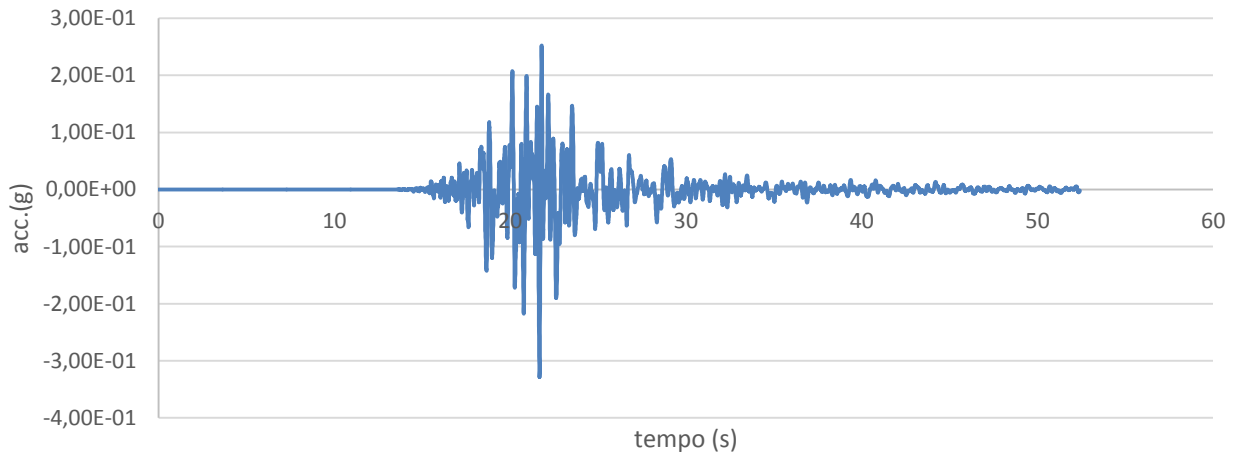
$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$

MICROZONAZIONE SISMICA

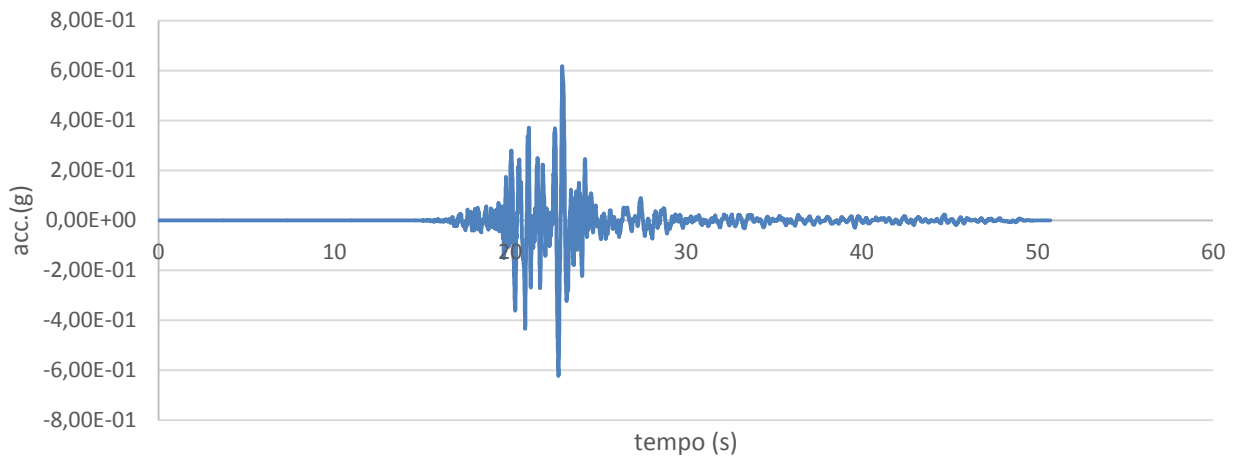
RELAZIONE ILLUSTRATIVA



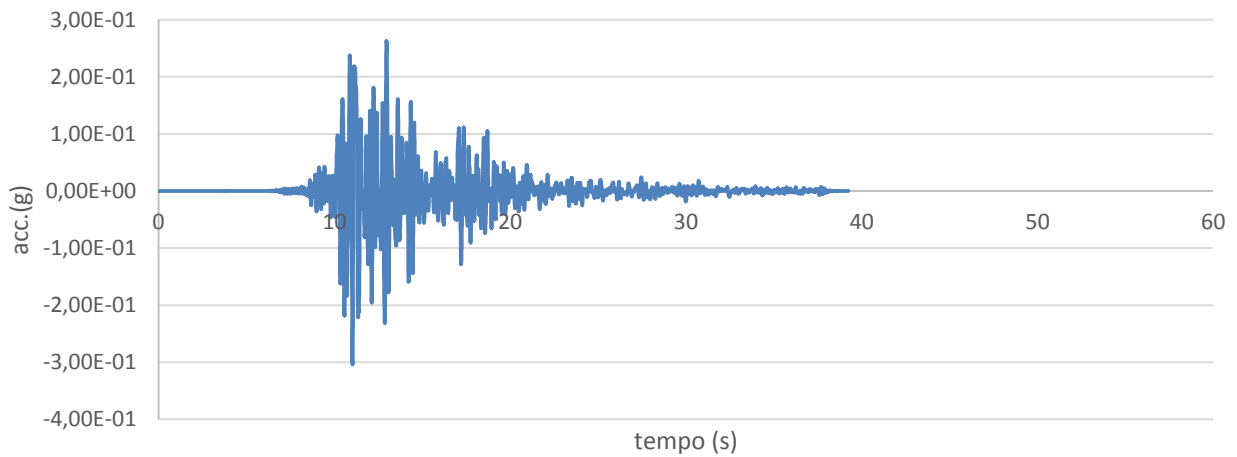
ACCELEROGRAMMA 1



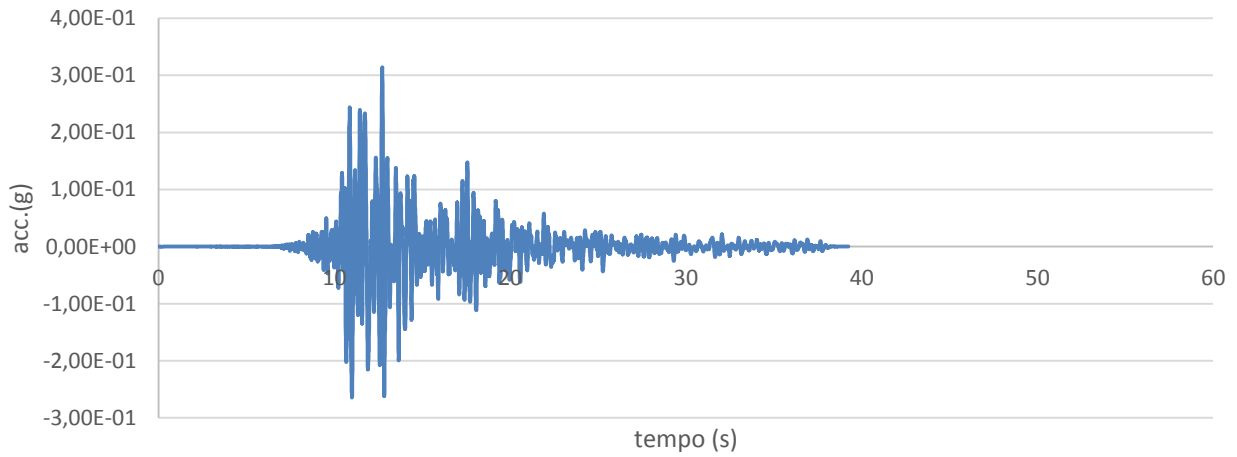
ACCELEROGRAMMA 2



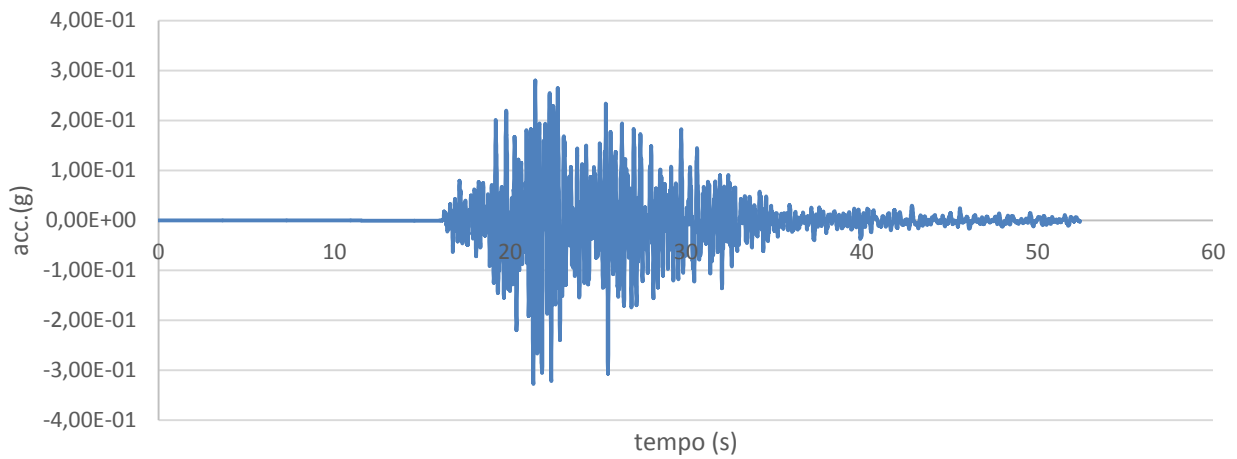
ACCELEROGRAMMA 3



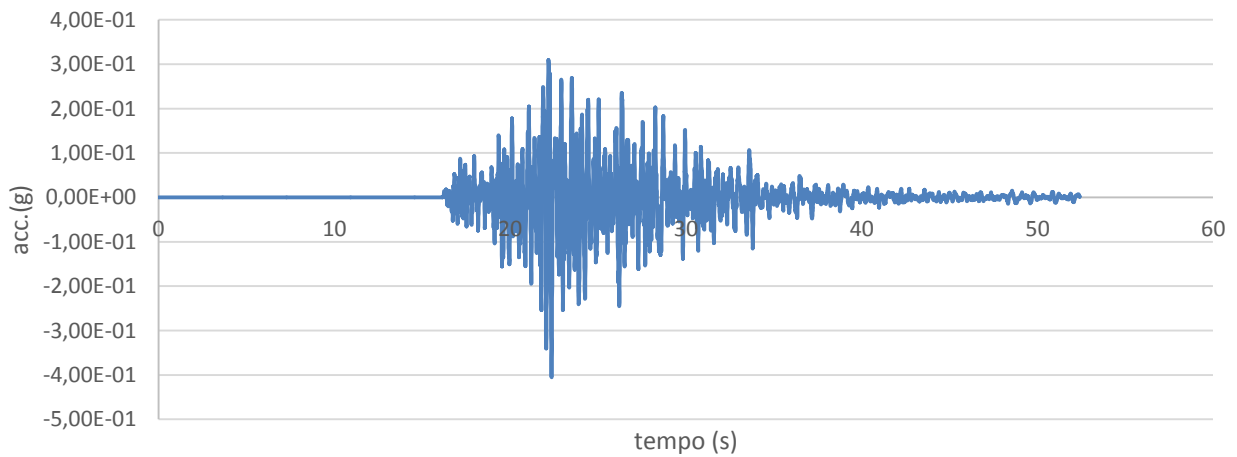
ACCELEROGRAMMA 4



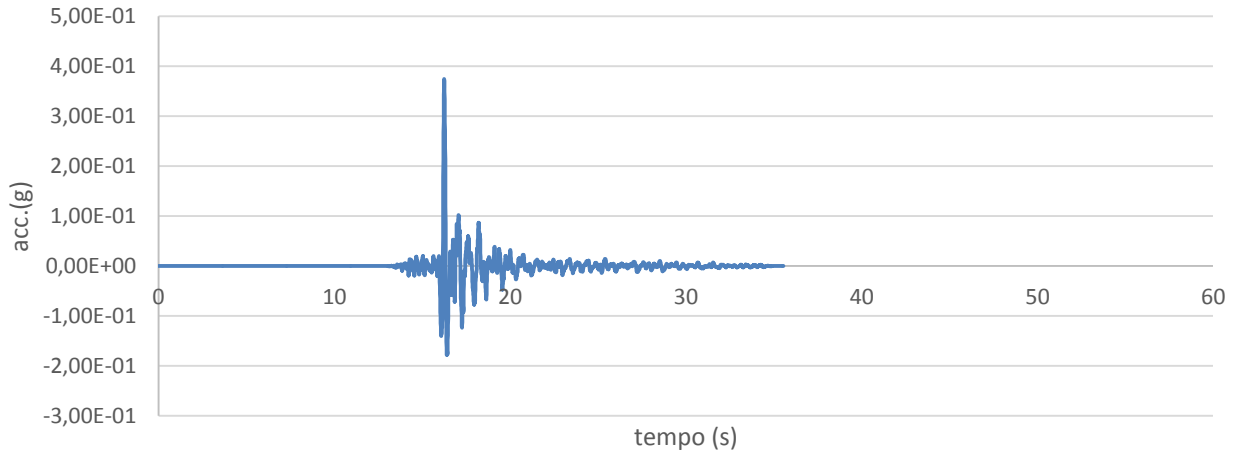
ACCELEROGRAMMA 5



ACCELEROGRAMMA 6



ACCELEROGRAMMA 7

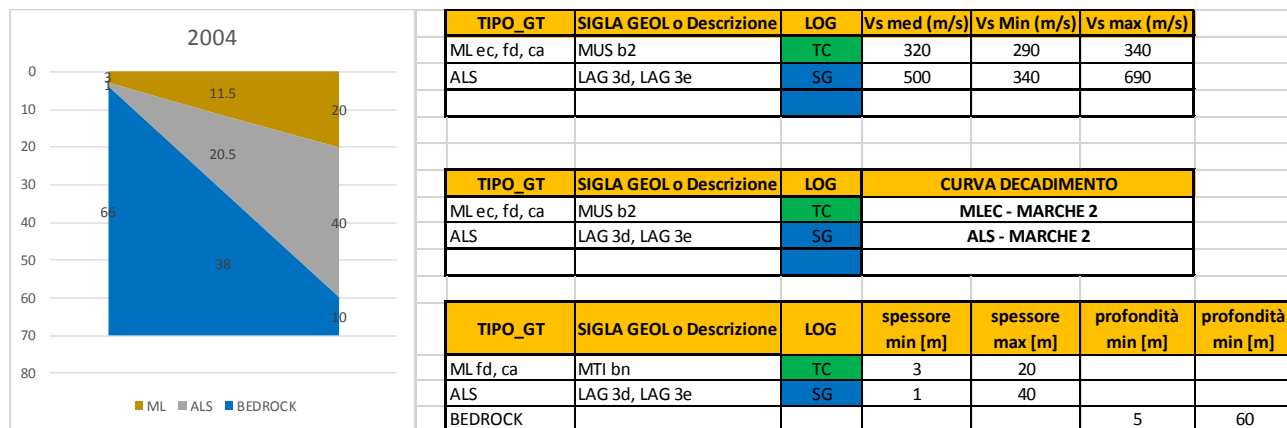


ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	105
--	--	-----

7.1.3.4. MOPS 2004

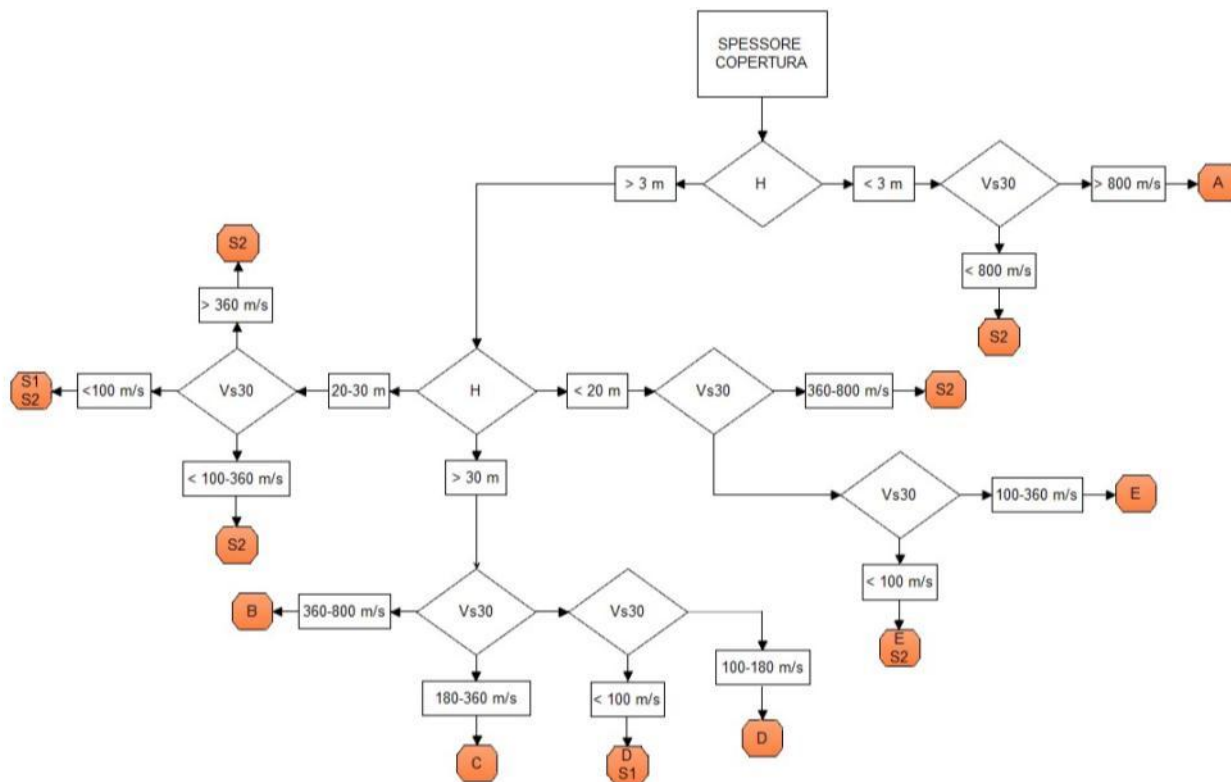
$V_{s,30}$ e suolo NTC

Come da disciplinare si deve calcolare la $V_{s,30}$:

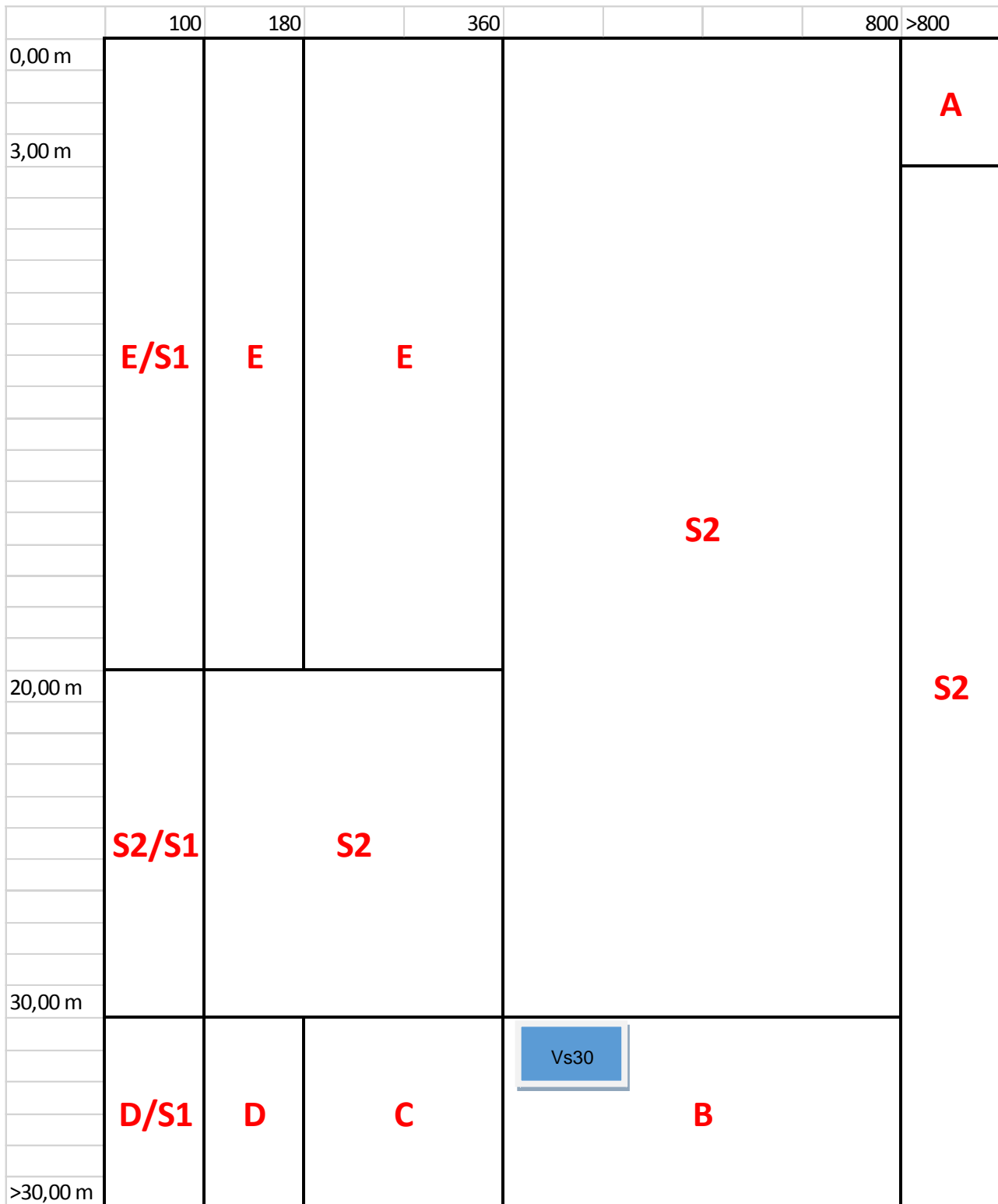


	Hmed	V_s med
ML	11.5	320
ALS	18.5	500
V_s 30:	411	

Tali valori portano alle seguenti categorie di sottosuolo semplificate:



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	106
--	--	-----



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	107
--	--	-----

MODELLO STRATA NON LINEARE

Modello statistico

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	11.50	ML (ec)	320.00	<input checked="" type="checkbox"/> 290.00	<input checked="" type="checkbox"/> 340.00	<input checked="" type="checkbox"/>
2	11.50	20.50	ALS	500.00	<input checked="" type="checkbox"/> 350.00	<input checked="" type="checkbox"/> 690.00	<input checked="" type="checkbox"/>
3	32.00	Half-Space	Bedrock	800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 900.00	<input checked="" type="checkbox"/>

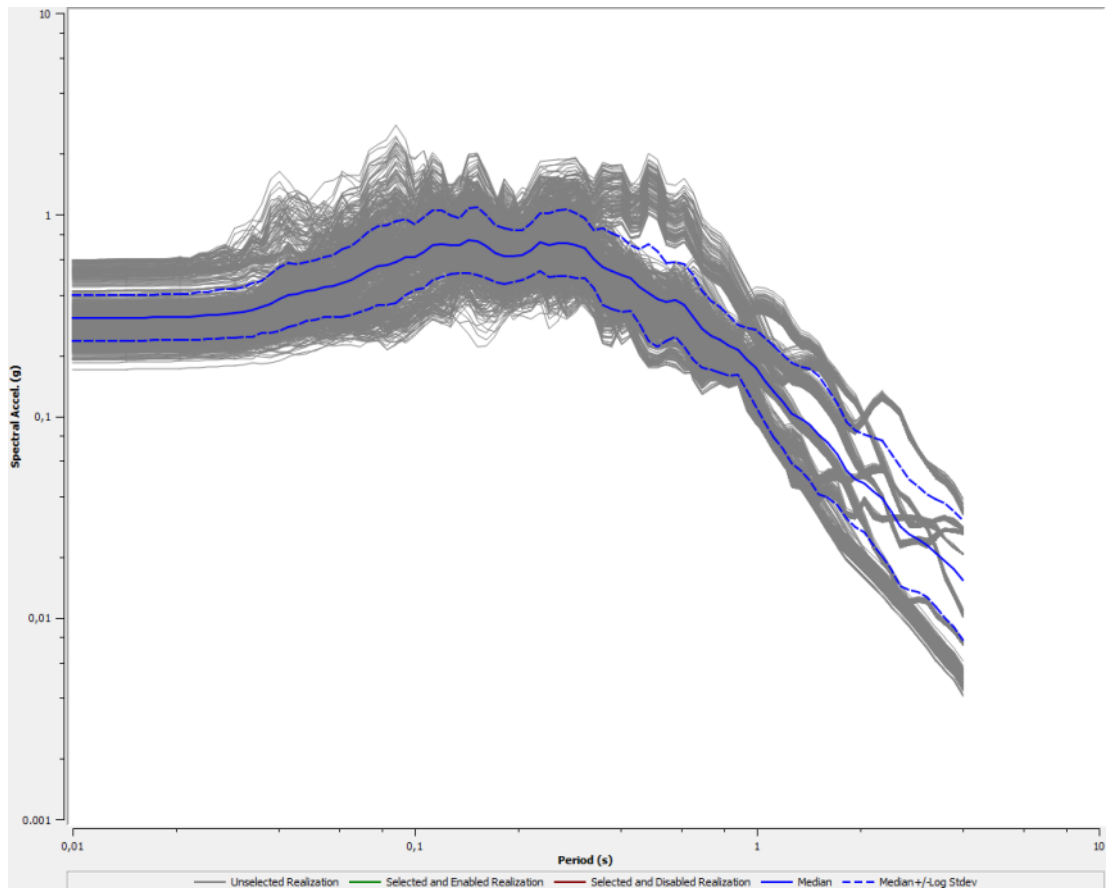
Soil Types

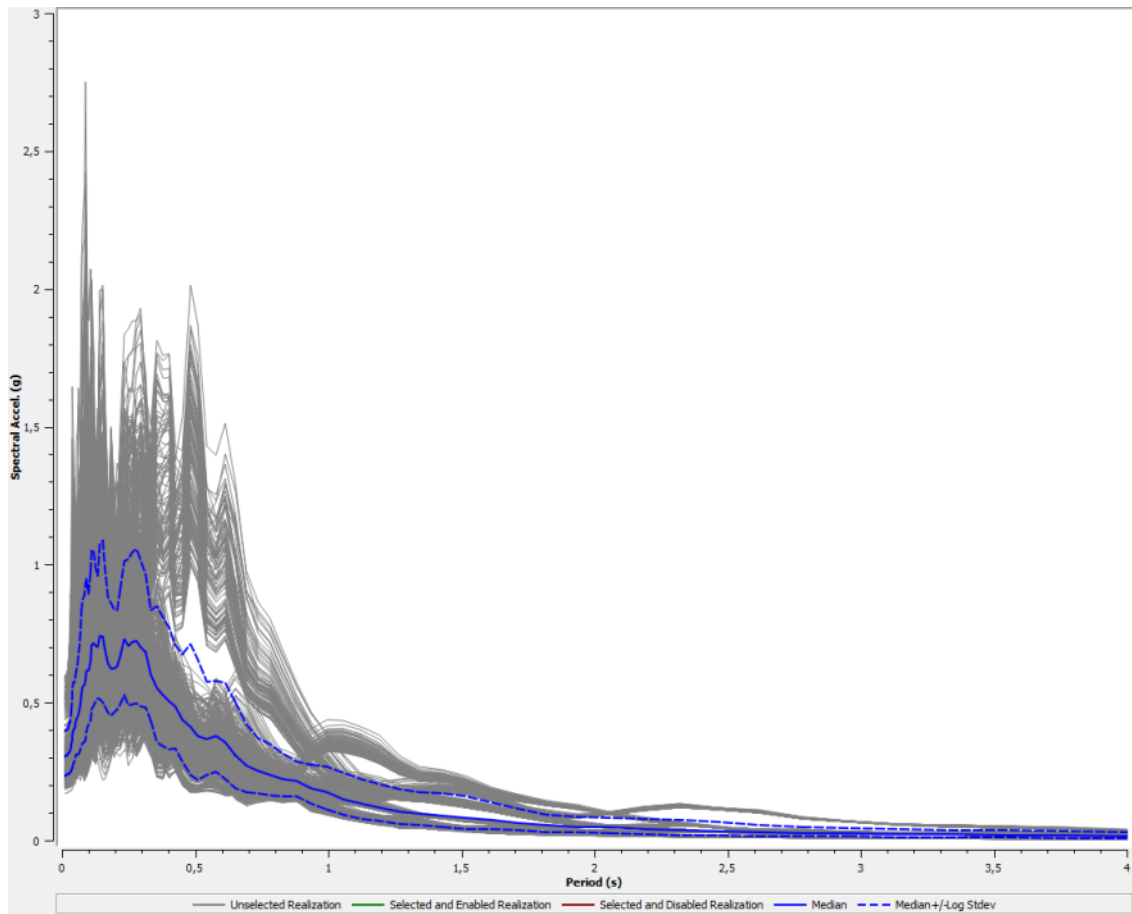
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 + 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo la mediana risultante dai 100 scenari che sono stati elaborati per ogni accelerogramma.

Calcolo degli FA:

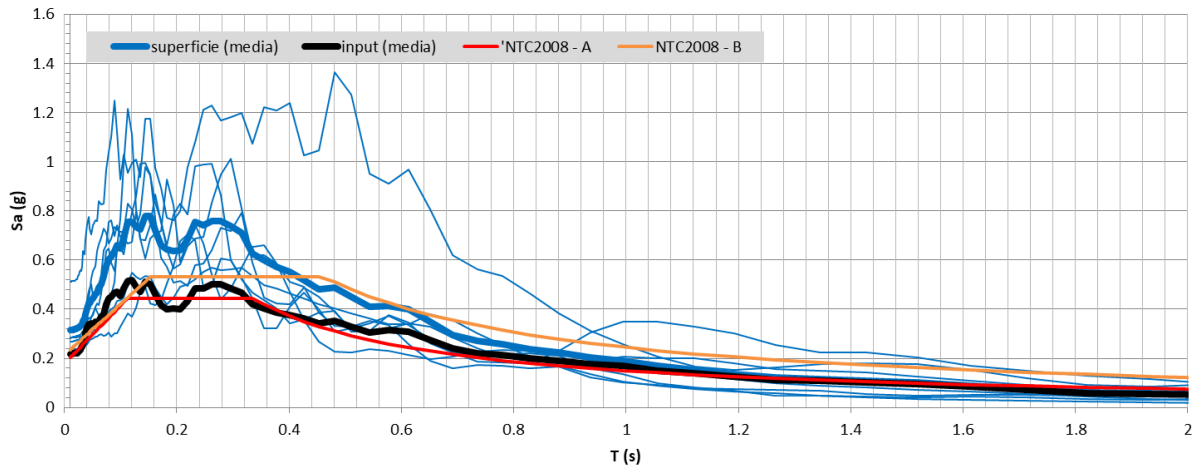
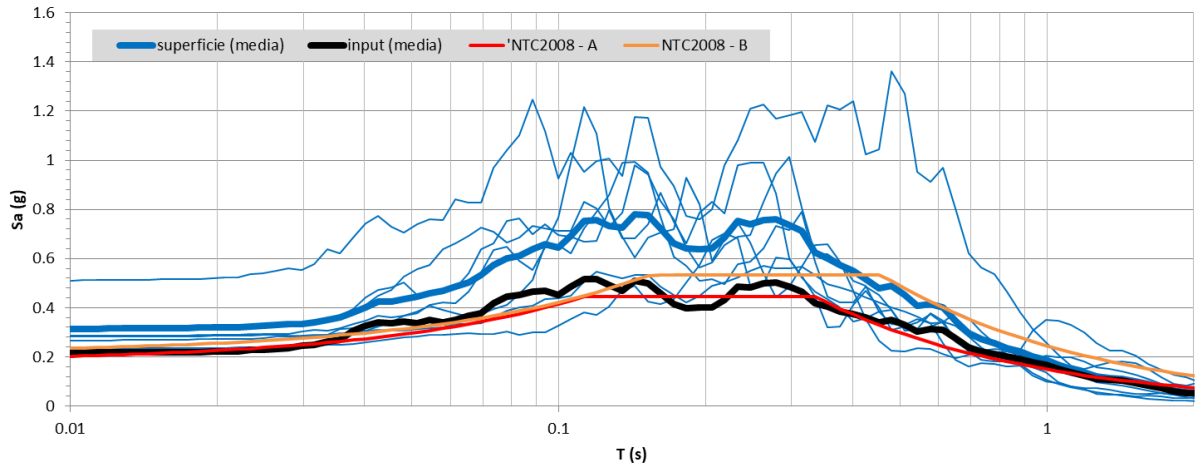
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.51	1.31	1.17
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.46	1.51	1.57
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.29	1.31	1.33
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.14	1.17	1.20

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	110
--	--	-----

Modello verticale min

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	3.00	ML (ec)	320.00
2	3.00	1.00	ALS	500.00
3	4.00	Half-Space	Bedrock	800.00

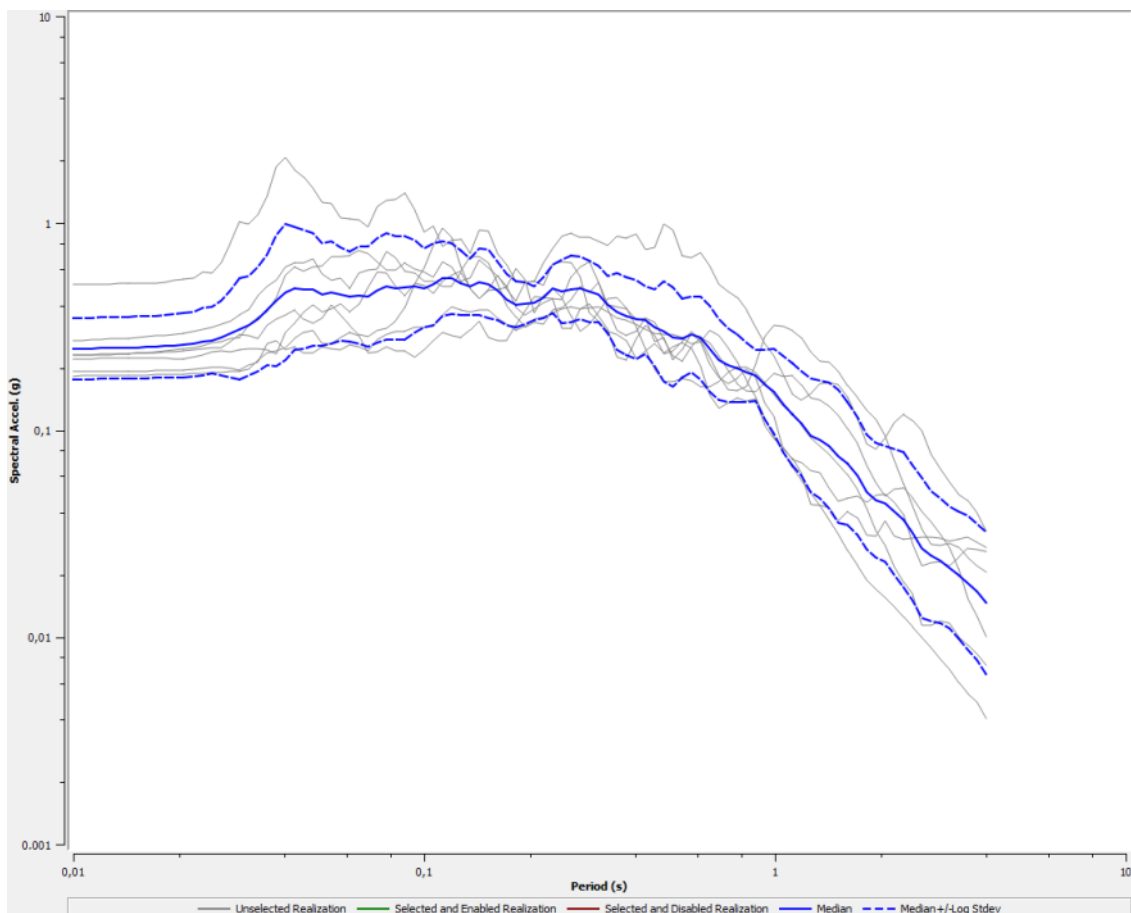
Soil Types

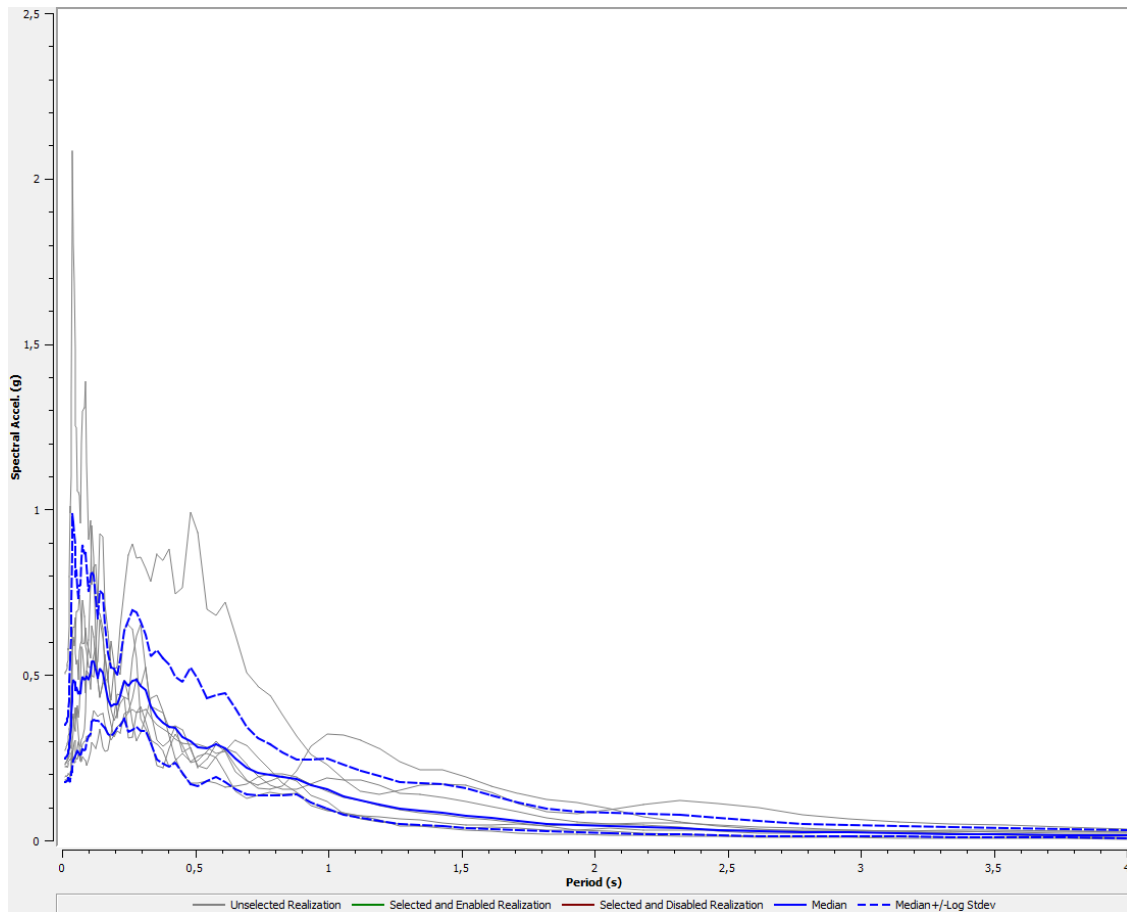
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMTf - MARCHE 2	SMTf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare

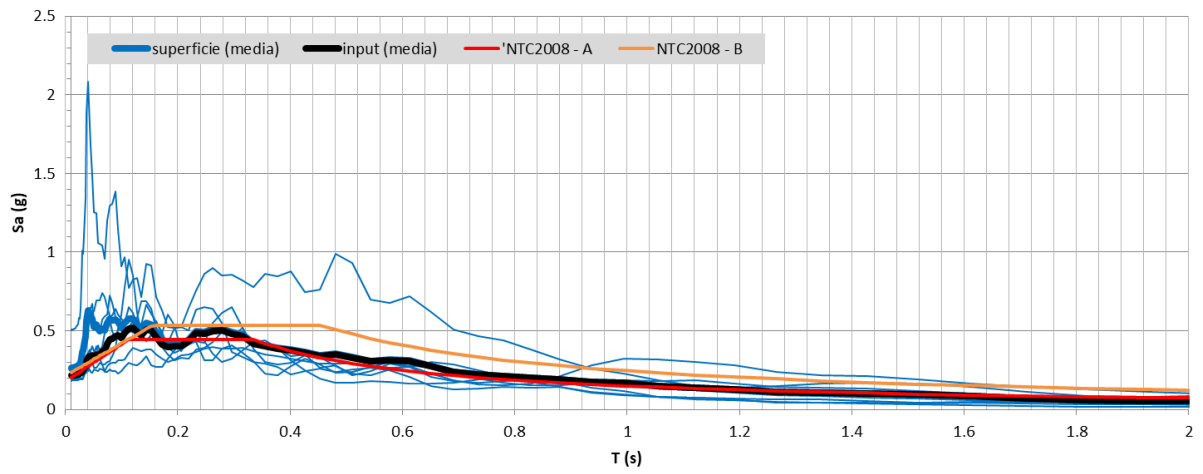
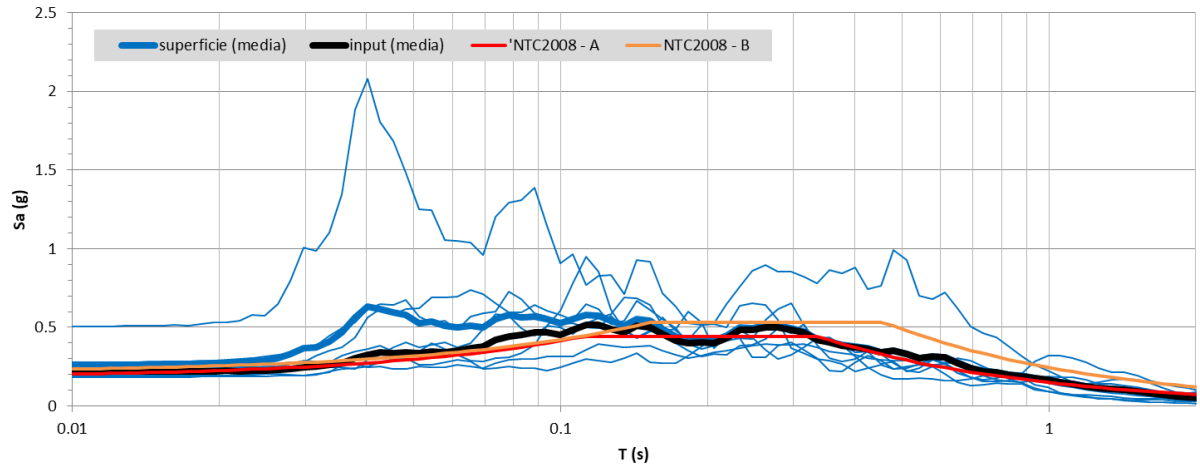




Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1		
1.04	1.01	1.00		
FA 0.1-0.5				
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$m_{ln} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \ln(FA_i)$	
1.03	1.04	1.04		
FA 0.4-0.8			$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$	
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$	
1.01	1.01	1.01		
FA 0.7-1.1				
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$	$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$	
1.00	1.00	1.00		



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	113
--	--	-----

Modello verticale med

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	11.50	ML (ec)	320.00
2	11.50	20.50	ALS	500.00
3	32.00	Half-Space	Bedrock	800.00

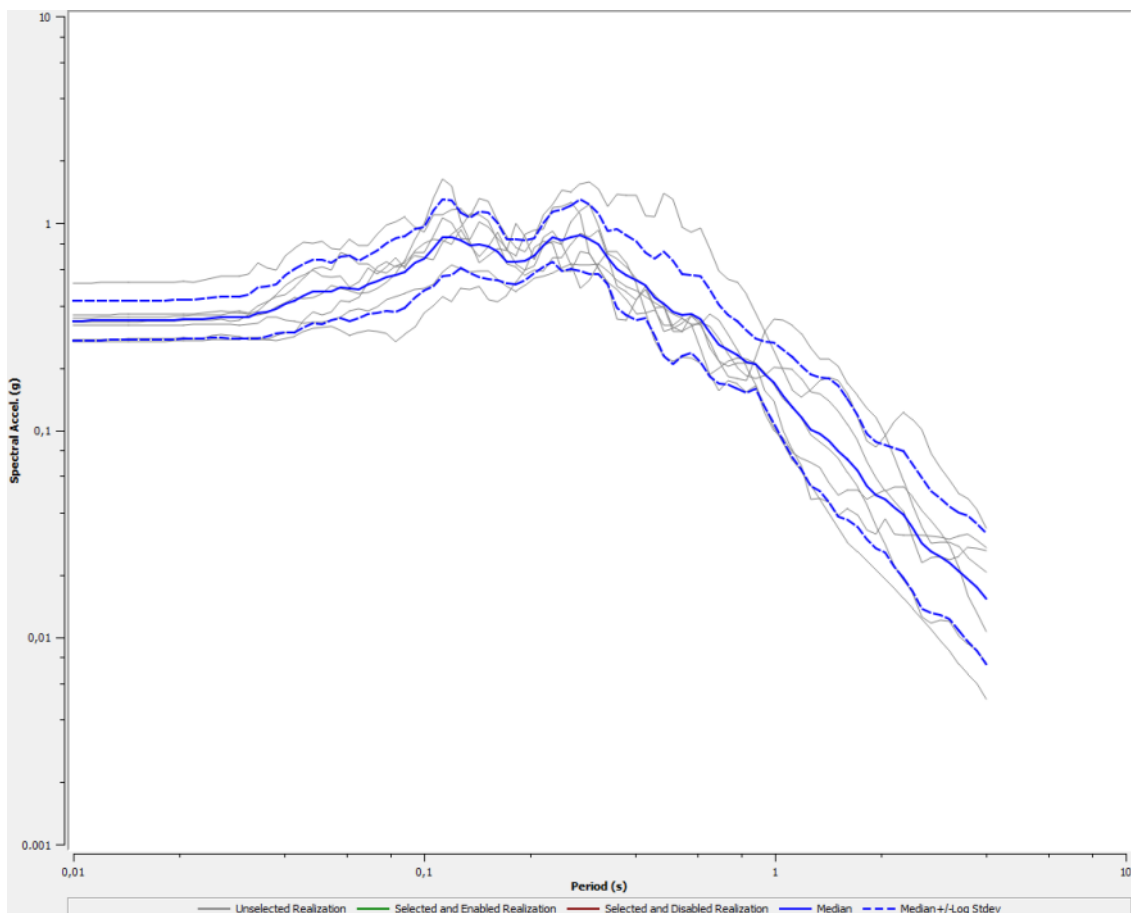
Soil Types

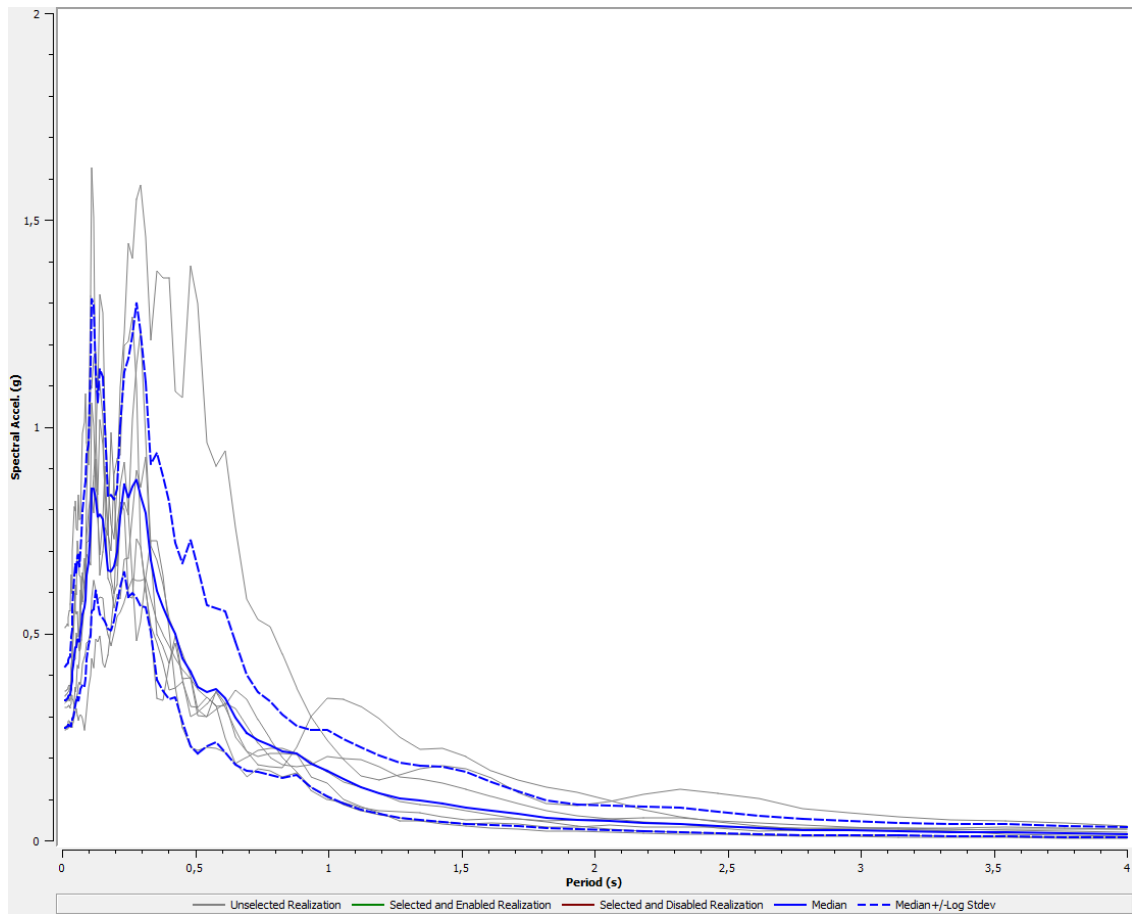
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

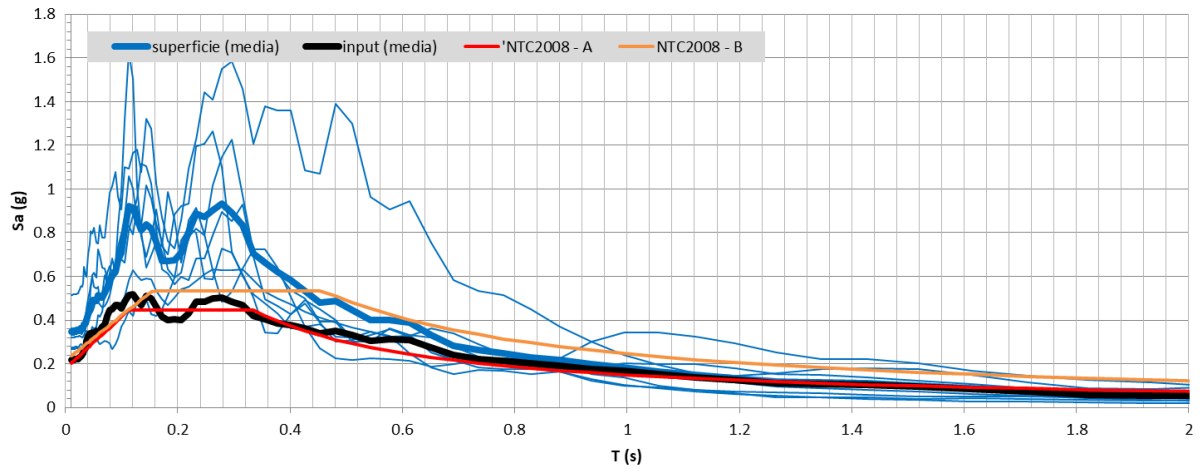
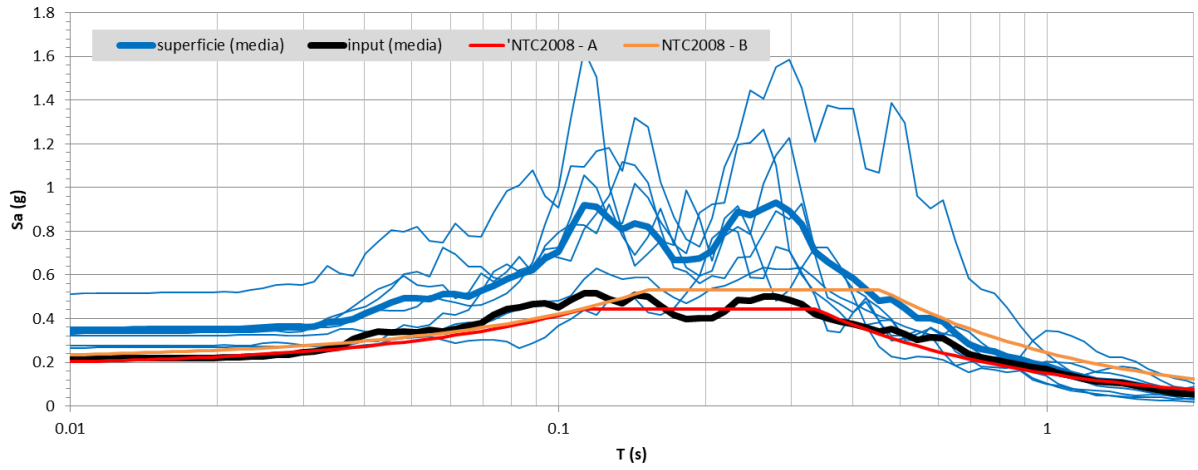
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.67	1.29	1.14
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.60	1.67	1.76
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.26	1.29	1.32
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.11	1.14	1.16

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	116
--	--	-----

Modello verticale max

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	20.00	ML (ec)	320.00
2	20.00	40.00	ALS	500.00
3	60.00	Half-Space	Bedrock	800.00

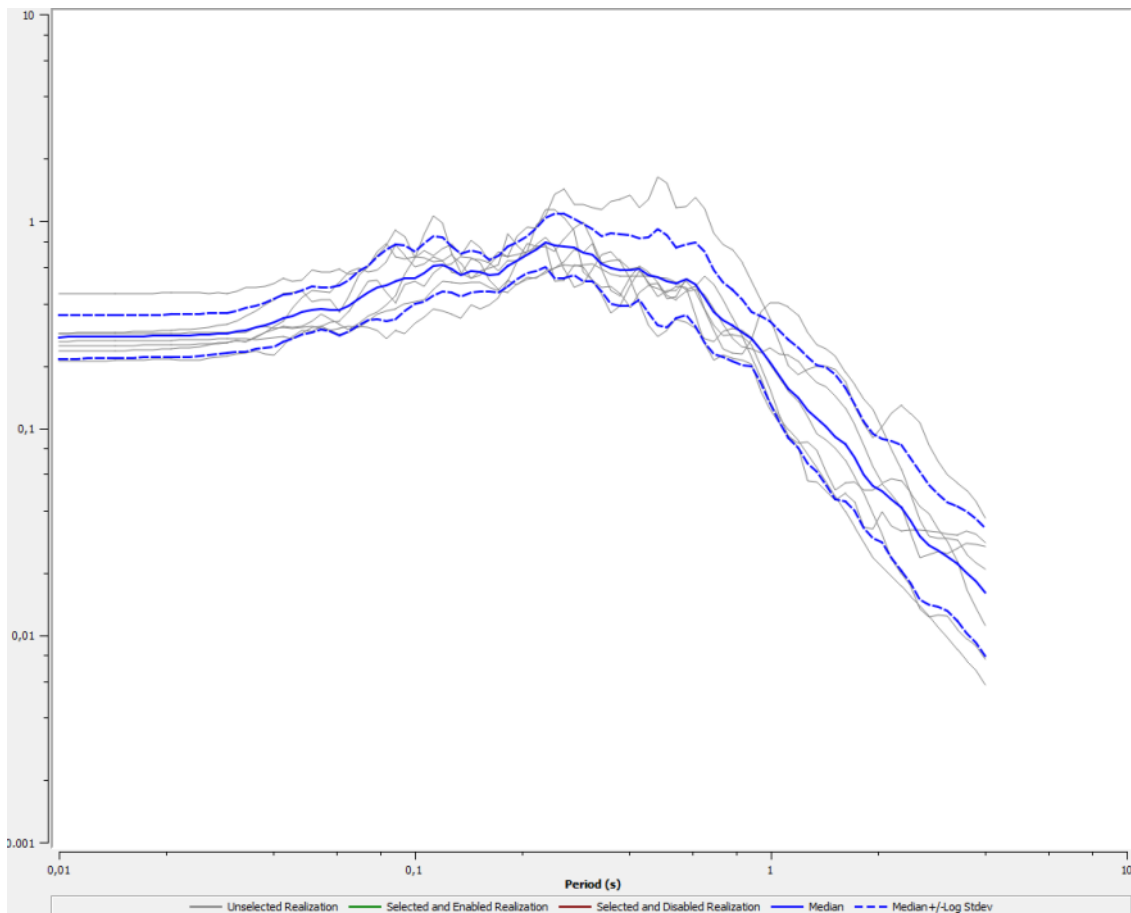
Soil Types

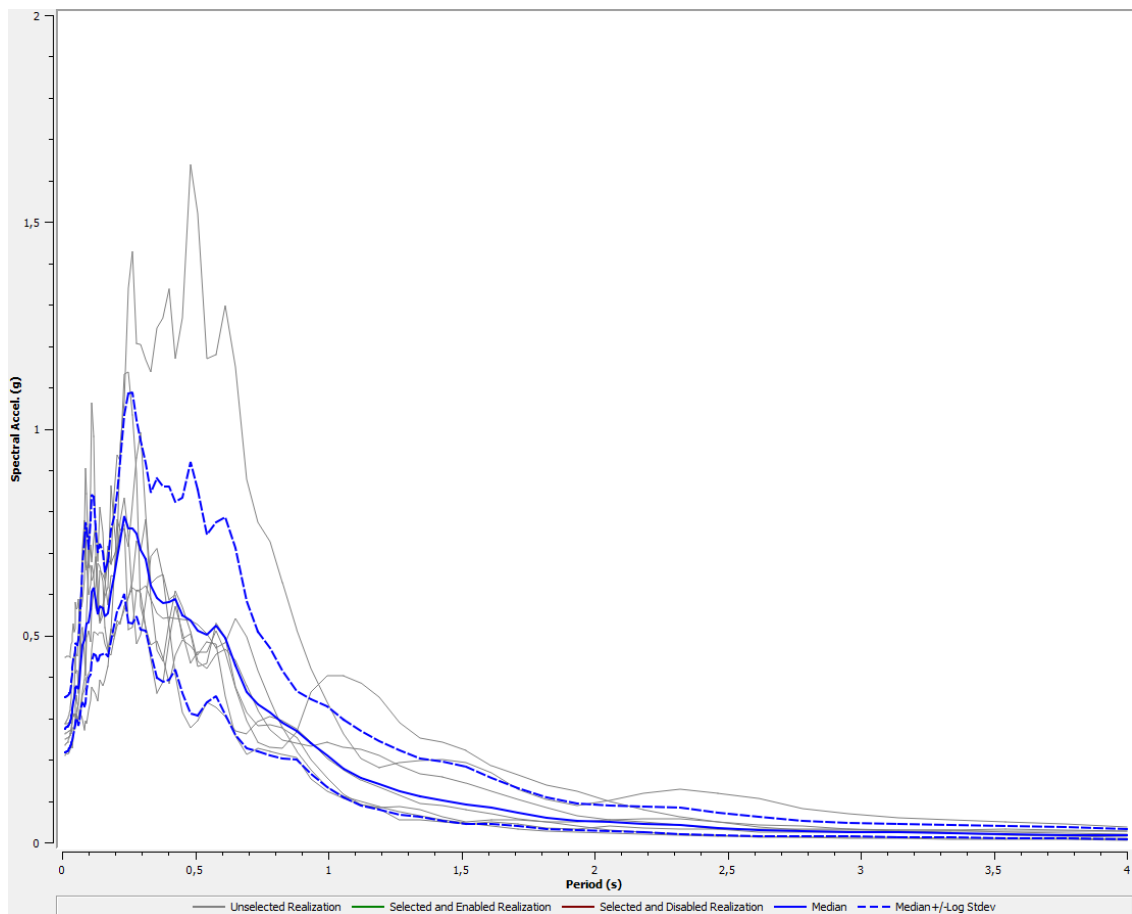
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 + 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

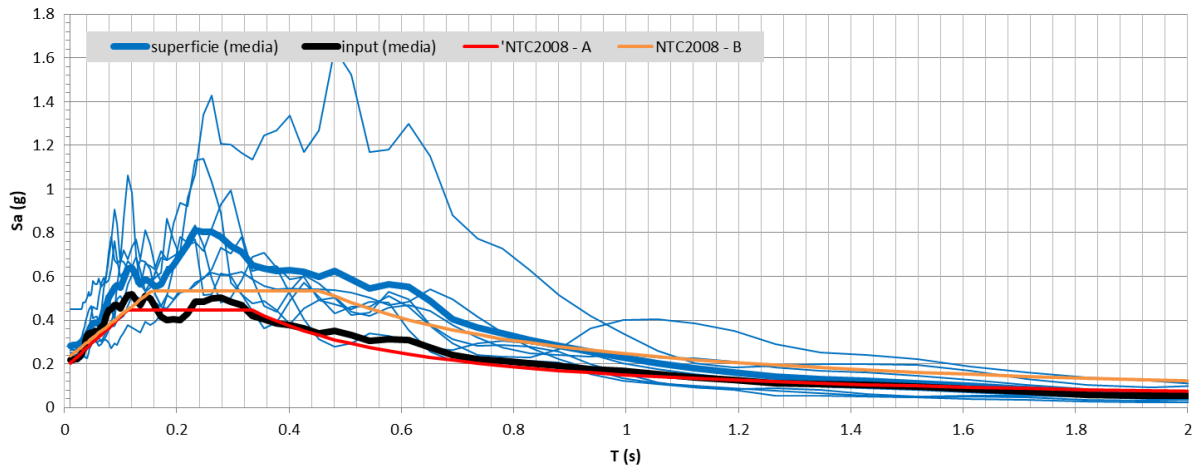
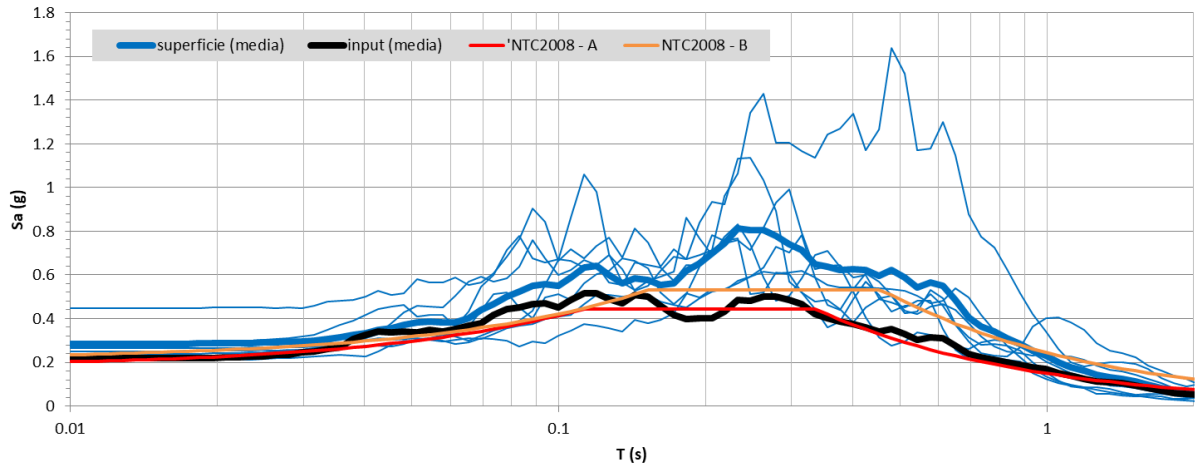
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.57	1.73	1.48
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.49	1.57	1.66
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.68	1.73	1.78
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.39	1.48	1.58

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	119
--	--	-----

Estrazione degli accelerogrammi

Come già scritto in premessa si sono estratti gli accelerogrammi che hanno FA 0,1-0,5 massimo, ovvero la verticale media:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1			
1.67	1.29	1.14			
FA 0.1-0.5					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.60	1.67	1.76			
FA 0.4-0.8					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.26	1.29	1.32			
FA 0.7-1.1					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.11	1.14	1.16			

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

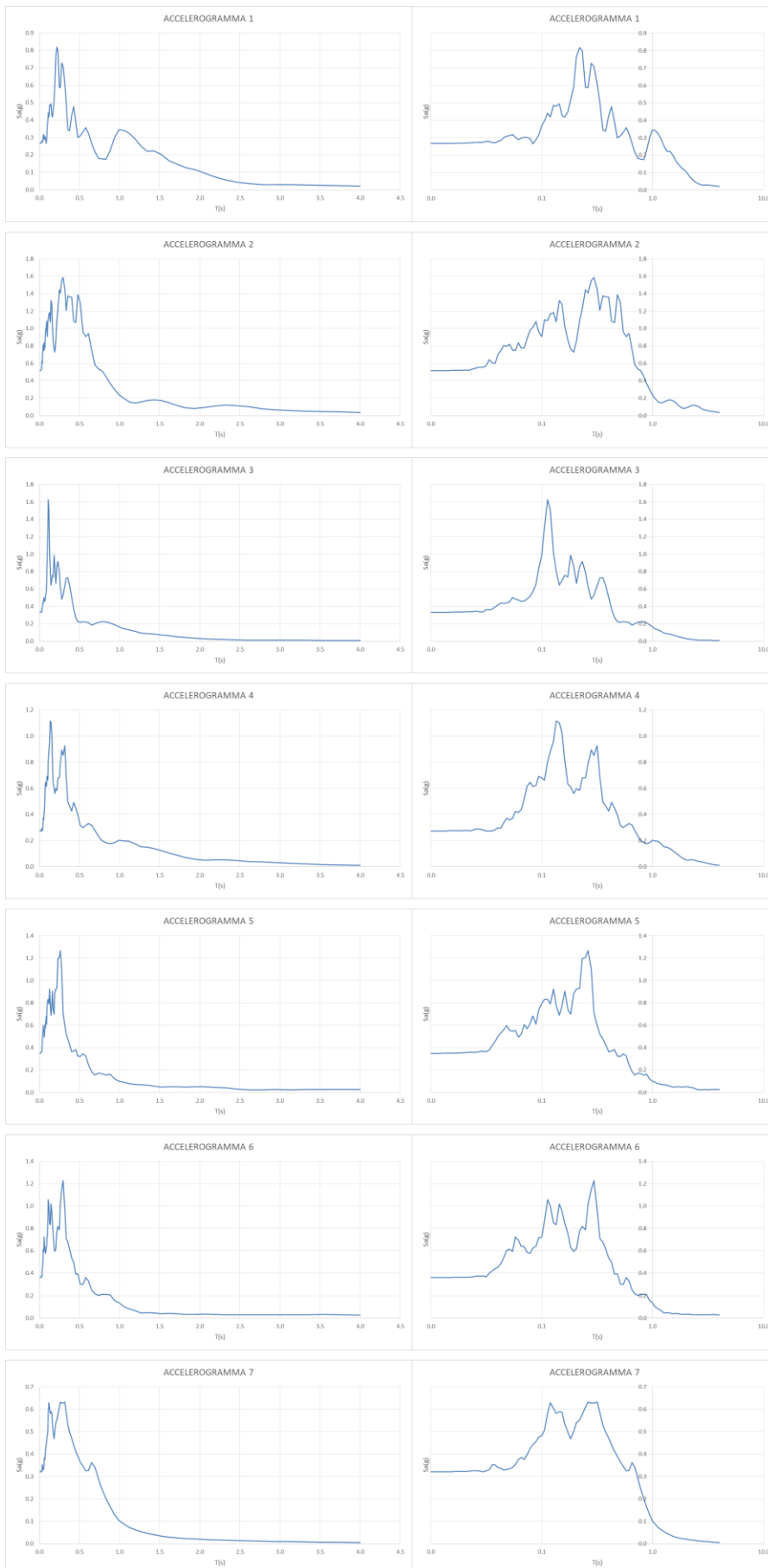
$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

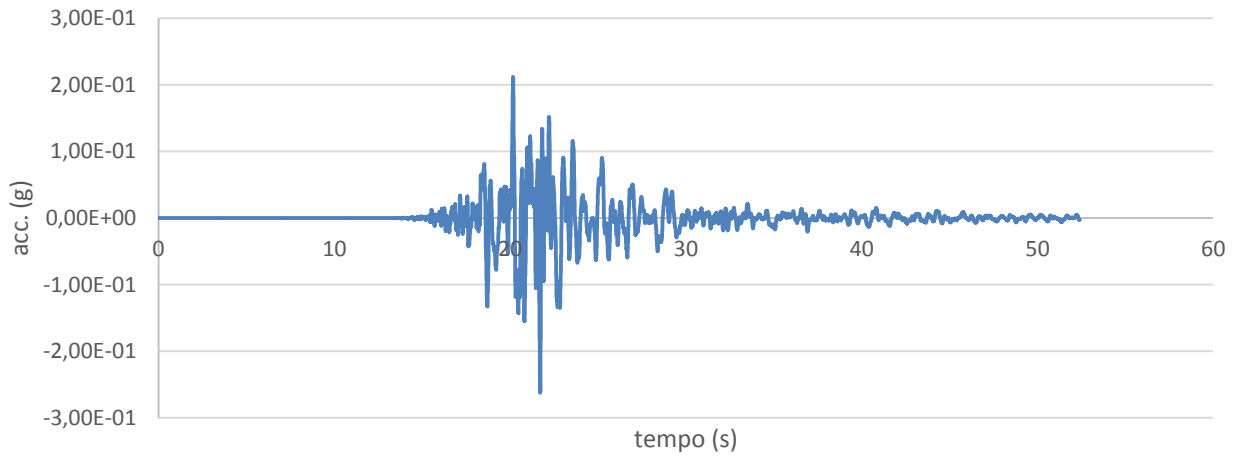
$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$

MICROZONAZIONE SISMICA

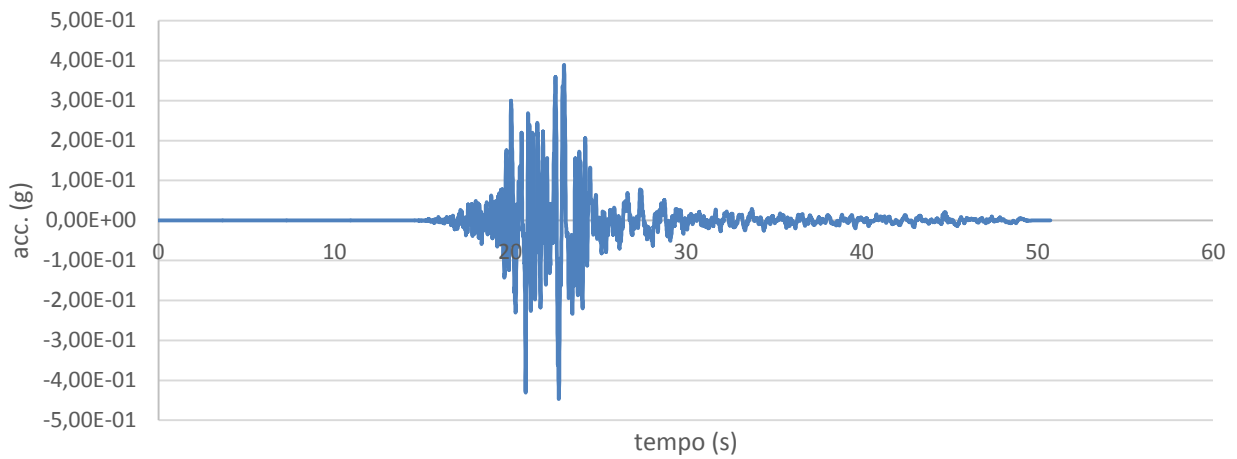
RELAZIONE ILLUSTRATIVA



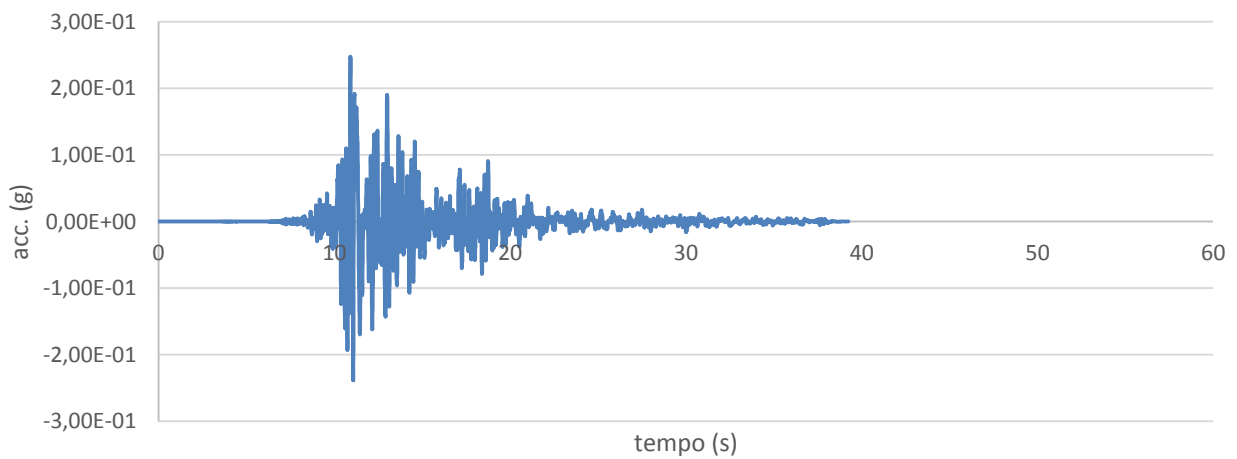
ACCELEROGRAMMA 1



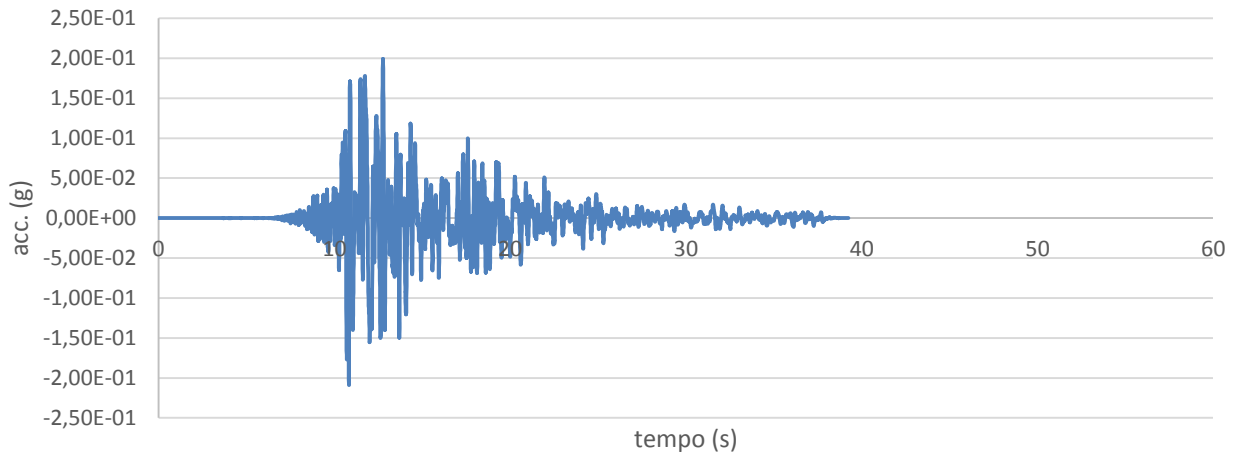
ACCELEROGRAMMA 2



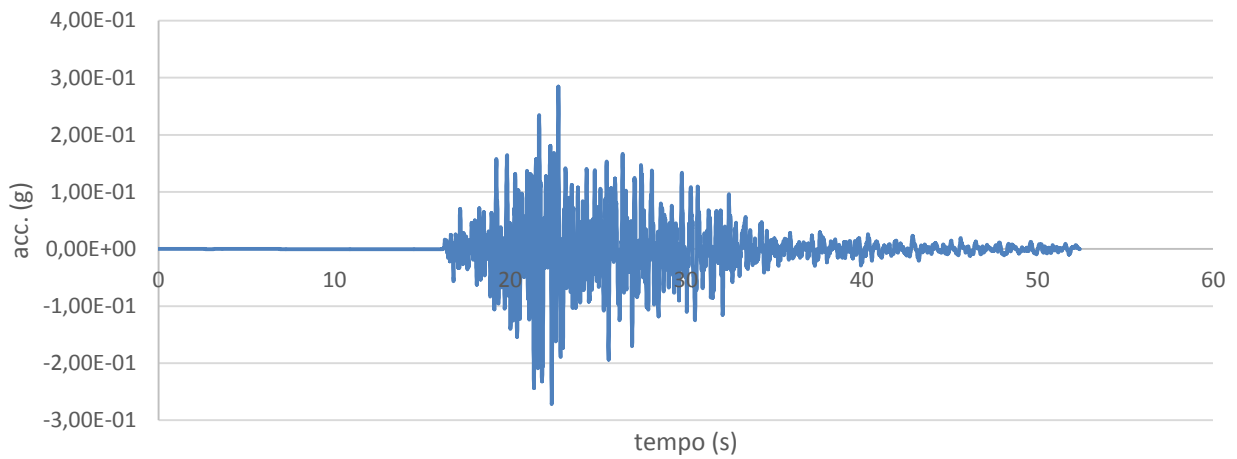
ACCELEROGRAMMA 3



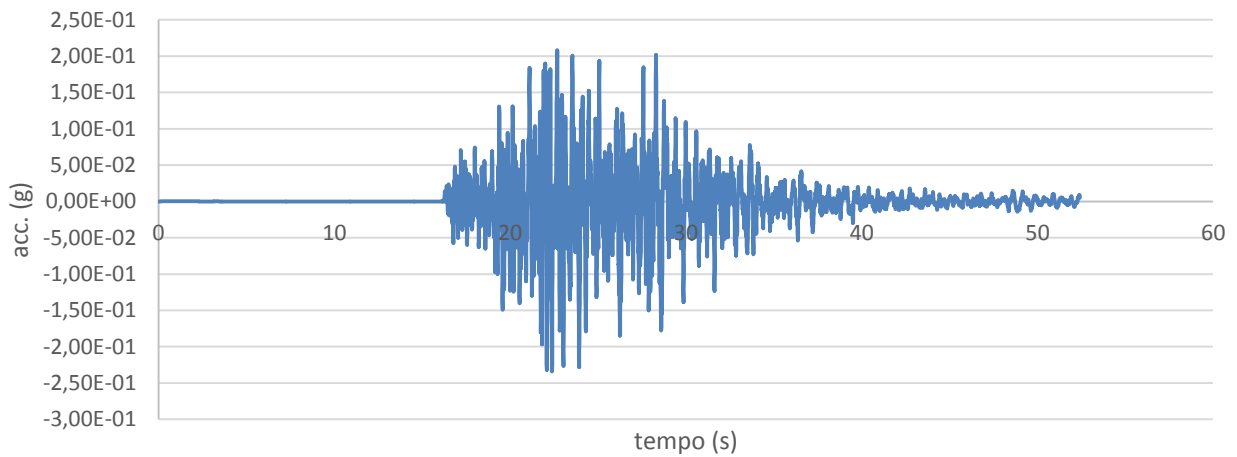
ACCELEROGRAMMA 4



ACCELEROGRAMMA 5



ACCELEROGRAMMA 6



ATP
GEOL. SILVIA PAGGI
GEOL. EUGENIO PISTOLESI
GEOL. DIMITRI MAZZA
GEOL. ANGELO CURATOLO
ING. ROBERTO DI GIROLAMO

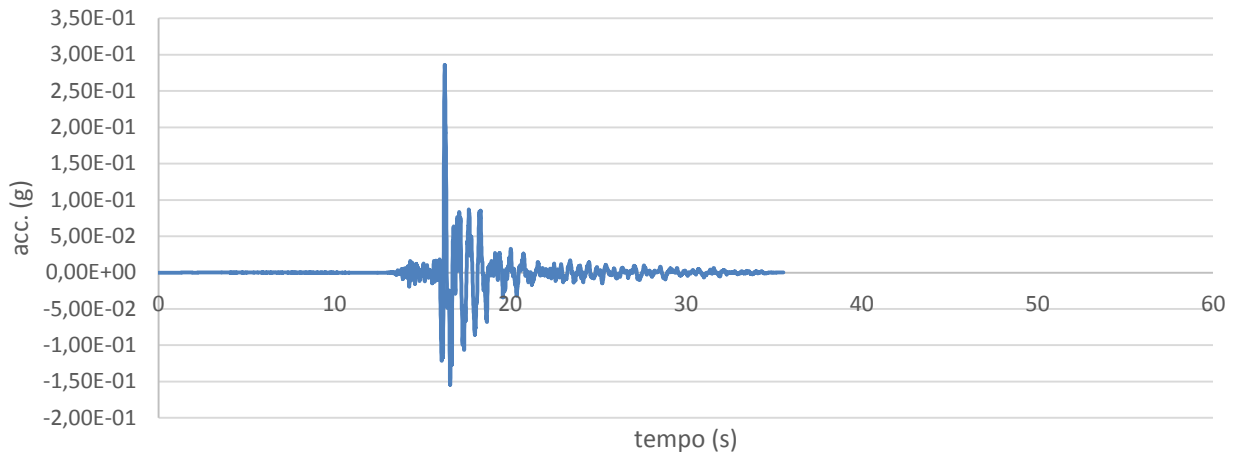
COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC)

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

124

ACCELEROGRAMMA 7

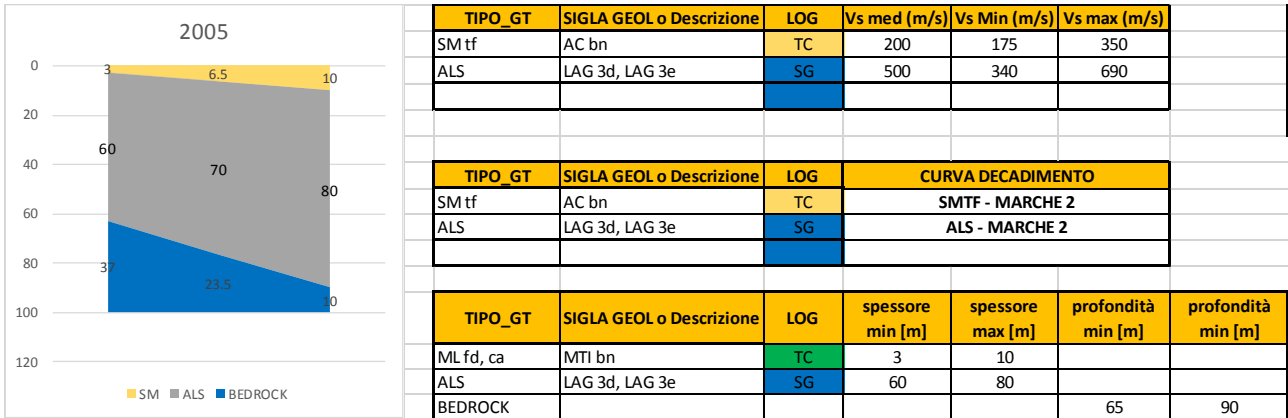


ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC)	125
	MICROZONAZIONE SISMICA	
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	

7.1.3.5. MOPS 2005

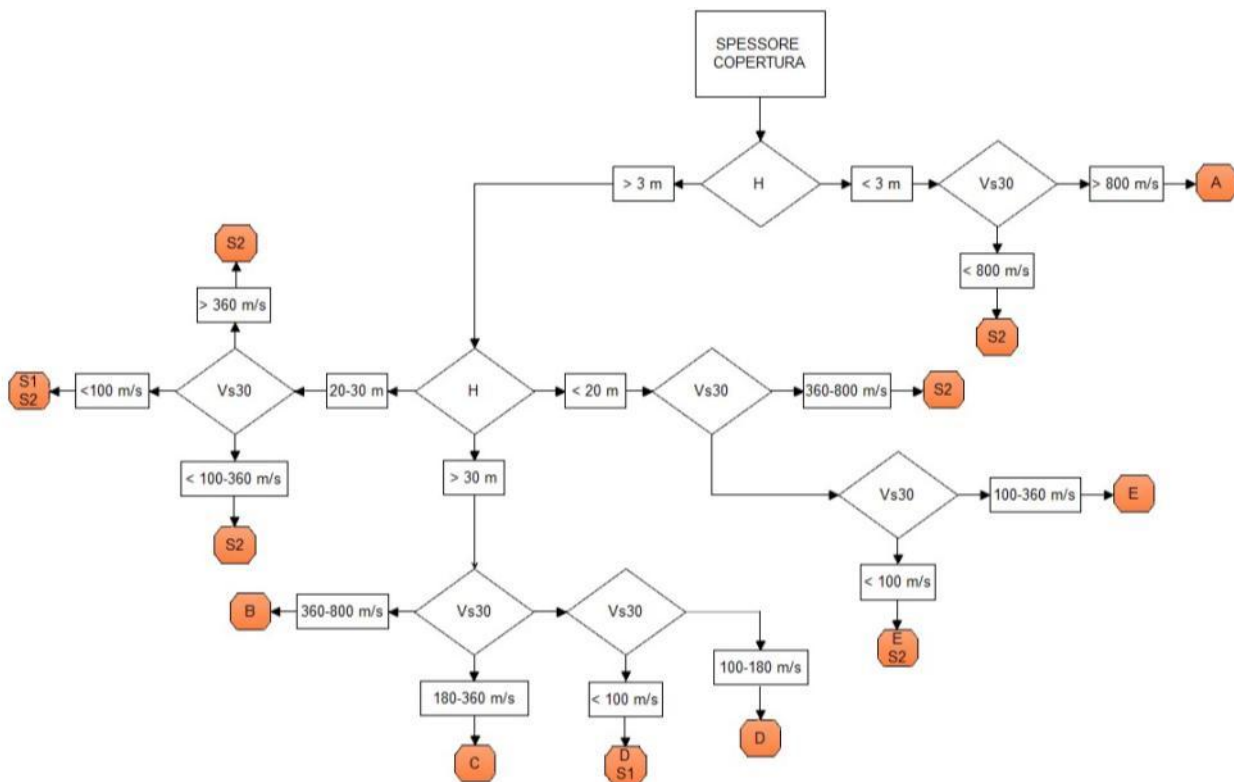
$V_{s,30}$ e suolo NTC

Come da disciplinare si deve calcolare la $V_{s,30}$:

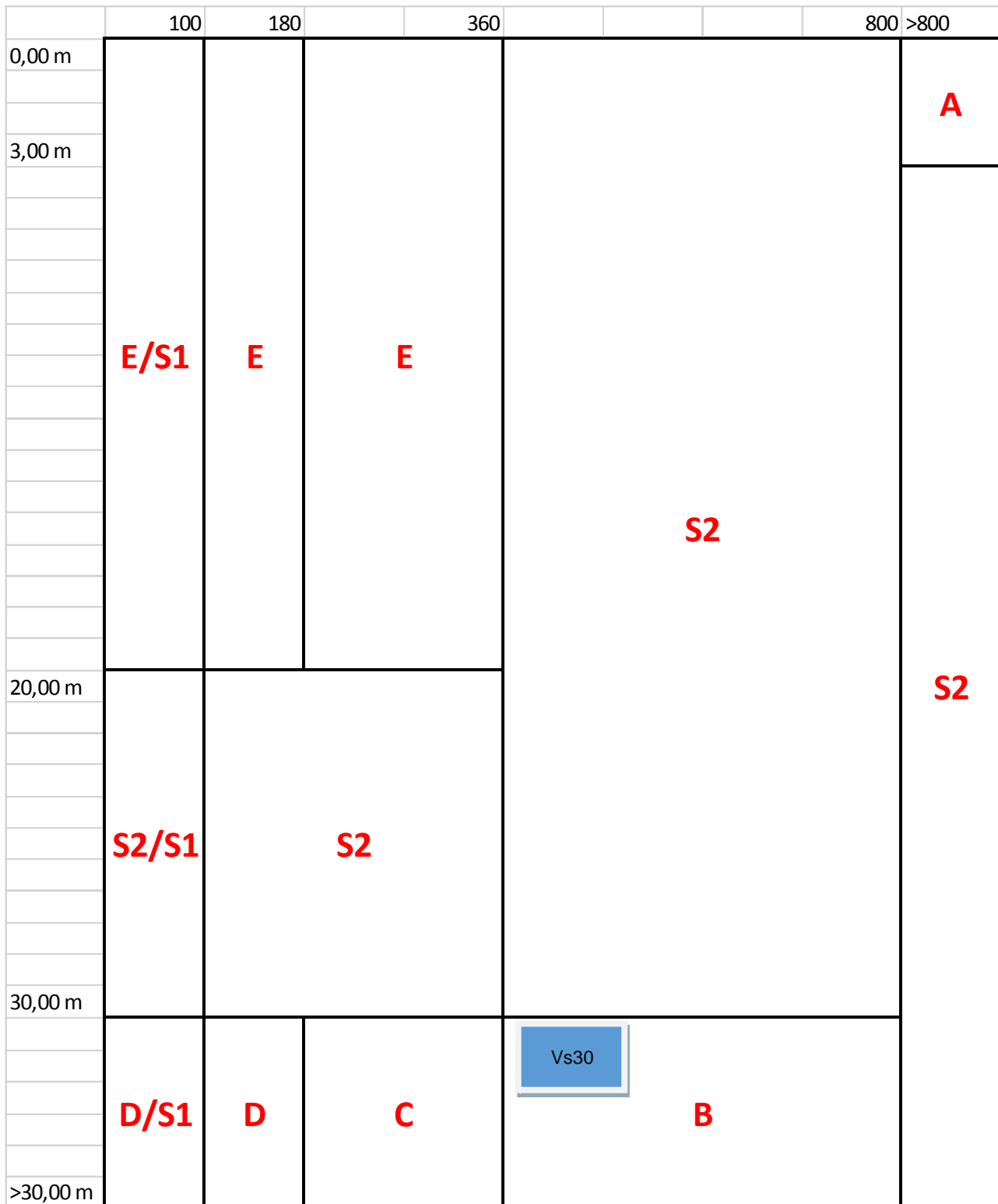


	Hmed	Vs med
SM	6.5	200
ALS	23.5	500
Vs 30:	377	

Tali valori portano alle seguenti categorie di sottosuolo semplificate:



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	126
--	--	-----



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	127
--	--	-----

MODELLO STRATA NON LINEARE

Modello statistico

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	6.50	SM (tf)	200.00	<input checked="" type="checkbox"/> 175.00	<input checked="" type="checkbox"/> 350.00	<input checked="" type="checkbox"/>
2	6.50	70.00	ALS	500.00	<input checked="" type="checkbox"/> 340.00	<input checked="" type="checkbox"/> 690.00	<input checked="" type="checkbox"/>
3	76.50	Half-Space	Bedrock	800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 900.00	<input checked="" type="checkbox"/>

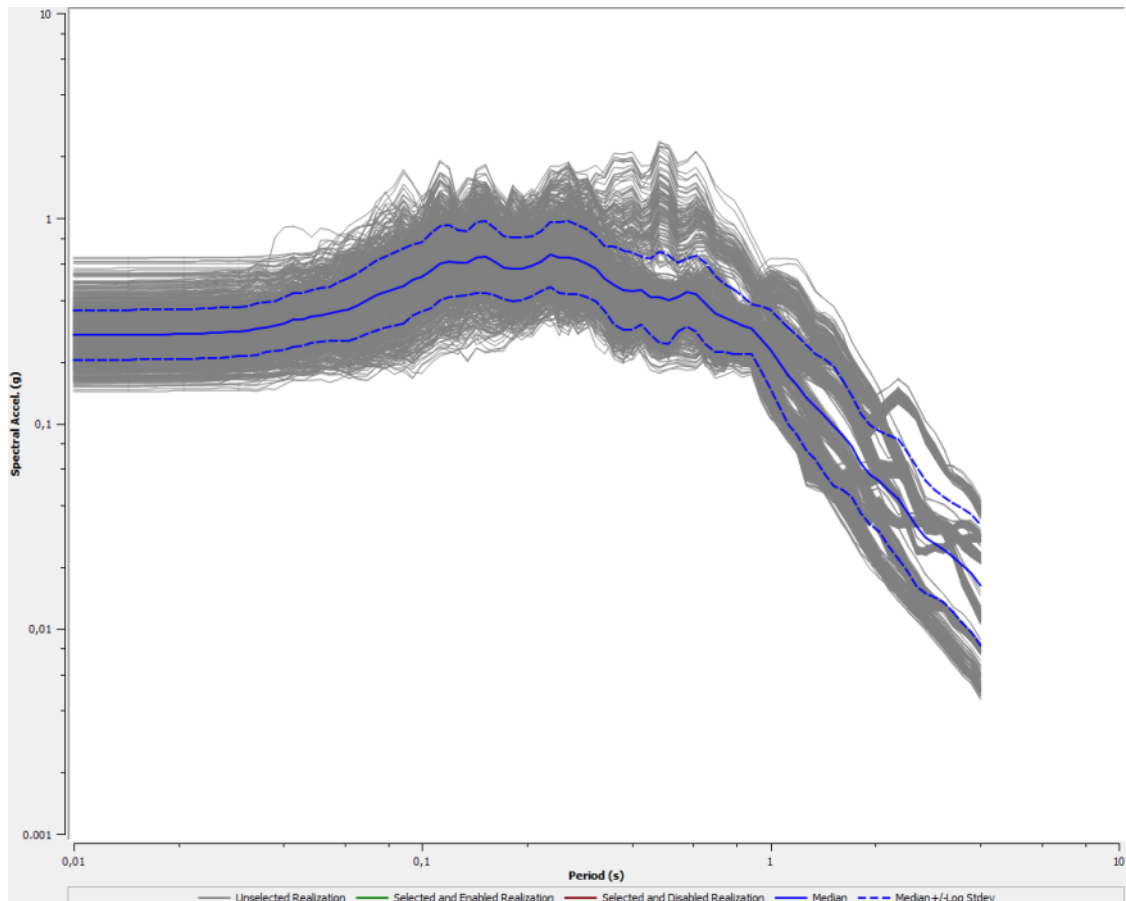
Soil Types

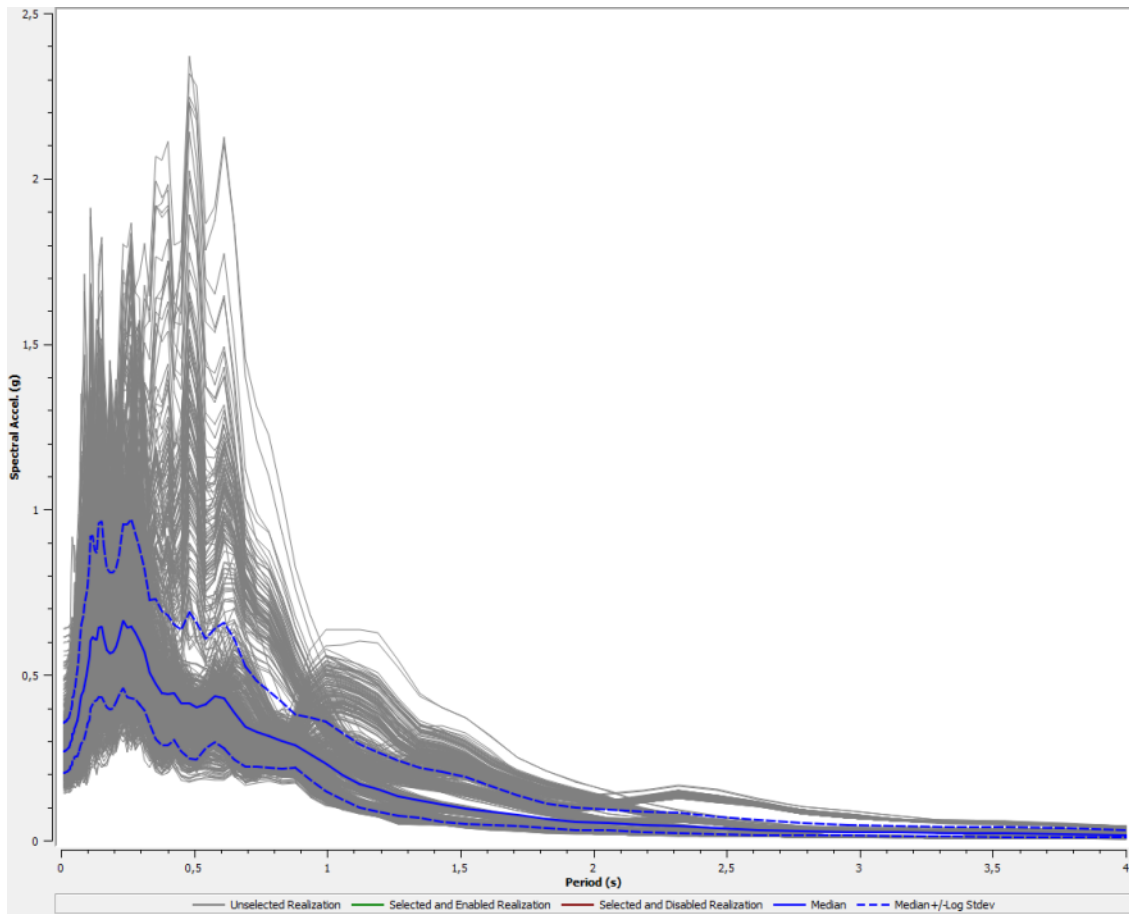
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo la mediana risultante dai 100 scenari che sono stati elaborati per ogni accelerogramma.

Calcolo degli FA:

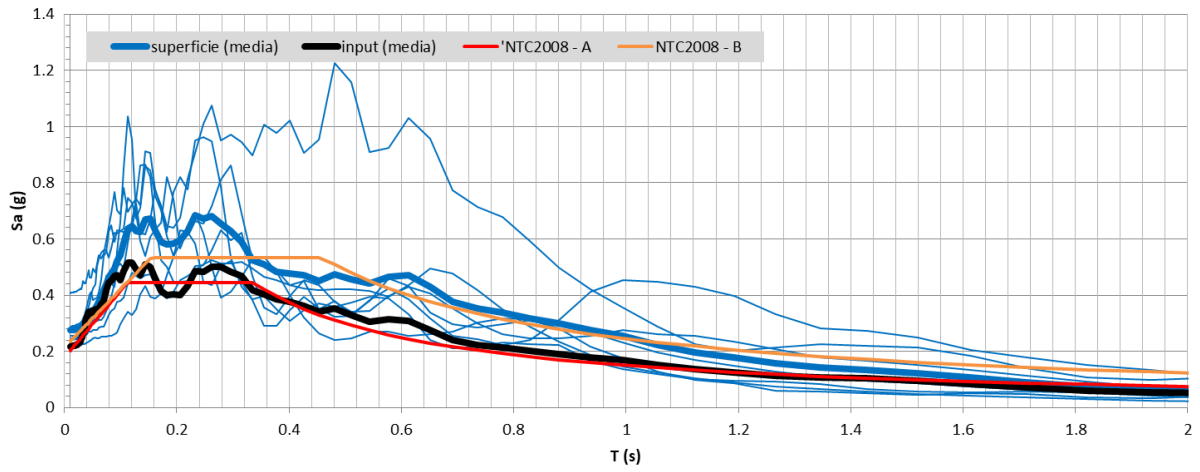
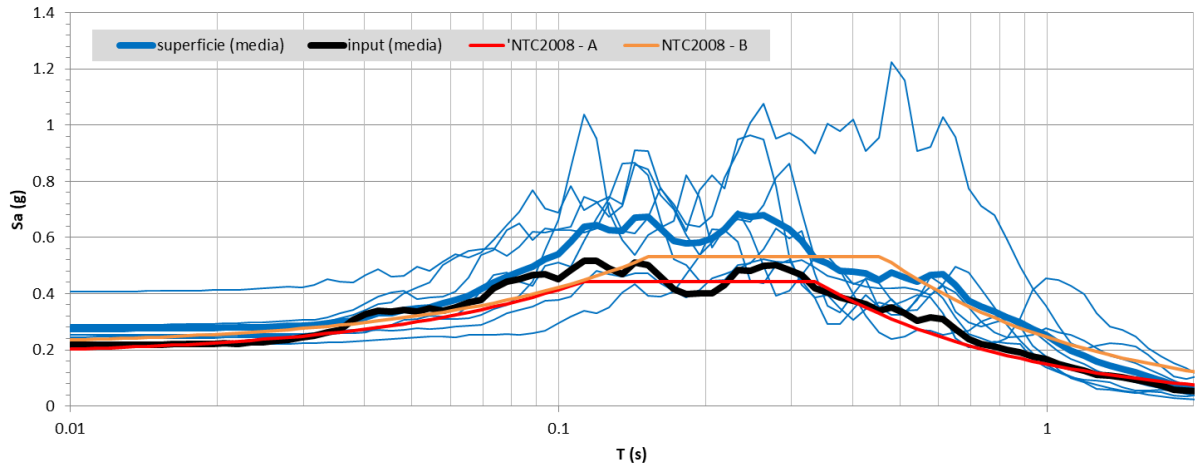
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.35	1.49	1.55
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.26	1.35	1.44
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.41	1.49	1.56
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.49	1.55	1.62

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	130
--	--	-----

Modello verticale min

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	3.00	SM (tf)	200.00
2	3.00	60.00	ALS	500.00
3	63.00	Half-Space	Bedrock	800.00

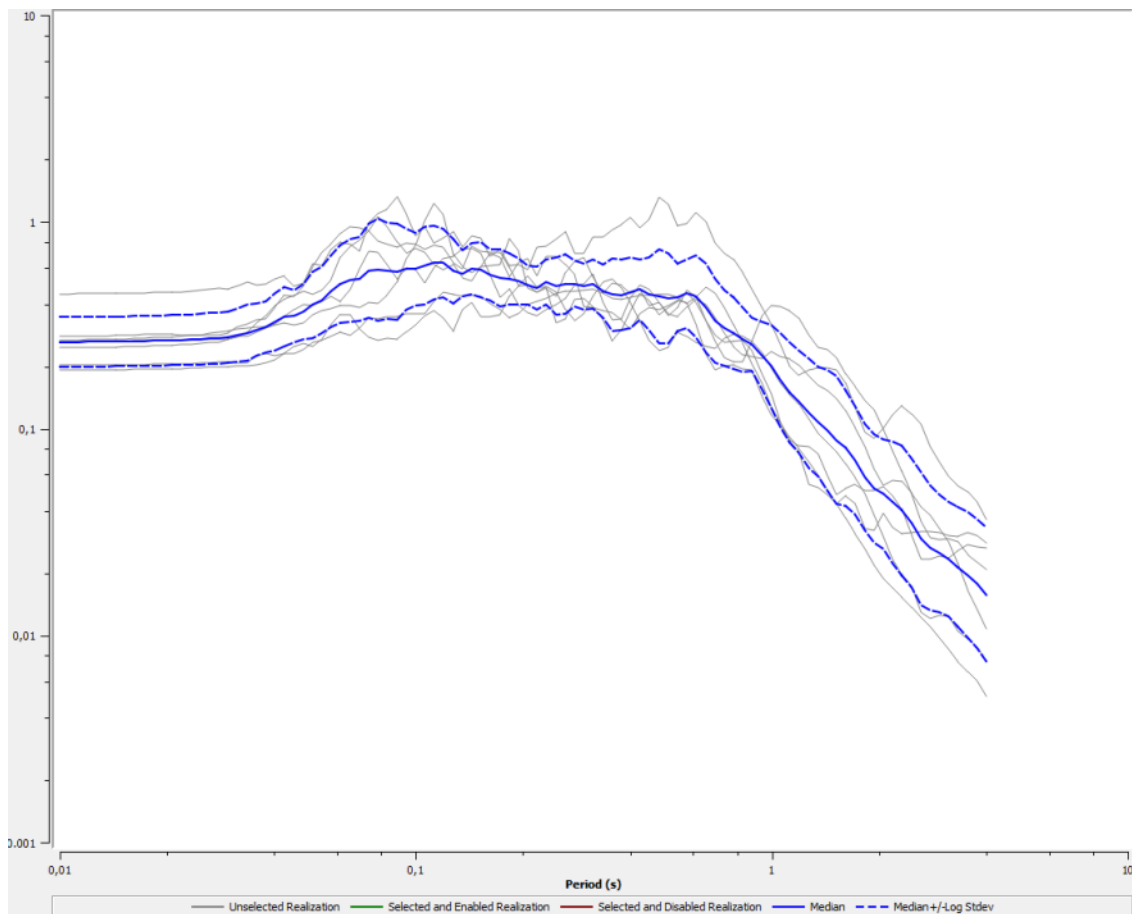
Soil Types

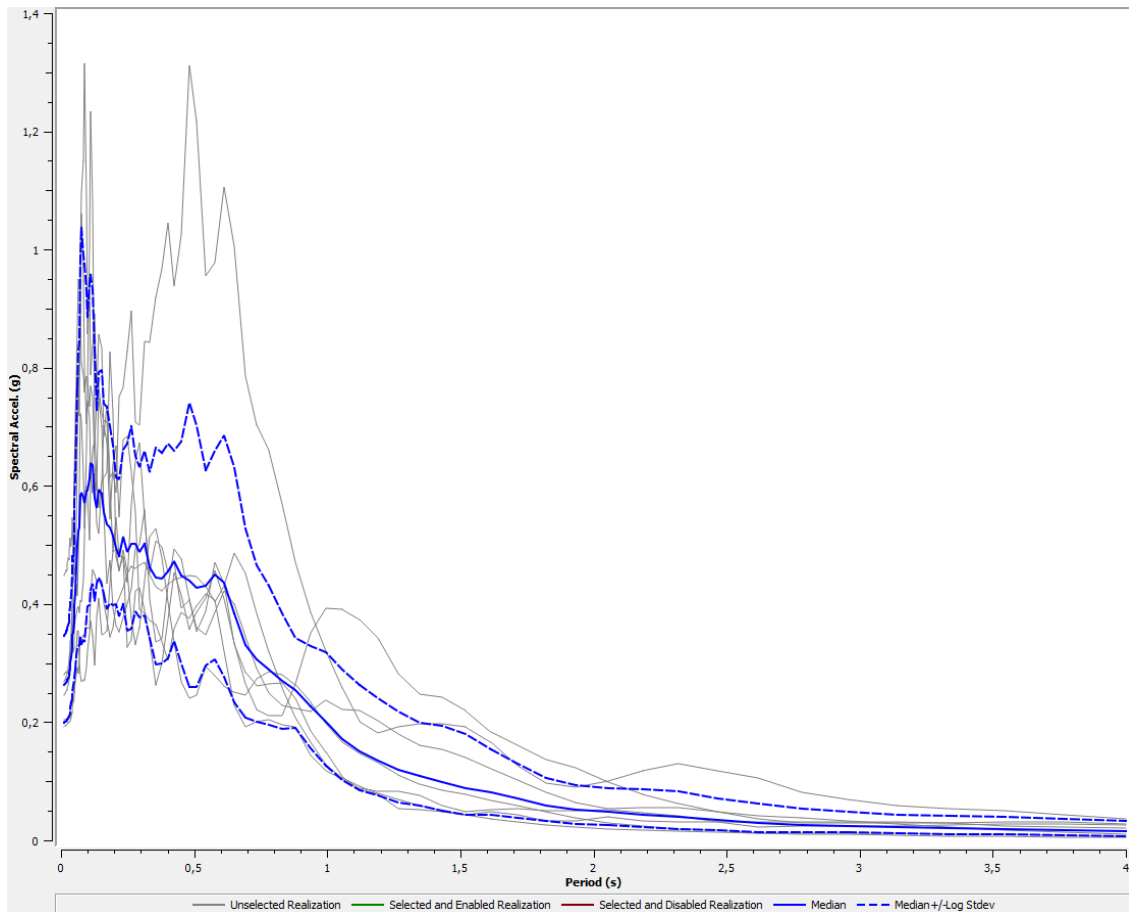
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

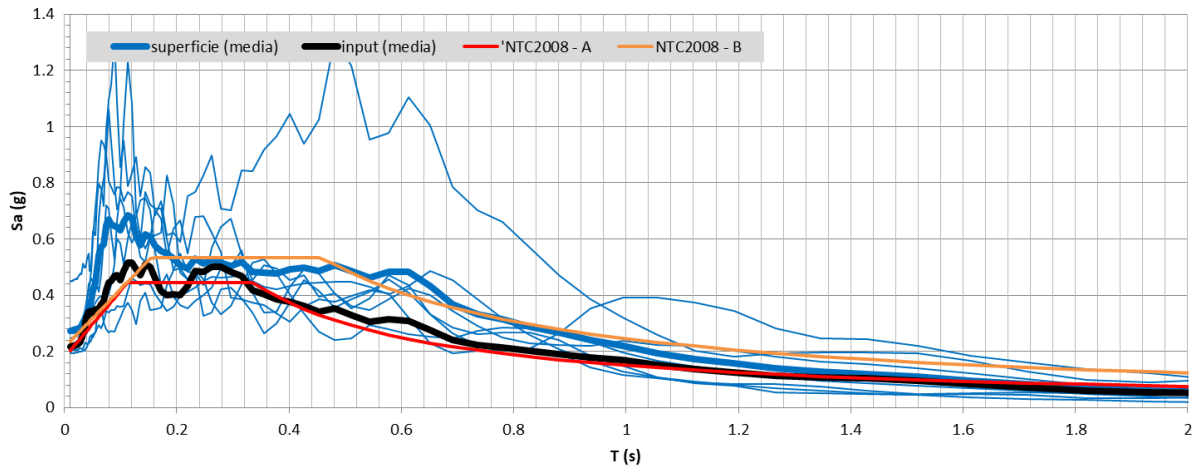
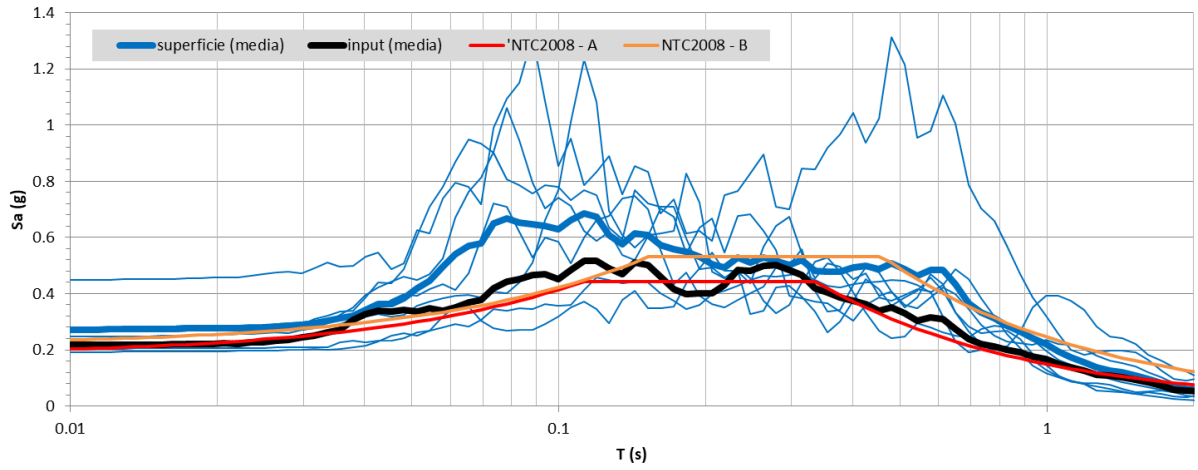
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.25	1.50	1.39
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.19	1.25	1.31
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.46	1.50	1.54
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.32	1.39	1.46

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	133
--	--	-----

Modello verticale med

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	6.50	SM (tf)	200.00
2	6.50	70.00	ALS	500.00
3	76.50	Half-Space	Bedrock	800.00

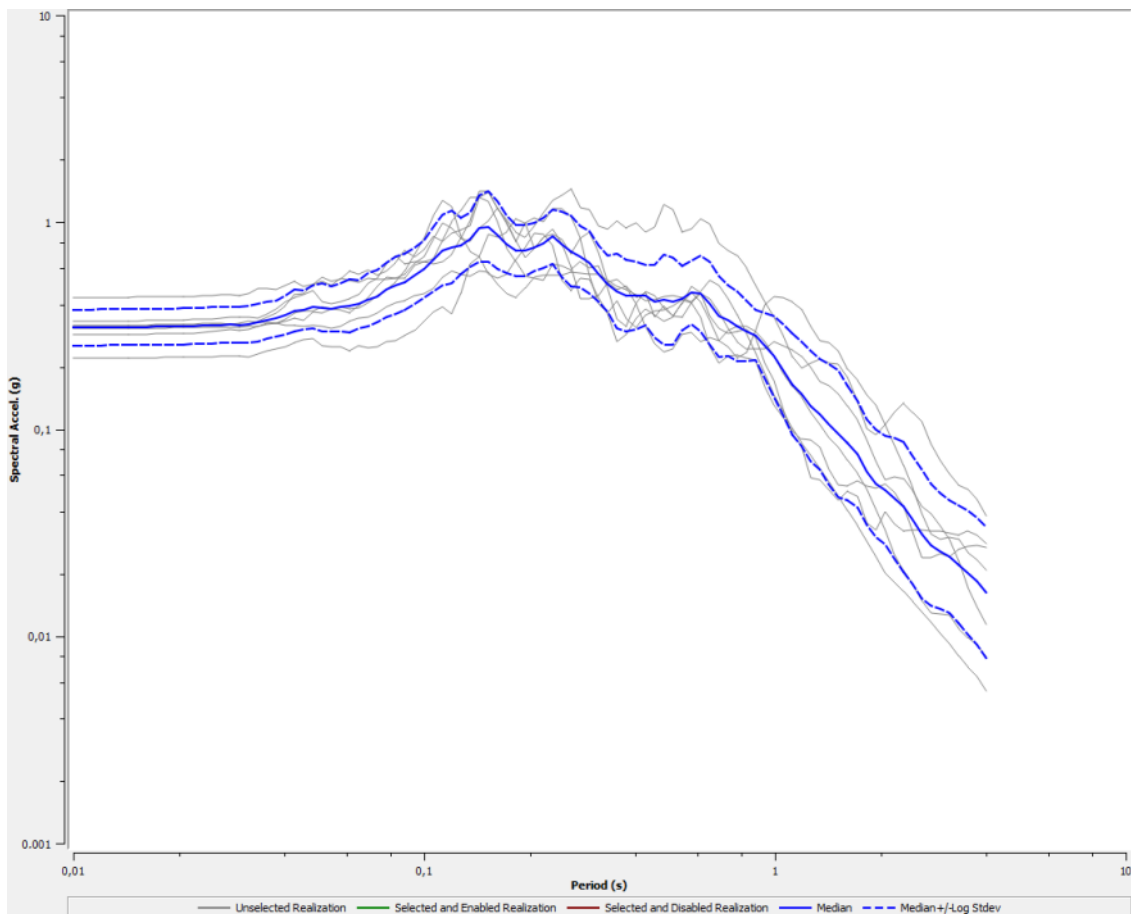
Soil Types

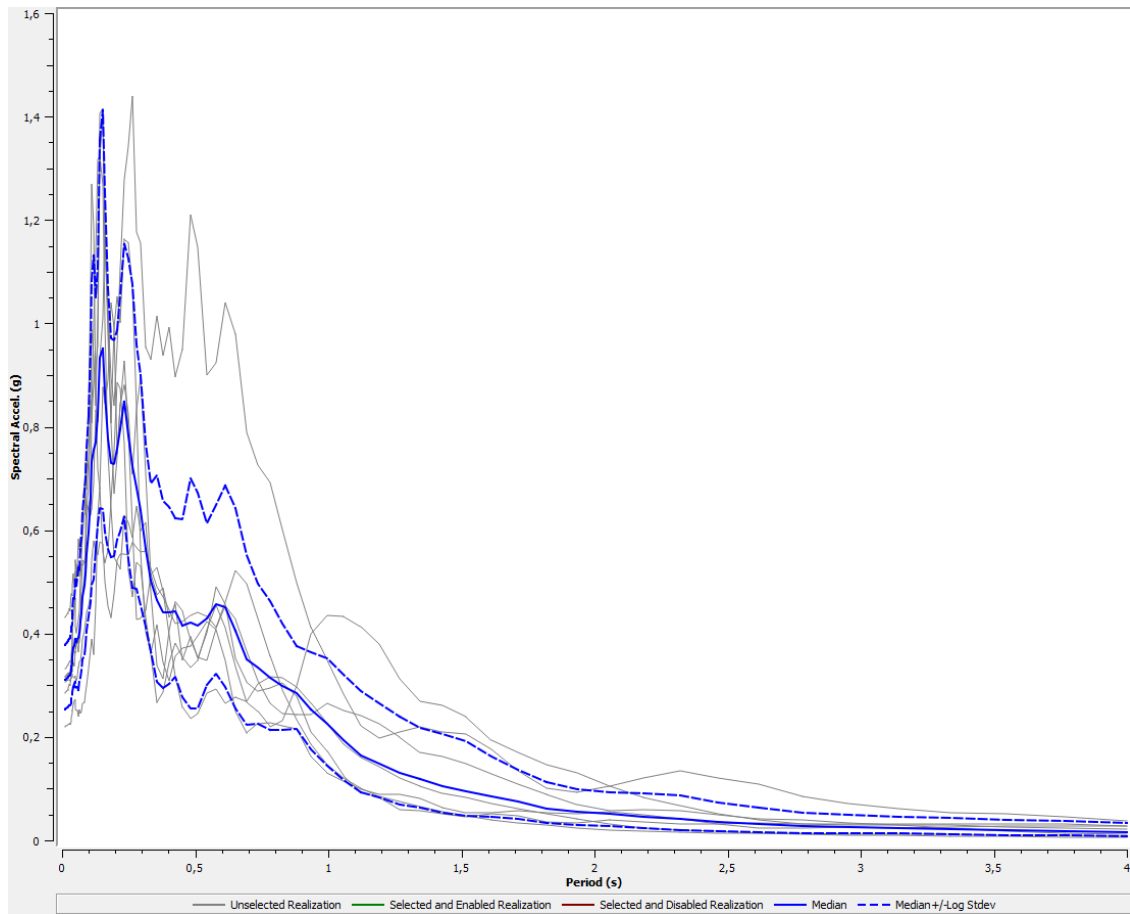
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

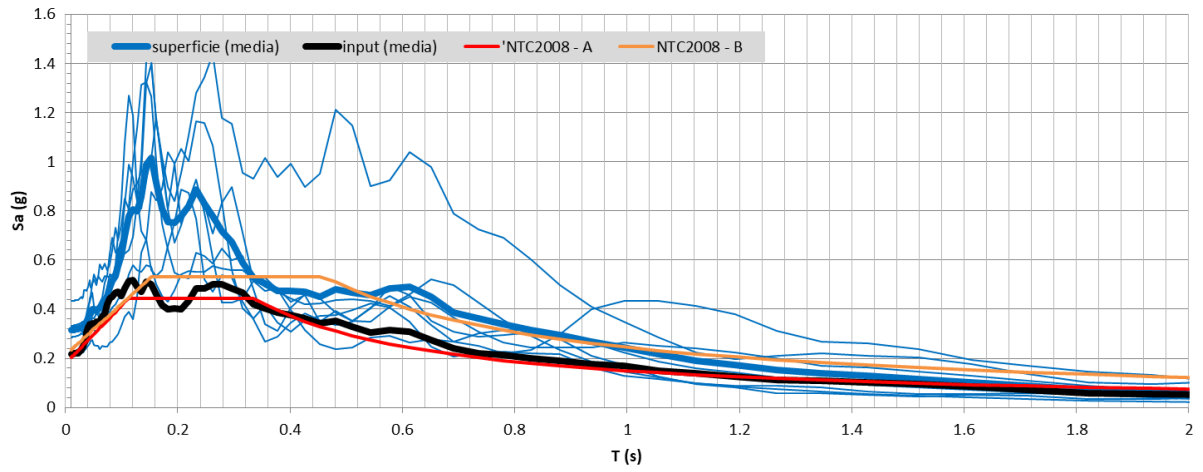
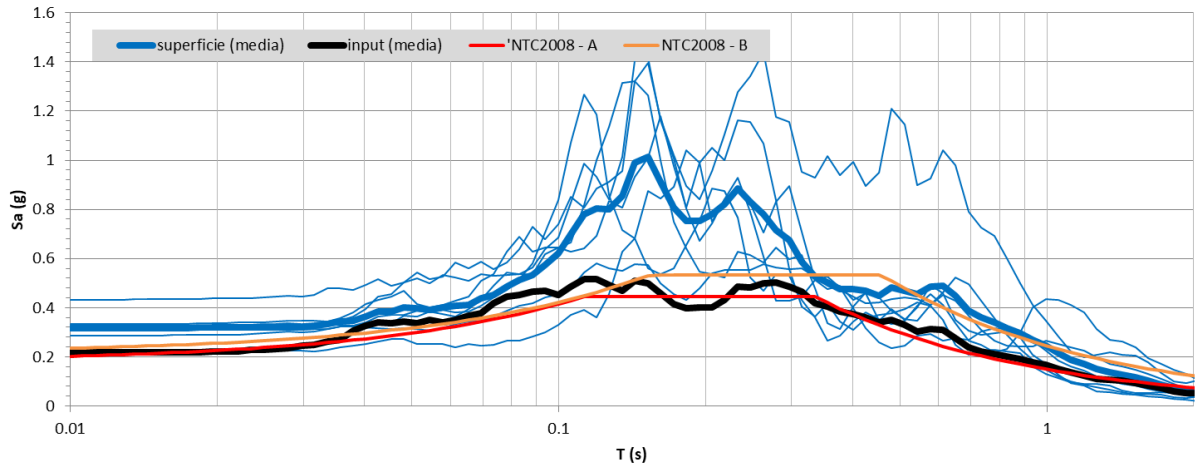
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.55	1.52	1.54
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.44	1.55	1.67
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.44	1.52	1.61
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.46	1.54	1.62

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	136
--	--	-----

Modello verticale max

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	10.00	SM (tf)	200.00
2	10.00	80.00	ALS	500.00
3	90.00	Half-Space	Bedrock	800.00

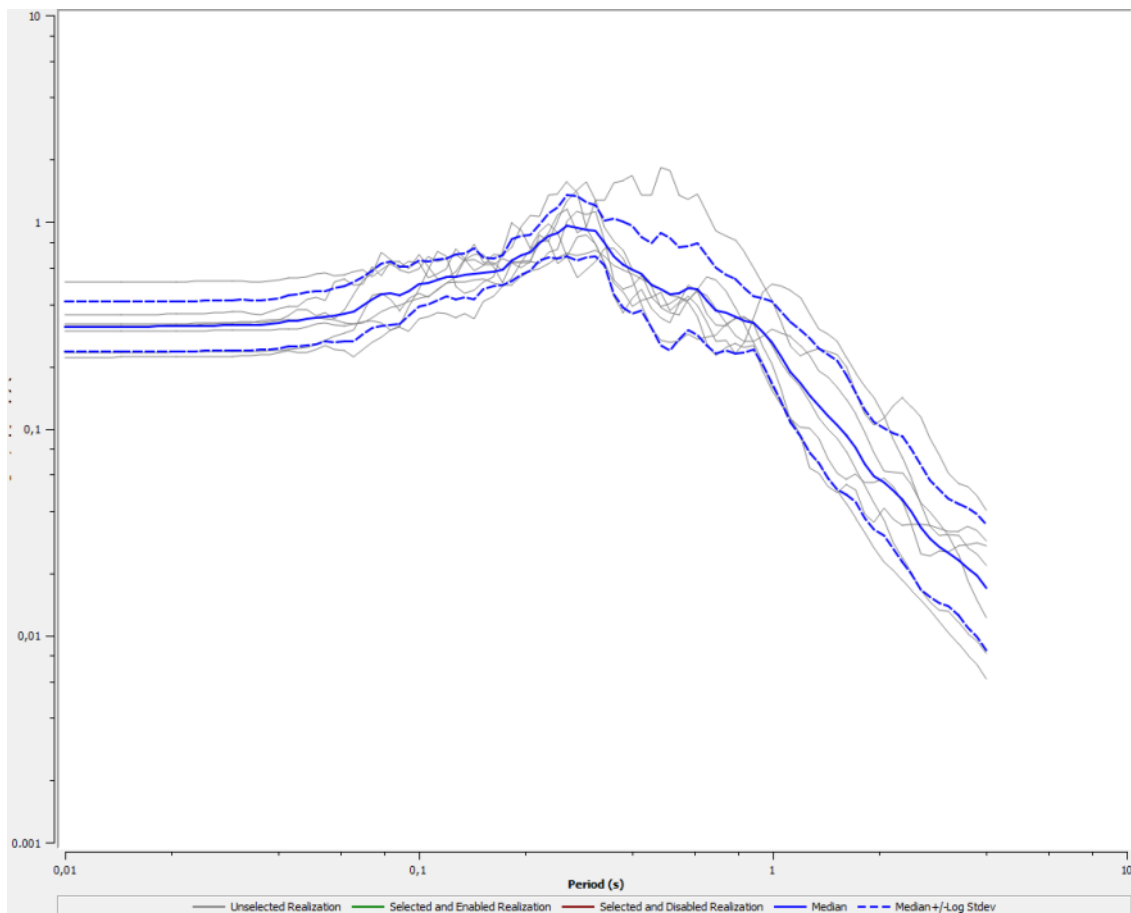
Soil Types

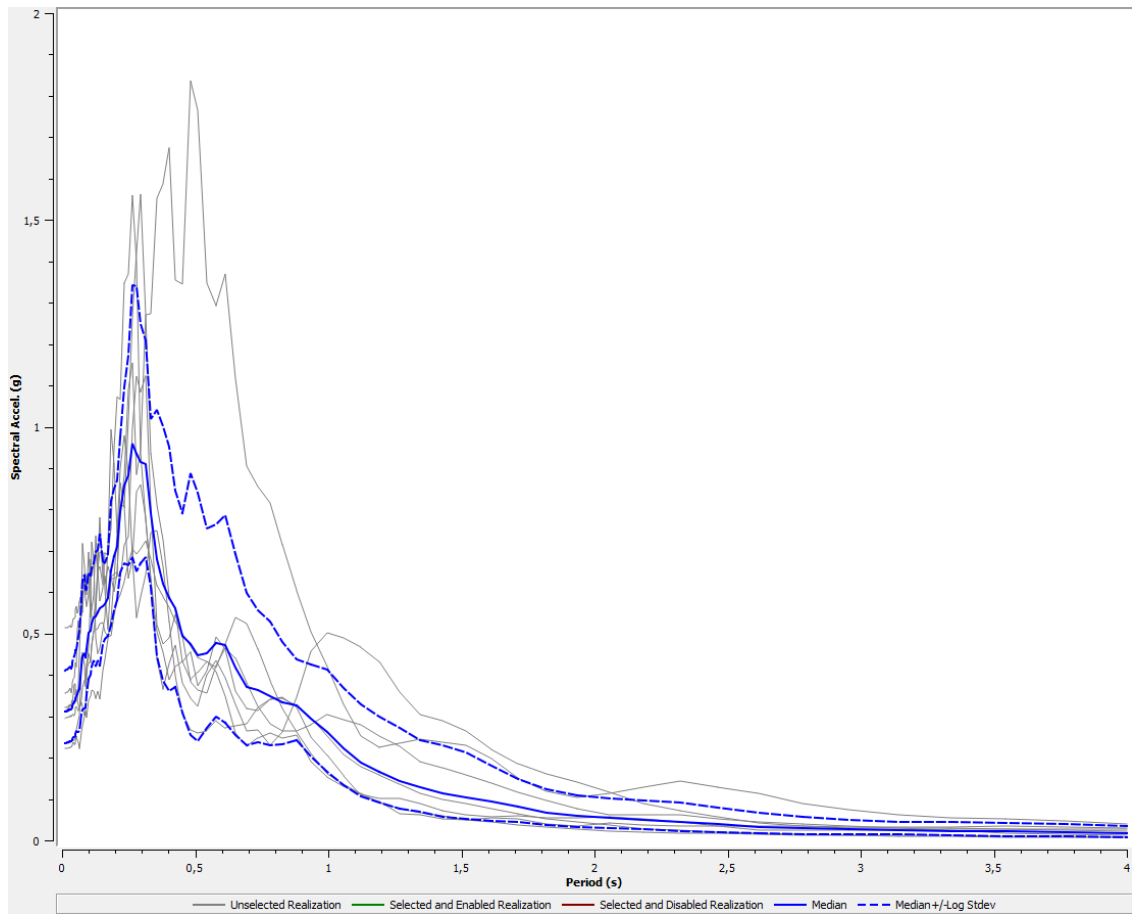
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS - MARCHE 2	ALS - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	Substrato fratturato (lineare)	22.50	Substrato fratturato	Substrato fratturato	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock
8	Substrato fortemente alterato	22.00	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	Marcellini et al. (1995) - Costanzo (2007)	peso di volume prossimo al limite inferiore del bedrock

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

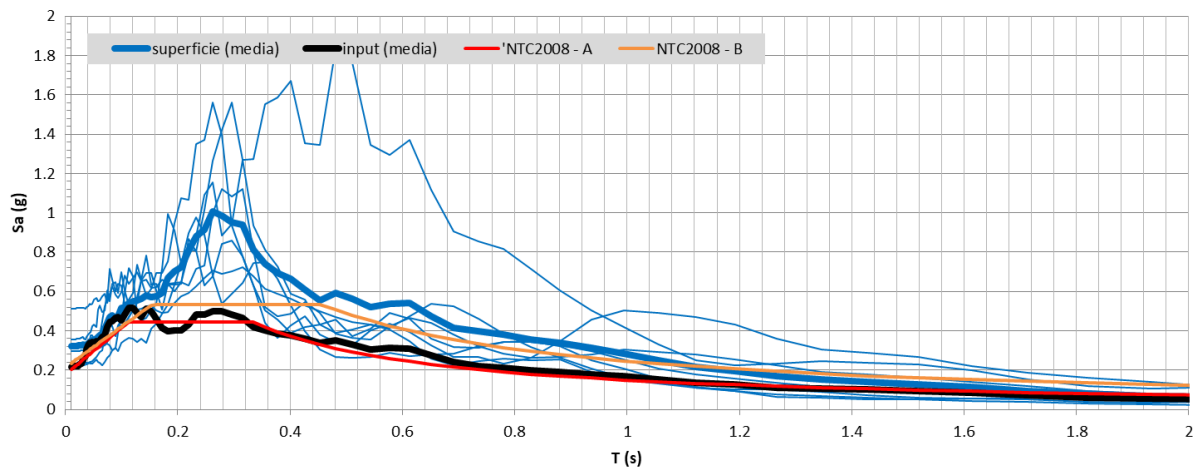
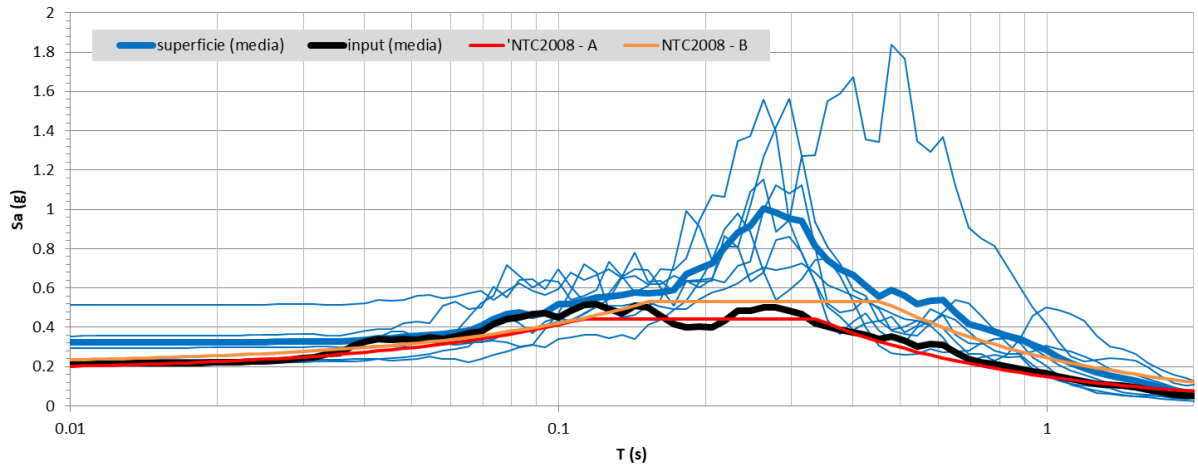
FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.71	1.68	1.74
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.57	1.71	1.87
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.56	1.68	1.81
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.64	1.74	1.84

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	139
--	--	-----

Estrazione degli accelerogrammi

Come già scritto in premessa si sono estratti gli accelerogrammi che hanno FA 0,1-0,5 massimo, ovvero la verticale massima:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1			
1.71	1.68	1.74			
FA 0.1-0.5					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.57	1.71	1.87			
FA 0.4-0.8					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.56	1.68	1.81			
FA 0.7-1.1					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.64	1.74	1.84			

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

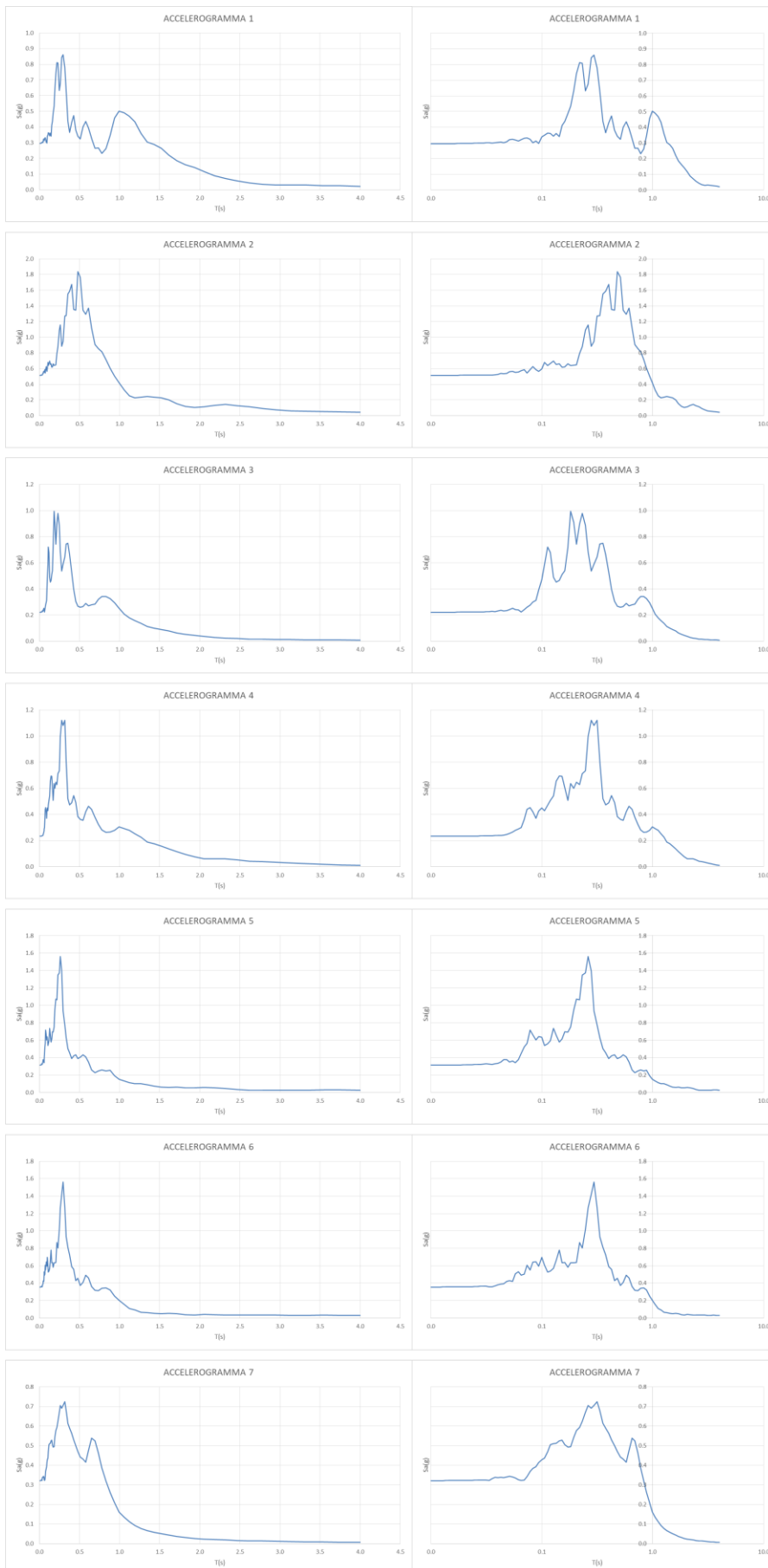
$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

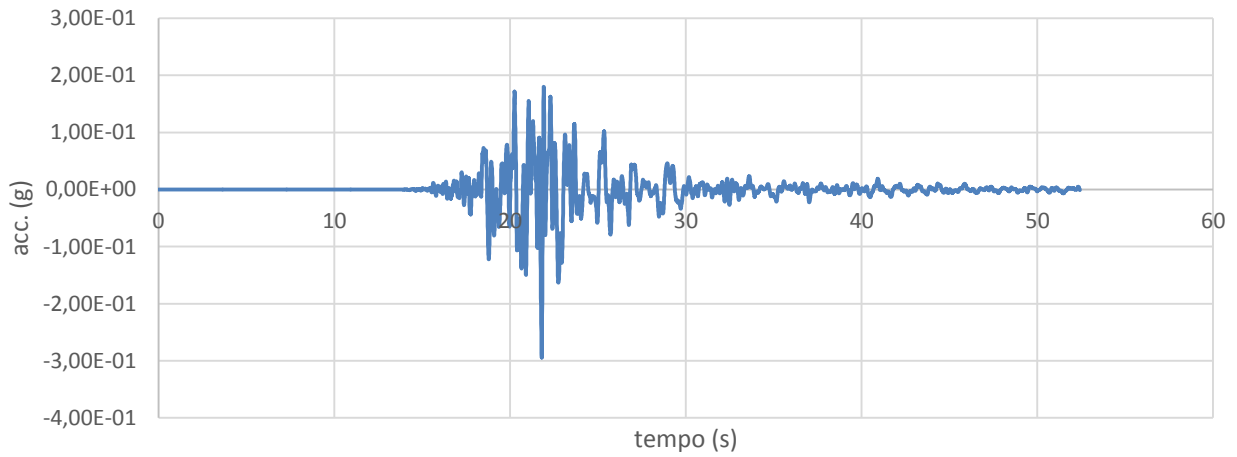
$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$

MICROZONAZIONE SISMICA

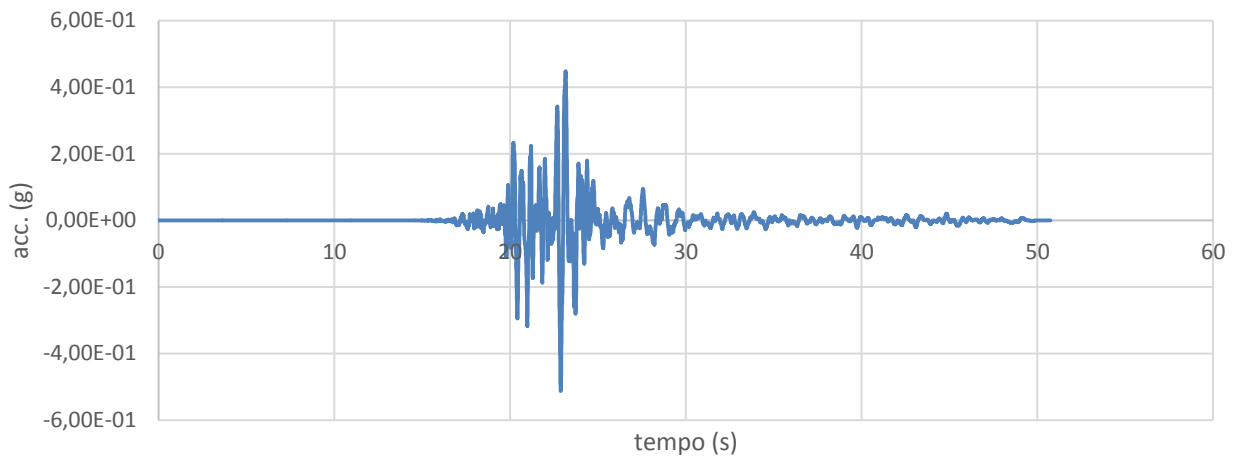
RELAZIONE ILLUSTRATIVA



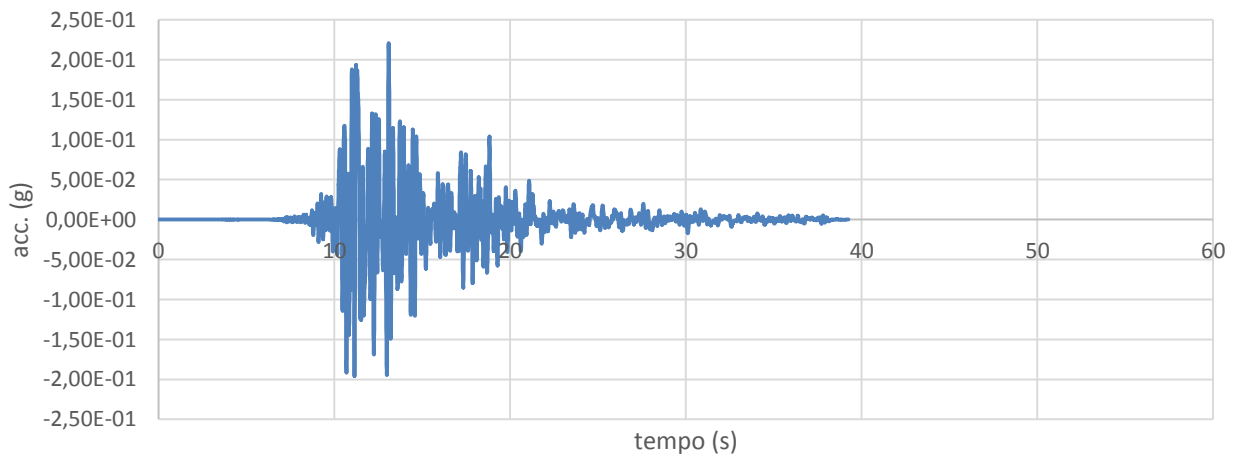
ACCELEROGRAMMA 1



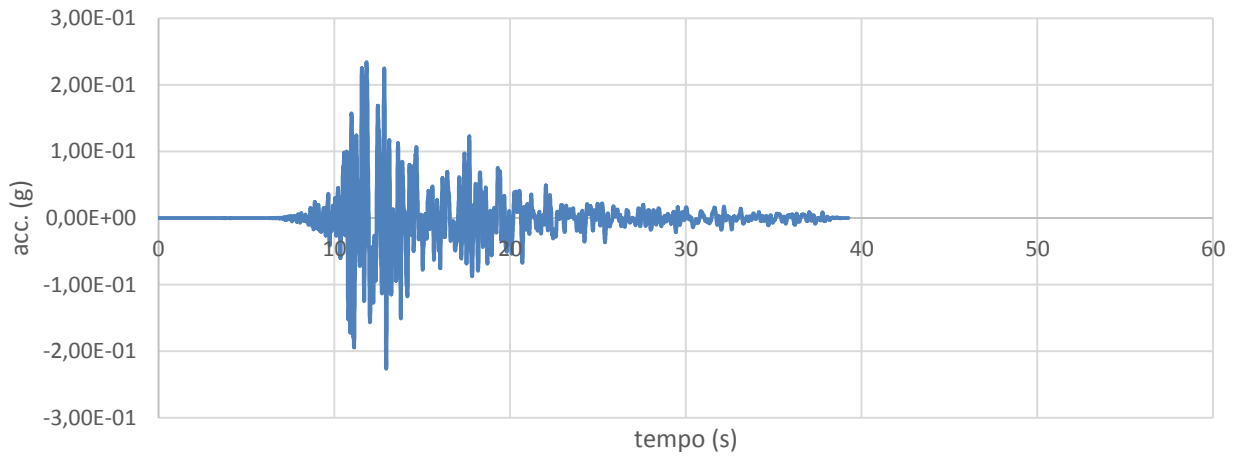
ACCELEROGRAMMA 2



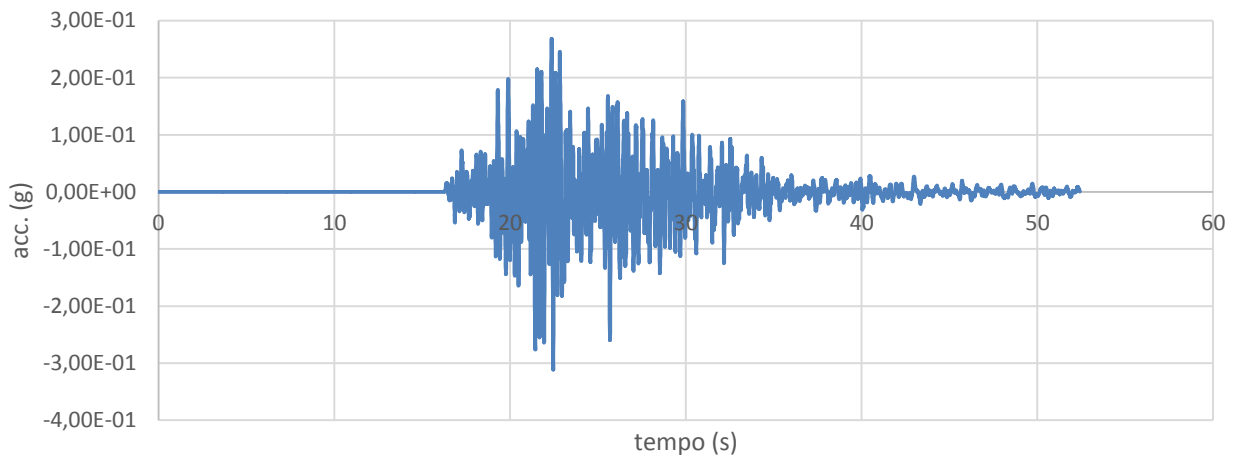
ACCELEROGRAMMA 3



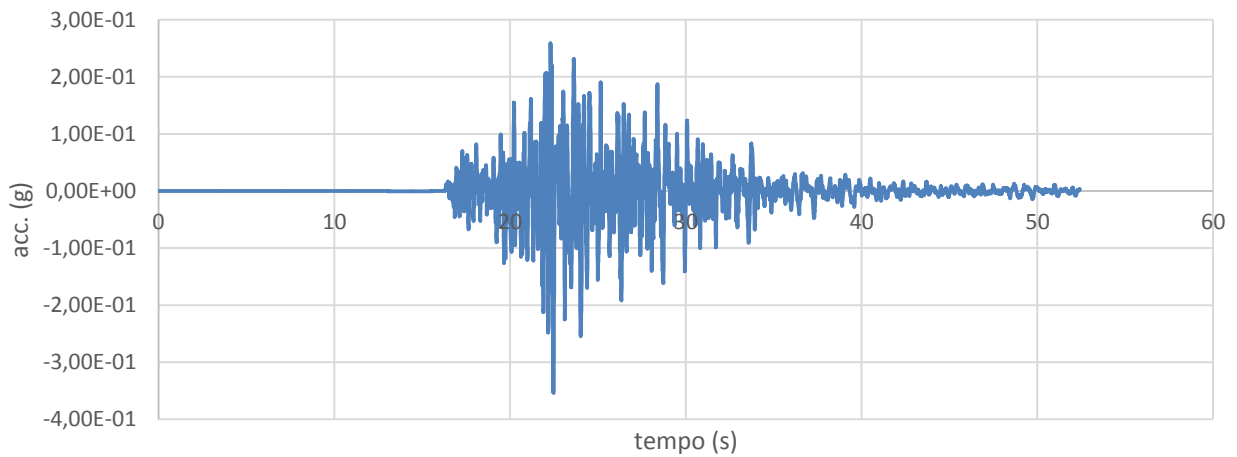
ACCELEROGRAMMA 4



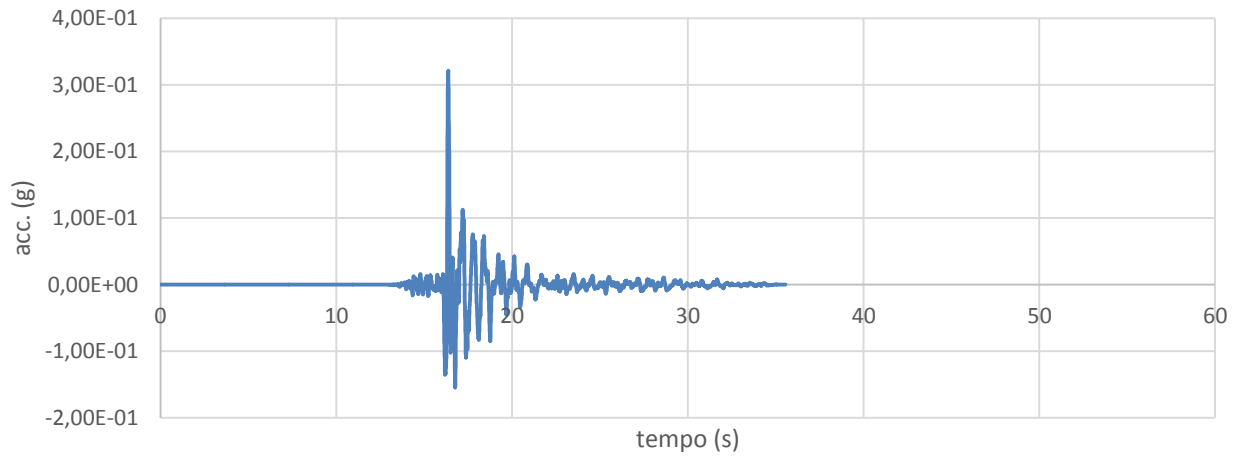
ACCELEROGRAMMA 5



ACCELEROGRAMMA 6



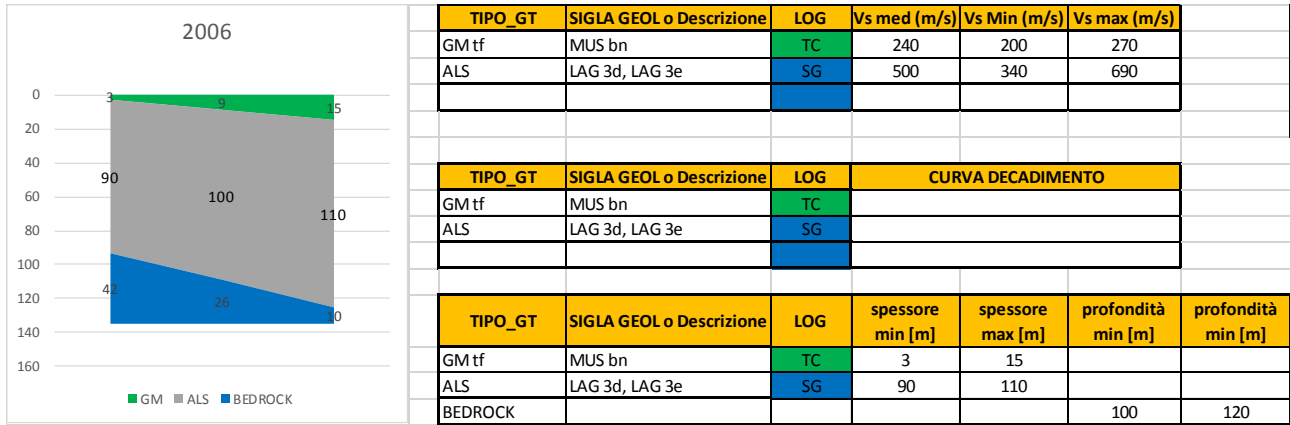
ACCELEROGRAMMA 7



7.1.3.6. MOPS 2006

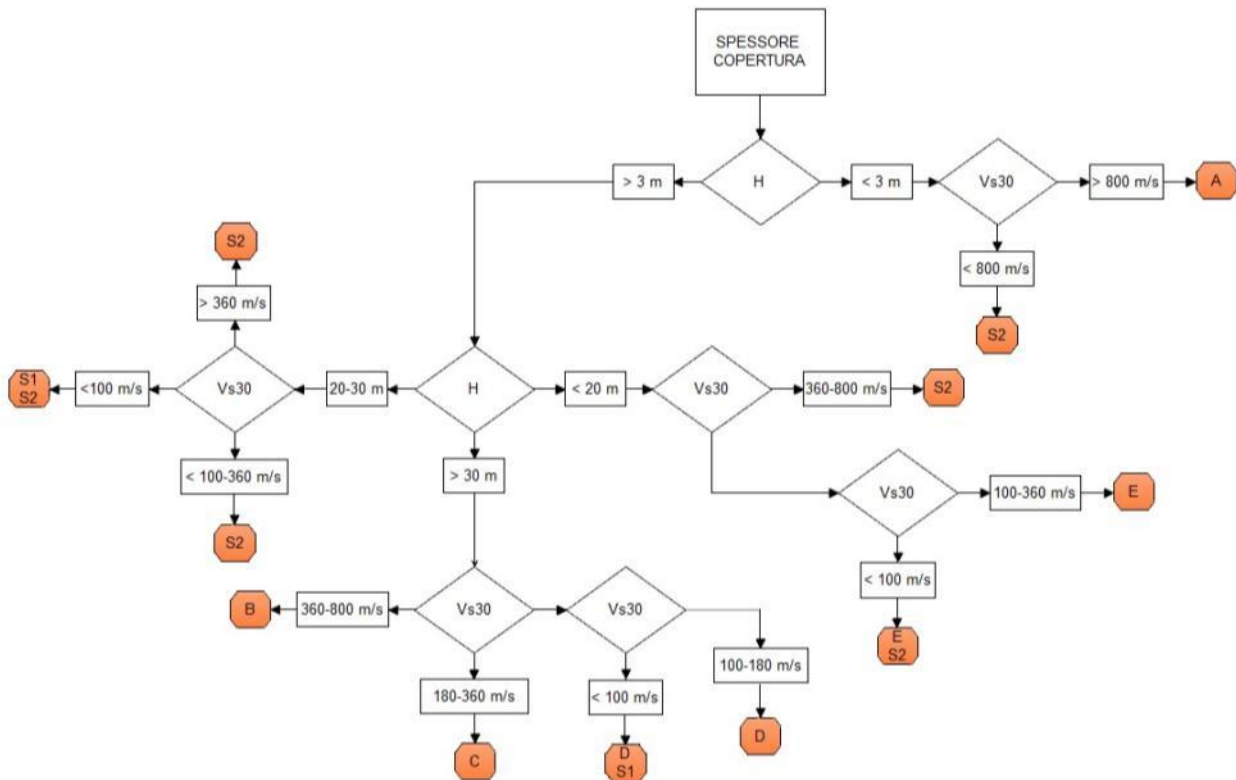
$V_{s,30}$ e suolo NTC

Come da disciplinare si deve calcolare la $V_{s,30}$:



	Hmed	Vs med
GM	9	240
ALS	21	500
Vs 30:	377	

Tali valori portano alle seguenti categorie di sottosuolo semplificate:



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	147
--	--	-----

MODELLO STRATA NON LINEARE

Modello statistico

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	9.00	GM (tf)	240.00	<input checked="" type="checkbox"/> 200.00	<input checked="" type="checkbox"/> 270.00	<input checked="" type="checkbox"/>
2	9.00	100.00	ALS	500.00	<input checked="" type="checkbox"/> 340.00	<input checked="" type="checkbox"/> 690.00	<input checked="" type="checkbox"/>
3	109.00	Half-Space	Bedrock	800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 800.00	<input checked="" type="checkbox"/> 900.00	<input checked="" type="checkbox"/>

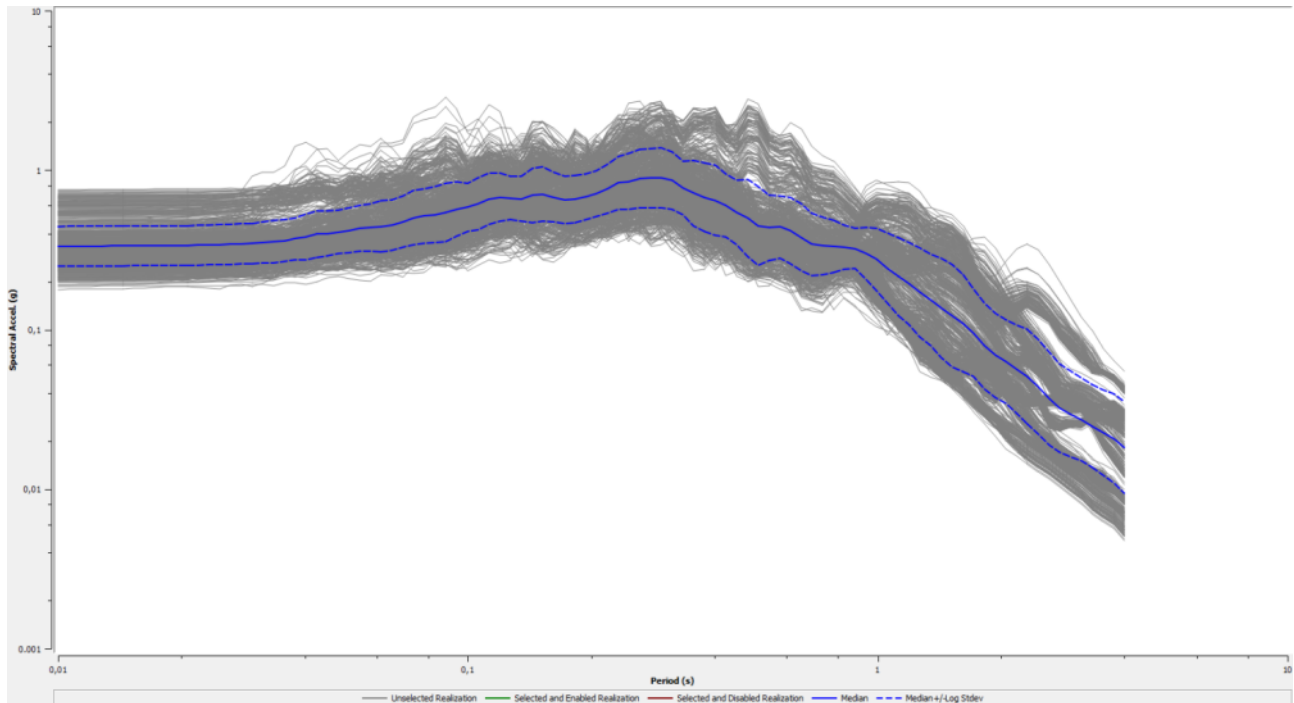
Soil Types

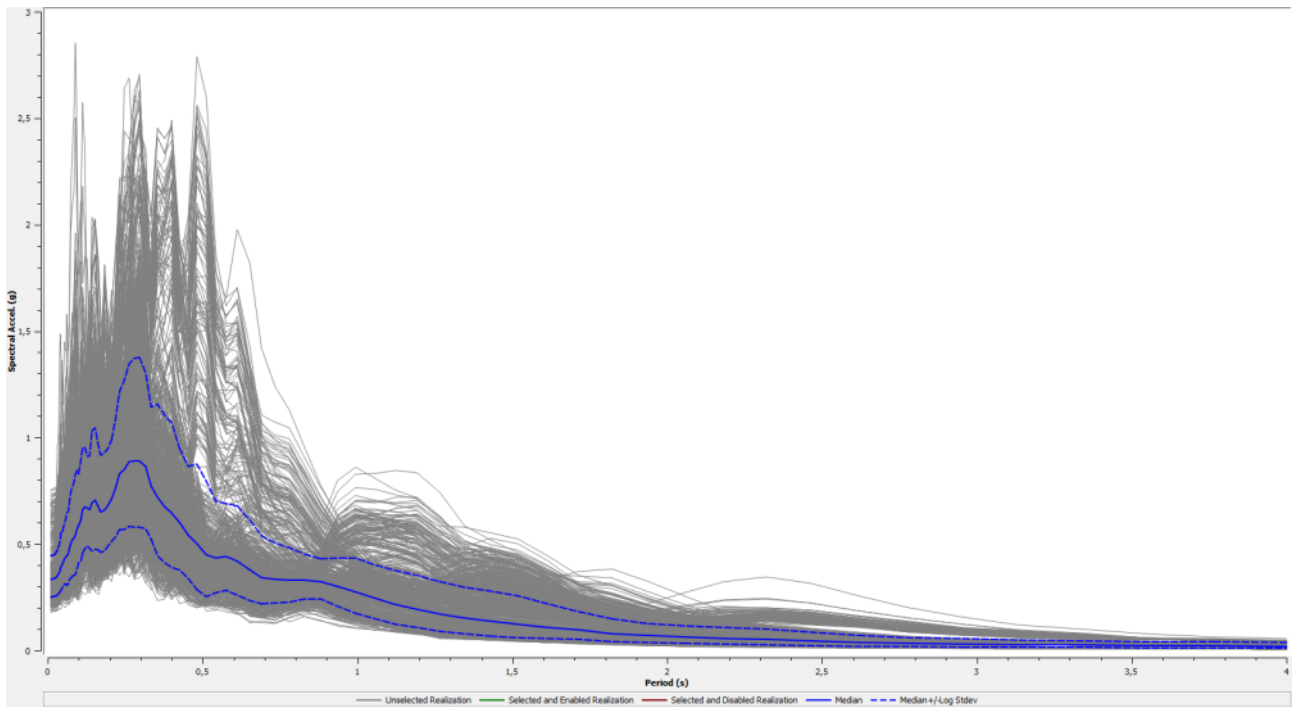
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf-MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 + 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS	ALS	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	GM (tf)	20.00	Kokusho et al., 1981 - round gravel (lower)	Kokusho et al., 1981 - round gravel (lower)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo la mediana risultante dai 100 scenari che sono stati elaborati per ogni accelerogramma.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.75	1.63	1.74

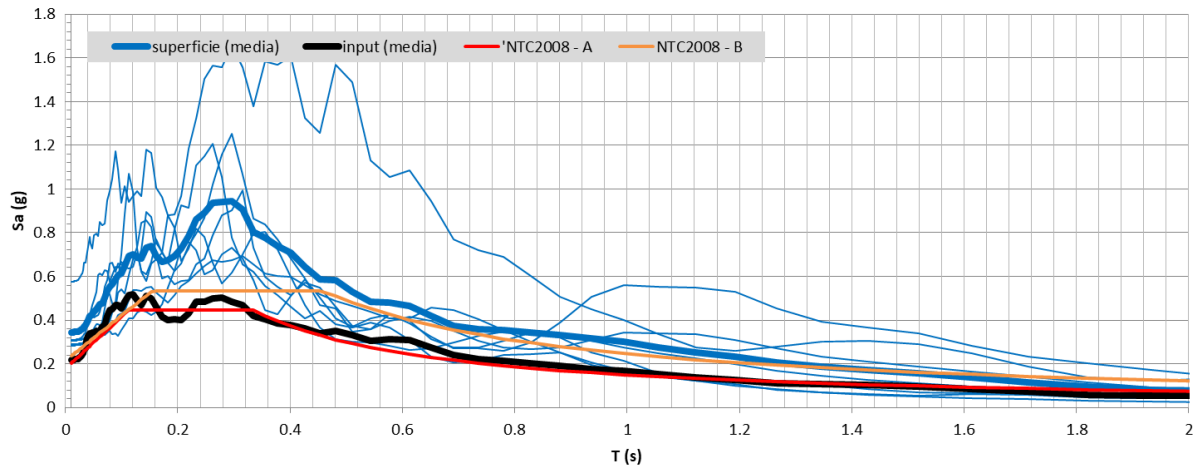
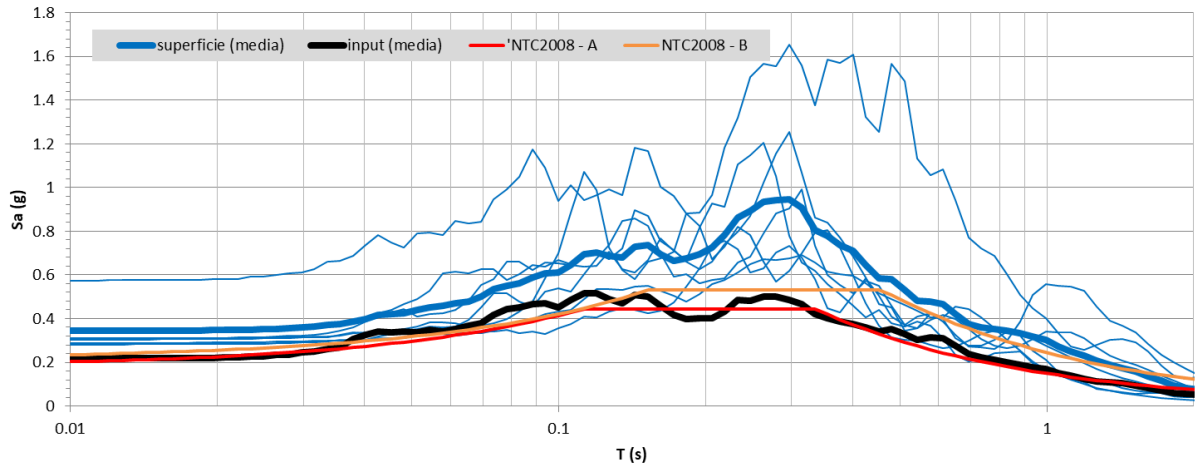
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.71	1.75	1.79
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.58	1.63	1.68
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.69	1.74	1.79

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

$$F A_{rif} = e^{m_{ln}}$$

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(F A_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	150
--	--	-----

Modello verticale min

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	3.00	GM (tf)	240.00
2	3.00	90.00	ALS	500.00
3	93.00	Half-Space	Bedrock	800.00

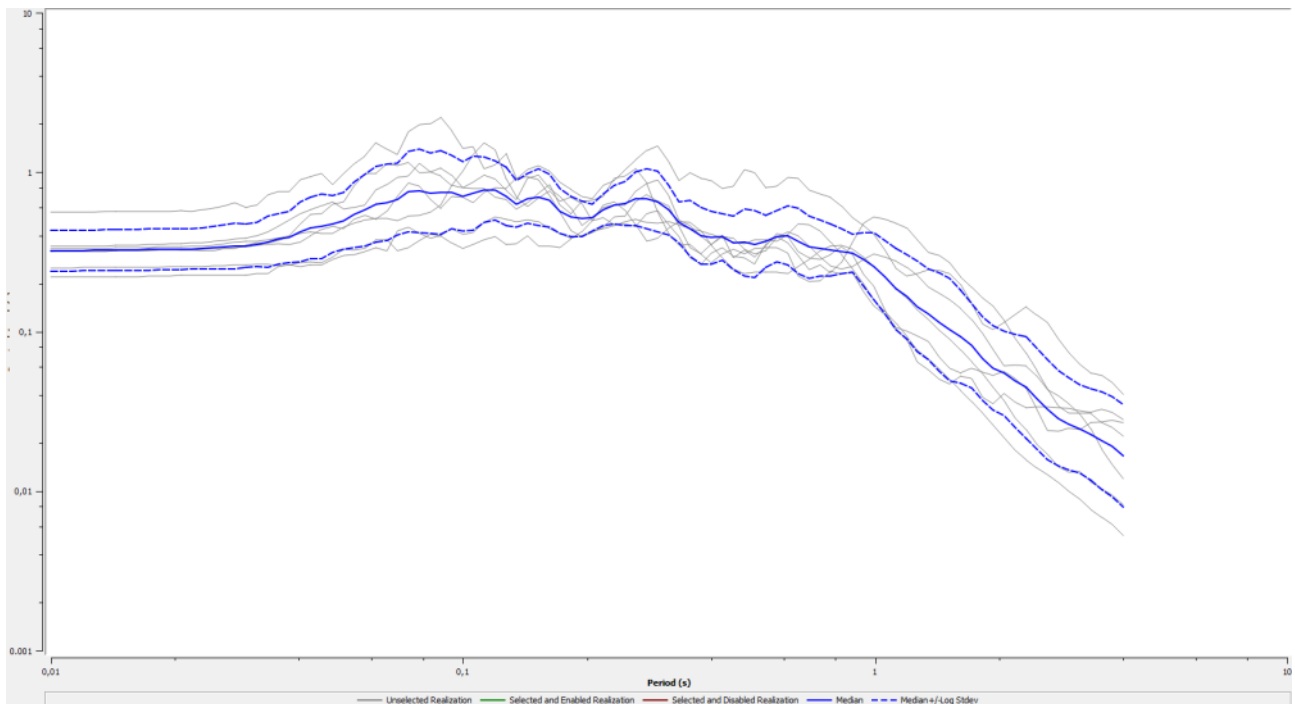
Soil Types

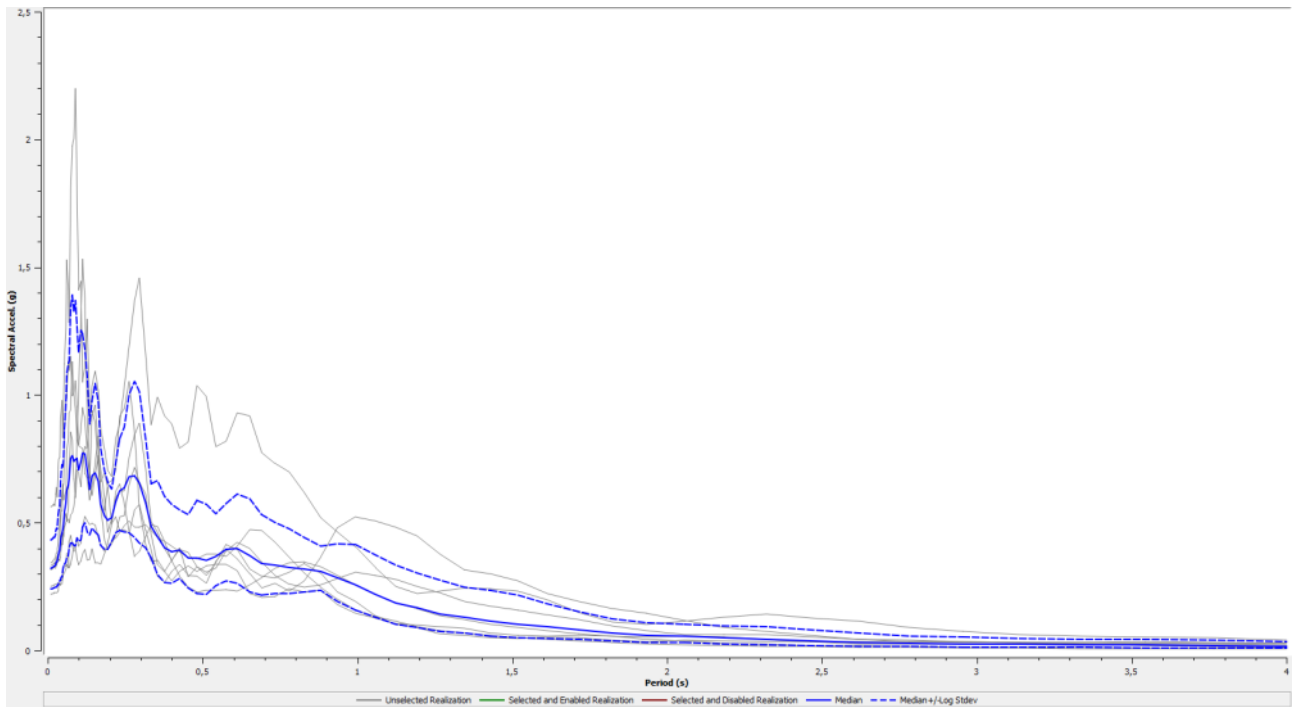
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf-MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 - 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS	ALS	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	GM (tf)	20.00	Kokusho et al., 1981 - round gravel (lower)	Kokusho et al., 1981 - round gravel (lower)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare



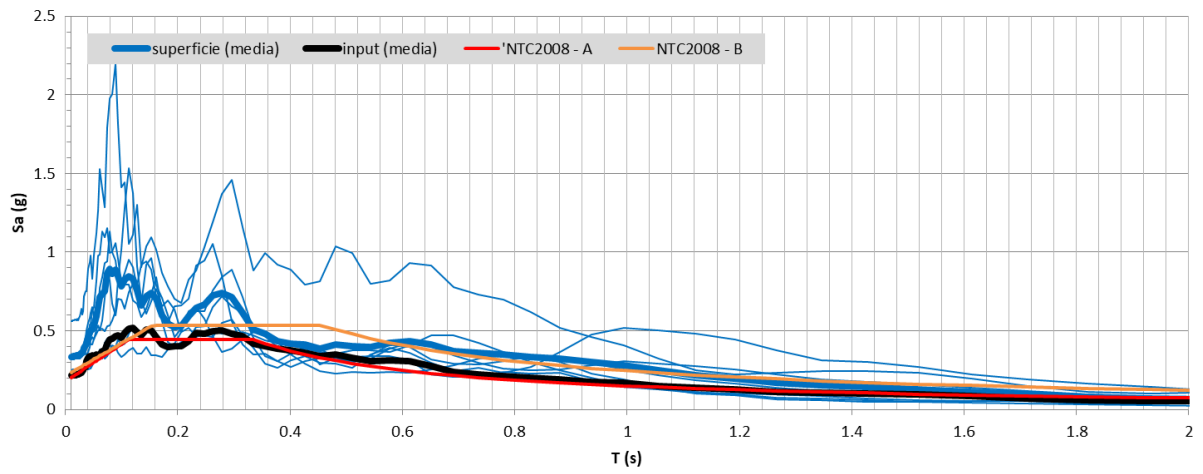
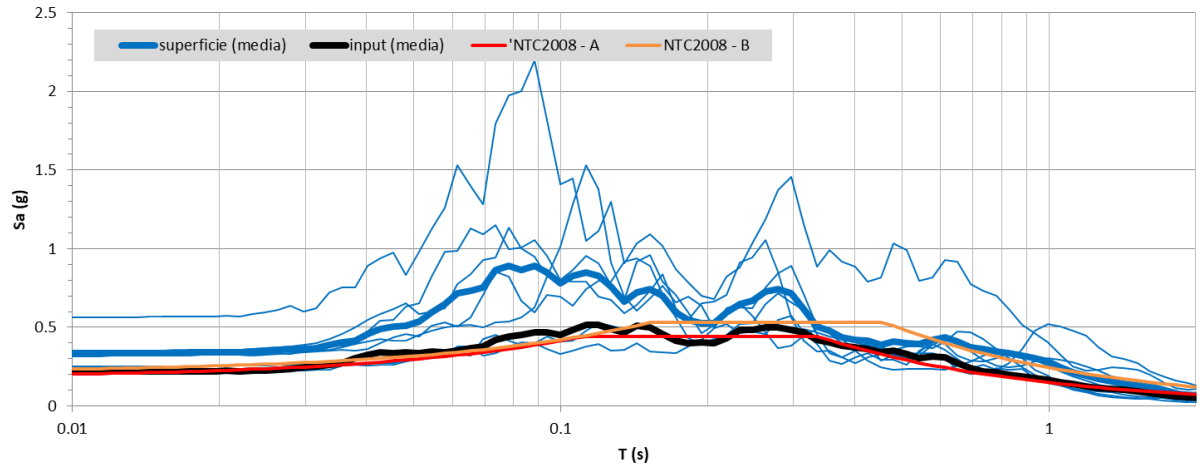


Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1			
1.33	1.40	1.66			
FA 0.1-0.5					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.28	1.33	1.39			
FA 0.4-0.8					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.32	1.40	1.48			
FA 0.7-1.1					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.62	1.66	1.70			

$m_{ln} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \ln(FA_i)$	
$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$	
$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$	
$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$	



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	153
--	--	-----

Modello verticale med

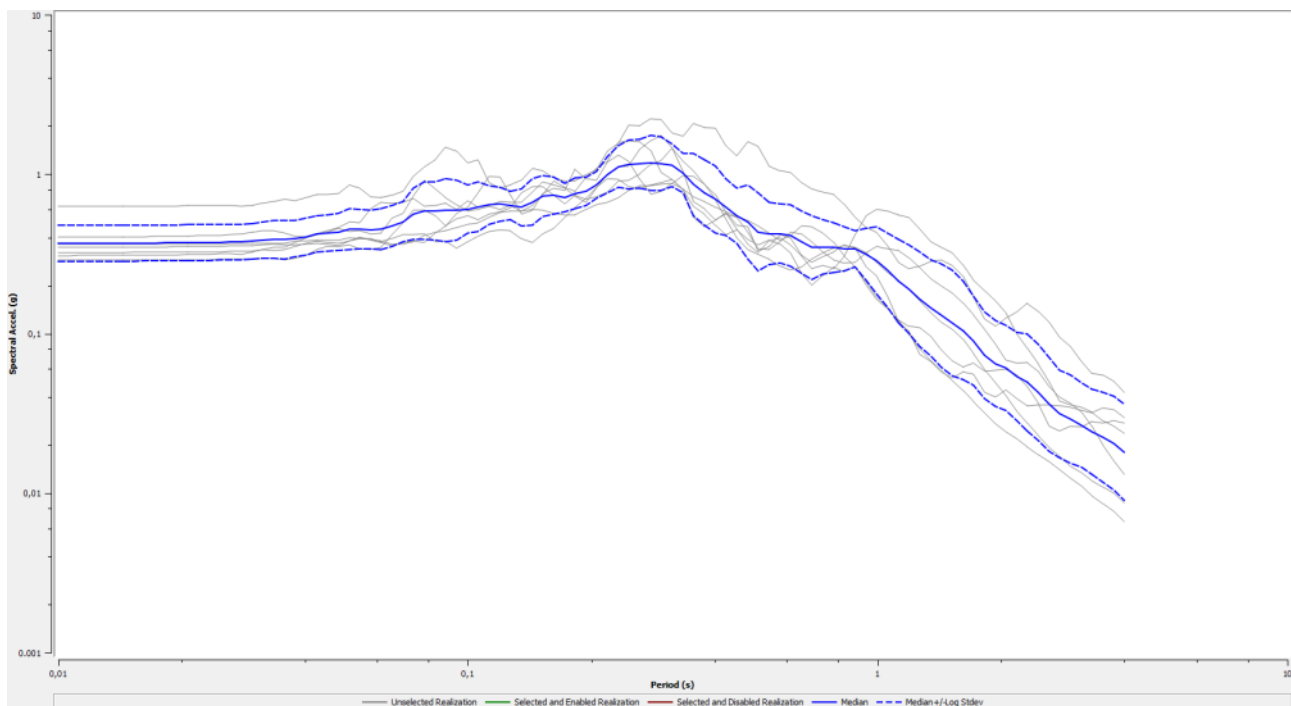
Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

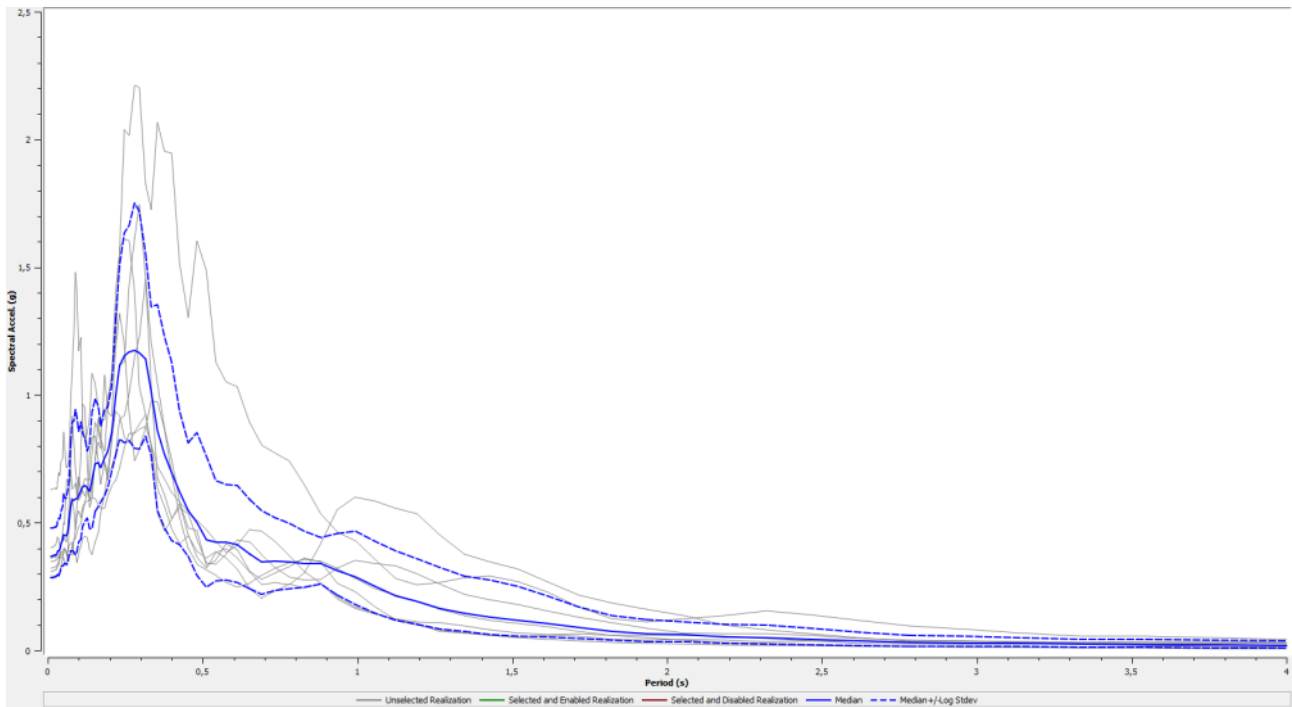
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	9.00	GM (tf)	240.00
2	9.00	100.00	ALS	500.00
3	109.00	Half-Space	Bedrock	800.00

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf-MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 + 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS	ALS	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	GM (tf)	20.00	Kokusho et al., 1981 - round gravel (lower)	Kokusho et al., 1981 - round gravel (lower)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³

Bedrock Layer
Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
2.04	1.65	1.81

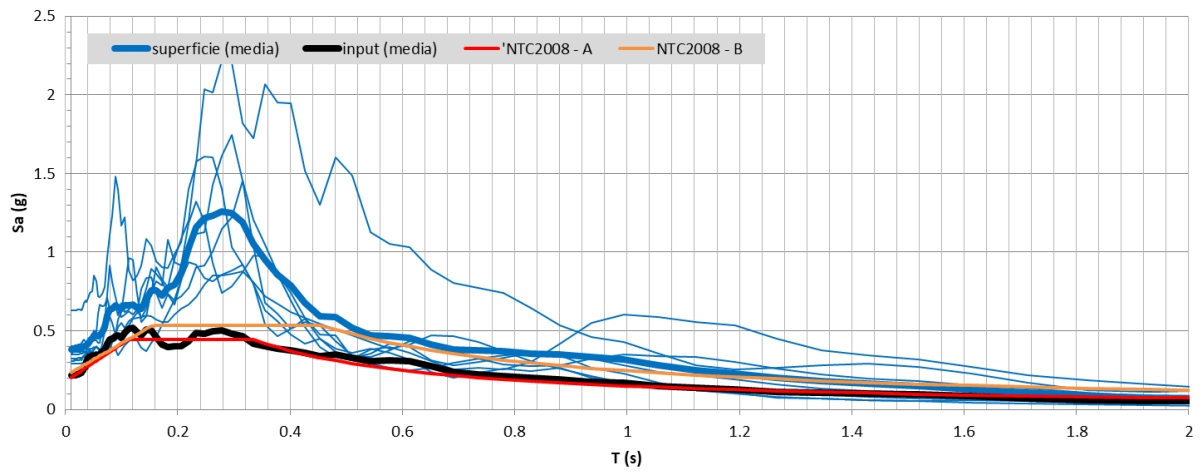
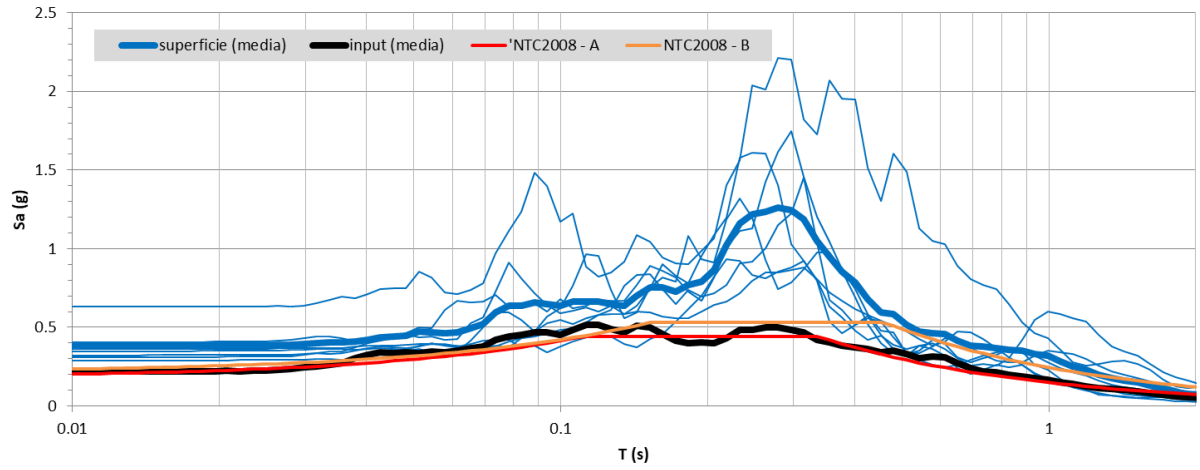
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.97	2.04	2.12
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.57	1.65	1.73
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.76	1.81	1.85

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	156
--	--	-----

Modello verticale max

Per il modello non lineare si sono adottate le seguenti impostazioni:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	15.00	GM (tf)	240.00
2	15.00	110.00	ALS	500.00
3	125.00	Half-Space	Bedrock	800.00

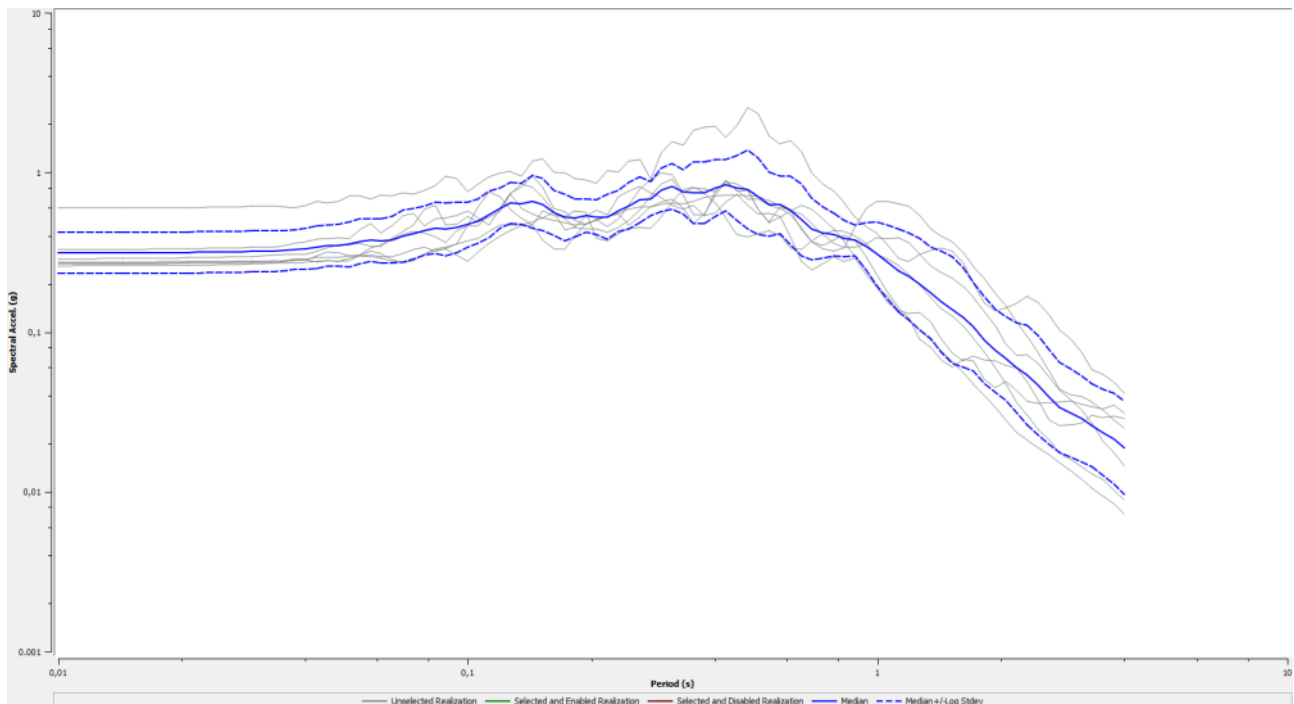
Soil Types

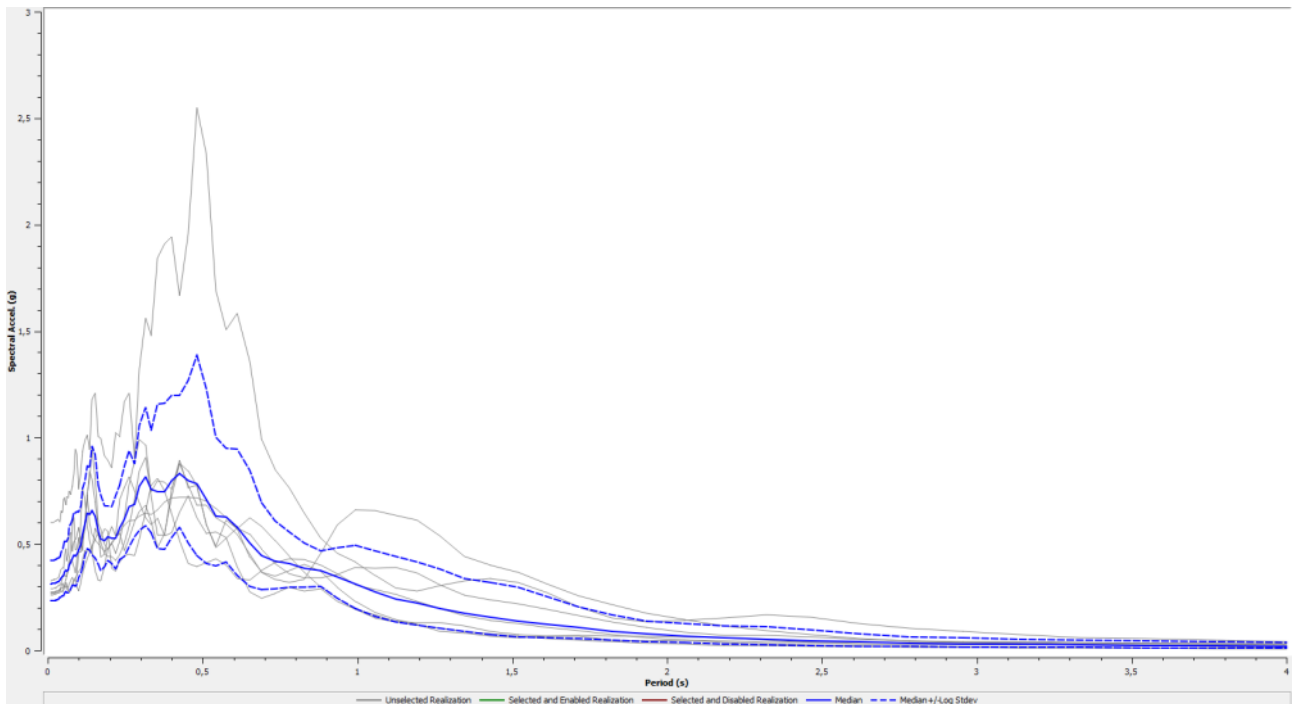
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	GW (tf)	20.00	GWtf - MARCHE 2	GWtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.0 ÷ 20.5 kN/m ³
2	SM (tf)	21.00	SMtf - MARCHE 2	SMtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 21-22 kN/m ³
3	ML (tf)	20.00	MLtf - MARCHE 2	MLtf - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 20.5-21.5 kN/m ³
4	ML (ec)	19.50	MLec - MARCHE 2	MLec - MARCHE 2	peso di volume variabile tra 19.5-20.5 kN/m ³
5	ALS	21.00	ALS	ALS	peso di volume variabile tra 20-23 kN/m ³
6	Rollins et al. (1998) (GW, GP, GM, GC)	20.00	Rollins et al. (1998)	Rollins et al. (1998)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³
7	GM (tf)	20.00	Kokusho et al., 1981 - round gravel (lower)	Kokusho et al., 1981 - round gravel (lower)	peso di volume variabile tra 19-20.5 kN/m ³

Bedrock Layer

Unit weight: 23,00 kN/m³ Damping: 0,50 %

Acceleration Response Spectrum – location 0,00 m, sia in scala logaritmica che in scala lineare





Il calcolo degli FA è stato fatto inserendo i 7 accelerogrammi.

Calcolo degli FA:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.74	2.26	2.05

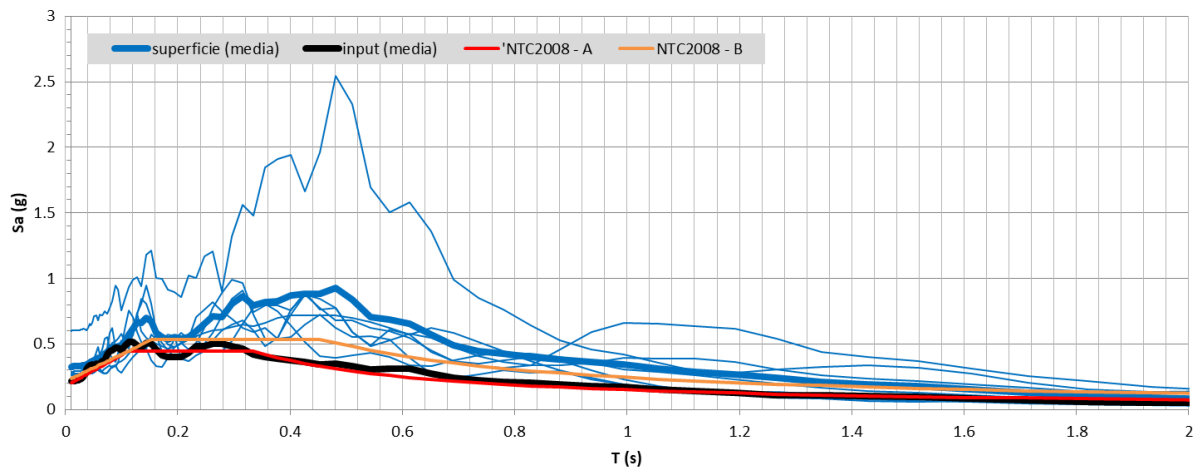
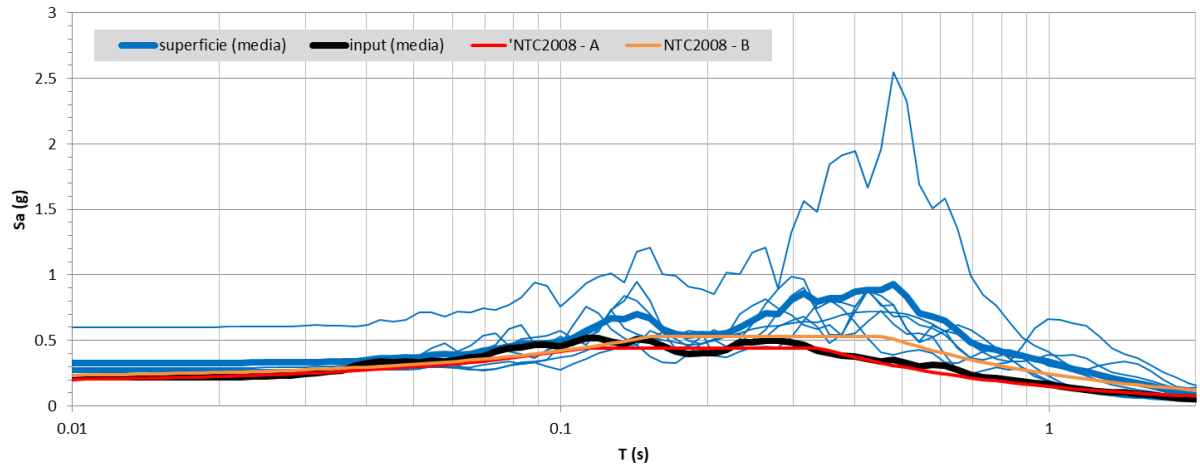
FA 0.1-0.5		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.58	1.74	1.91
FA 0.4-0.8		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
2.21	2.26	2.31
FA 0.7-1.1		
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$
1.93	2.05	2.18

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

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

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	159
--	--	-----

Estrazione degli accelerogrammi

Come già scritto in premessa si sono estratti gli accelerogrammi che hanno FA 0,1-0,5 massimo, ovvero la verticale media:

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1			
2.04	1.65	1.81			
FA 0.1-0.5					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.97	2.04	2.12			
FA 0.4-0.8					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.57	1.65	1.73			
FA 0.7-1.1					
$e^{m_{ln}-s_{ln}}$	$e^{m_{ln}}$	$e^{m_{ln}+s_{ln}}$			
1.76	1.81	1.85			

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

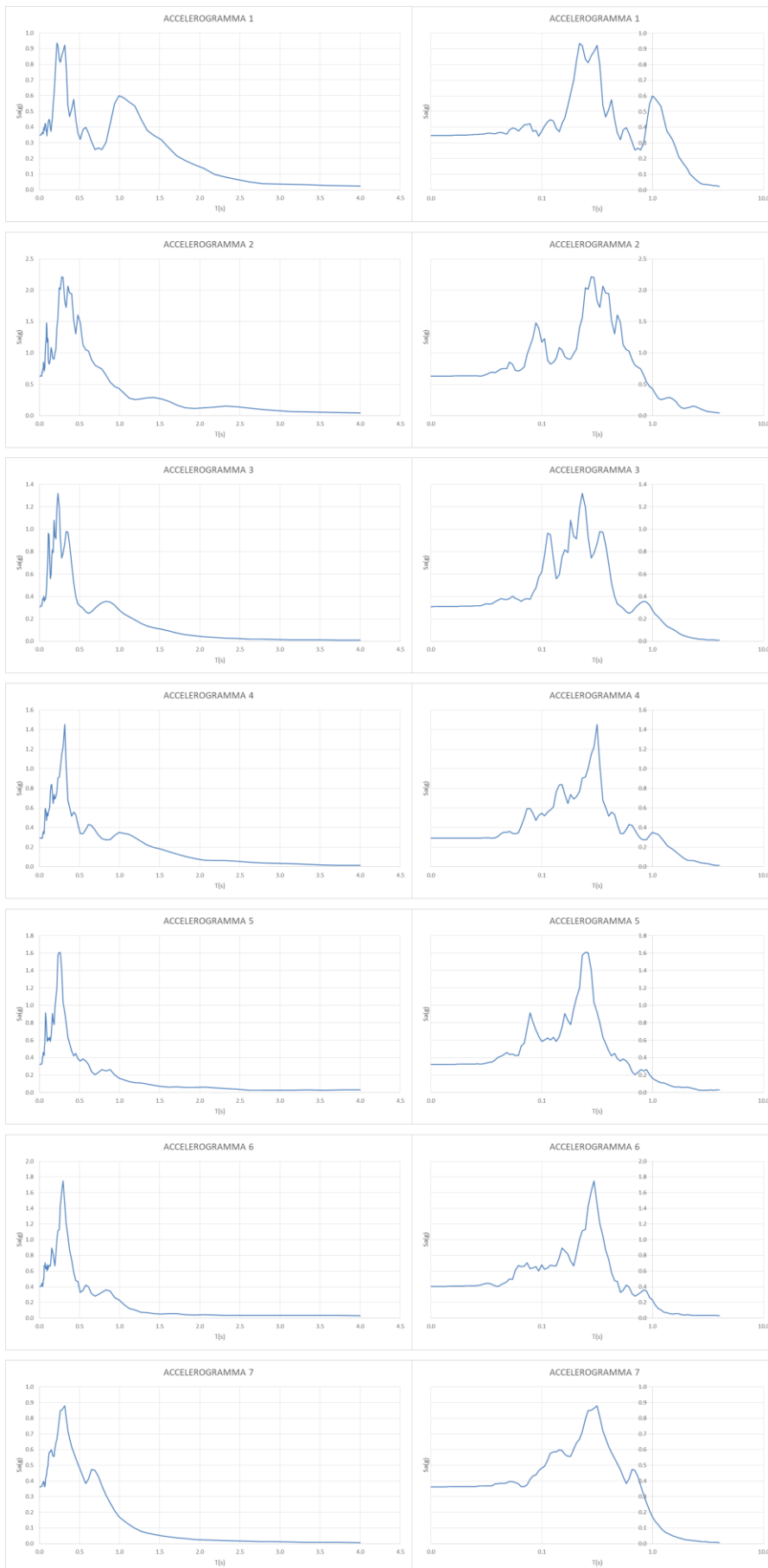
$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$

$$s_{ln} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 [\ln(FA_i) - m_{ln}]^2}$$

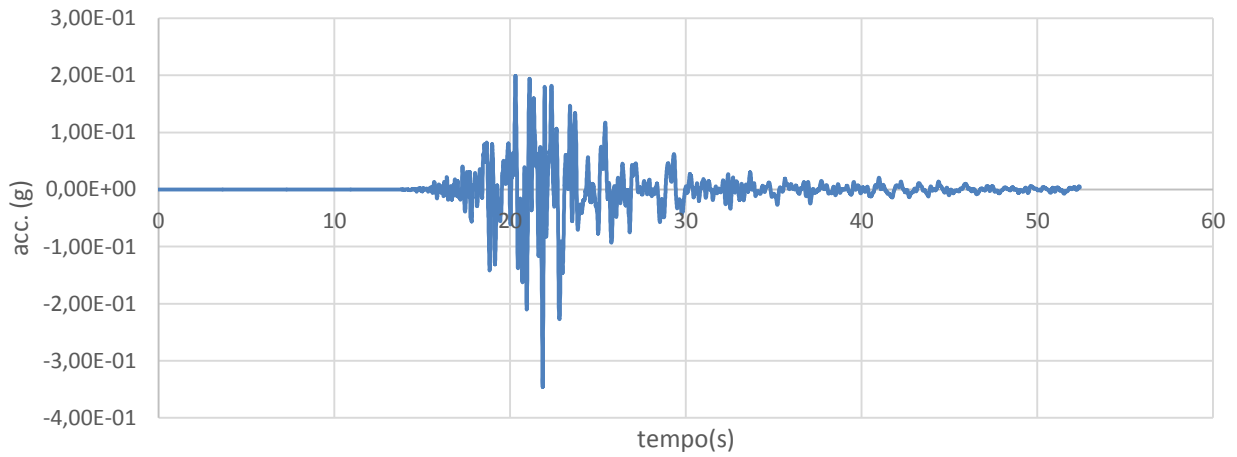
$$e^{m_{ln}-s_{ln}} \quad e^{m_{ln}+s_{ln}}$$

MICROZONAZIONE SISMICA

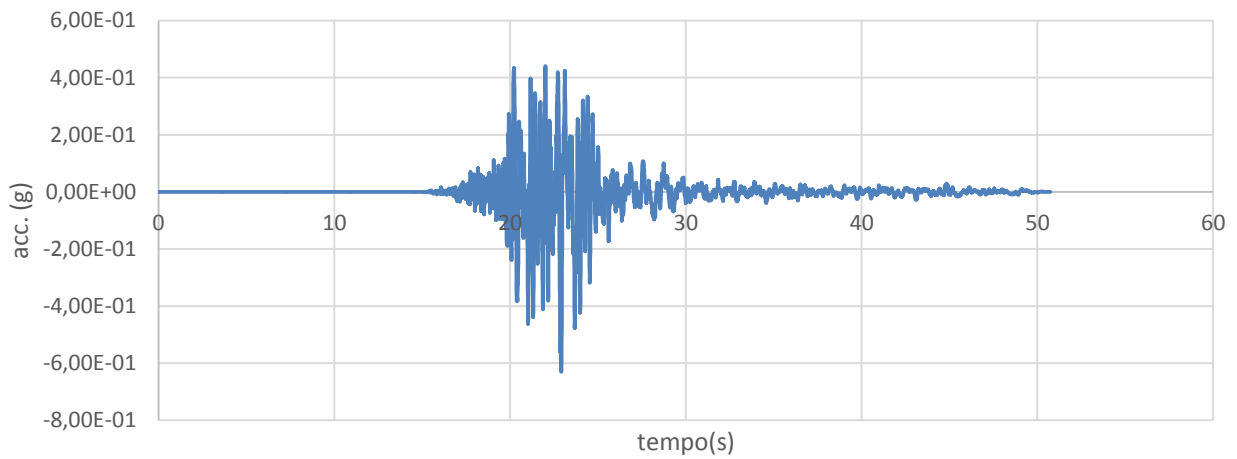
RELAZIONE ILLUSTRATIVA



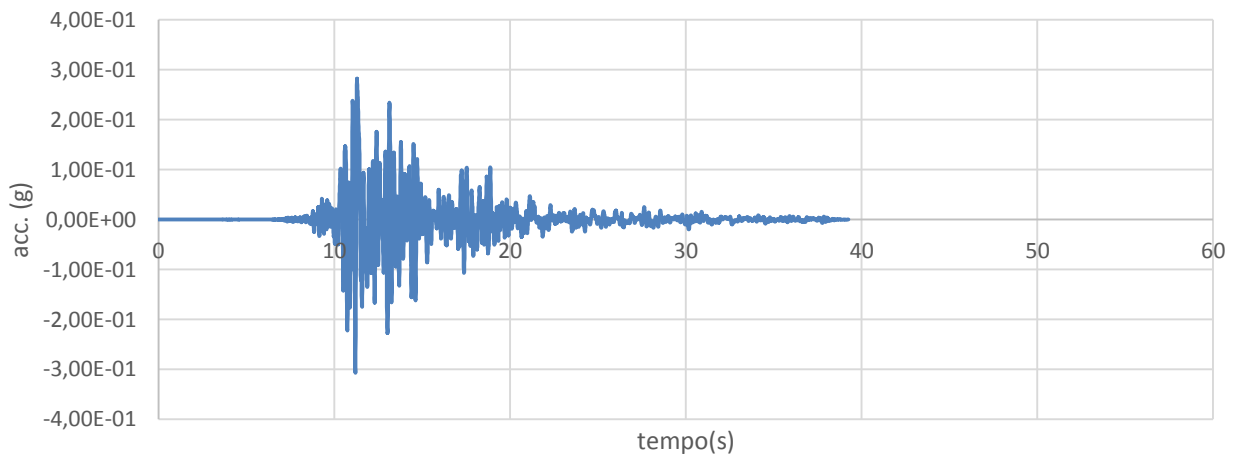
ACCELEROGRAMMA 1



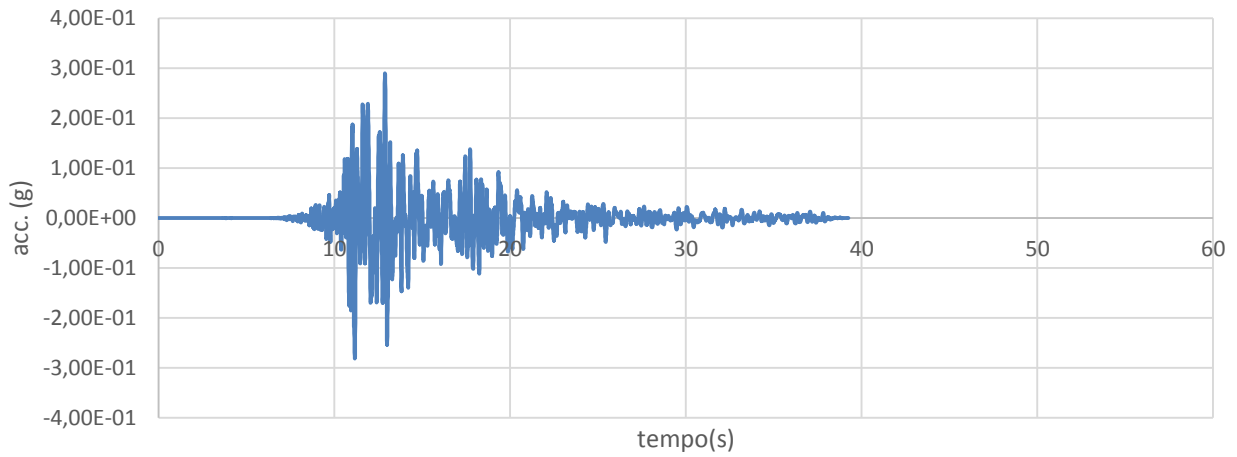
ACCELEROGRAMMA 2



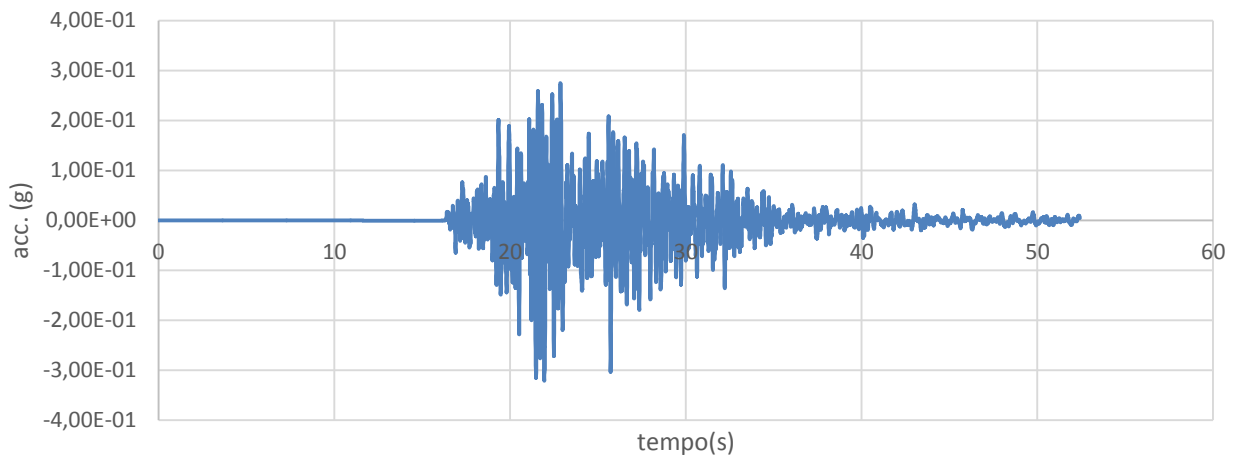
ACCELEROGRAMMA 3



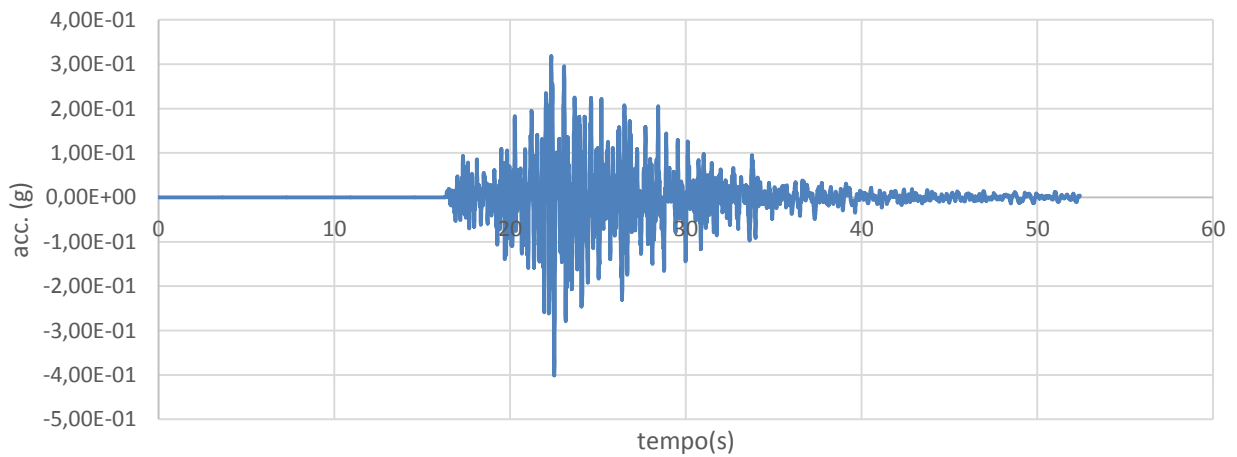
ACCELEROGRAMMA 4



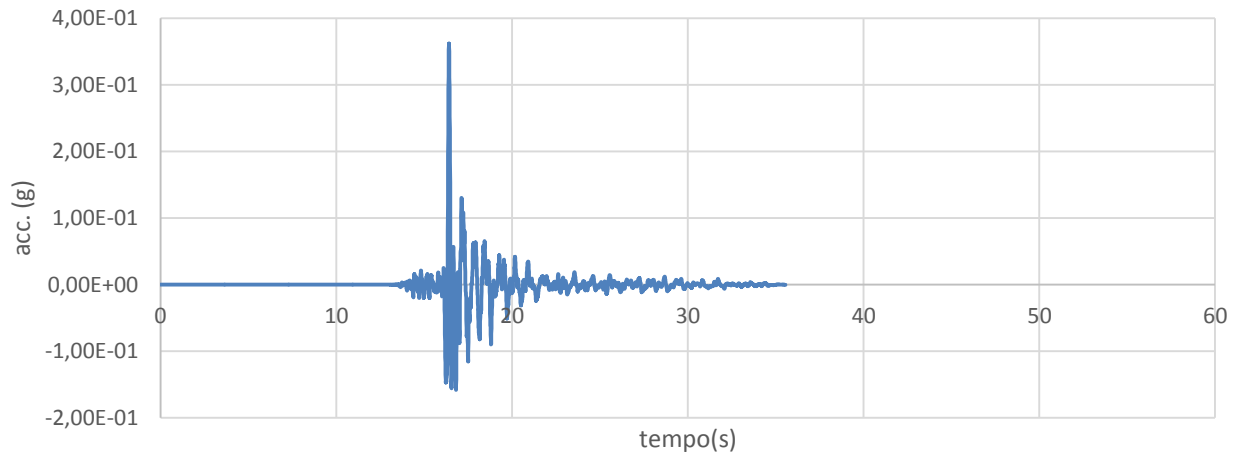
ACCELEROGRAMMA 5



ACCELEROGRAMMA 6



ACCELEROGRAMMA 7



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	165
--	--	-----

7.1.3.7. Riepilogo

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2001	1,32	1.39	1.21
2002	1.53	1.61	1.35
2003	2.17	1.75	1.32
2004	1.67	1.29	1.14
2005	1.71	1.68	1.74
2006	2.04	1.65	1.81

7.1.4. Risultati Modellazione 2D

Di seguito si riportano i risultati delle analisi numeriche bidimensionali condotte utilizzando rispettivamente 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 15 e orientata in direzione NW-SE. La sezione attraversa le MOPS 2001, 2001_{FR}, 2002, 2004, 2004_{FR}, 2006 come riportato in figura 19.

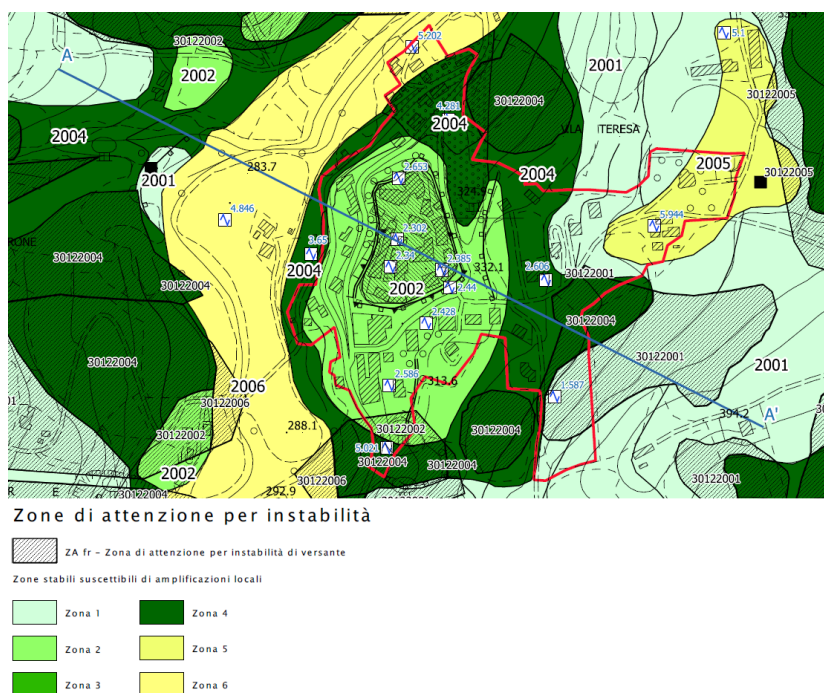


Figura 19 Carta delle MOPS attraversate dalla sezione di Camporotondo di Fiastione

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	166
--	--	-----

Le Figure 20-21 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 0.1-0.5s e i minimi tra 0.7s e 1.1s. La variabilità degli FA lungo la sezione è pressoché la stessa per tutti e tre gli intervalli di periodo.

Le massime amplificazioni sono localizzate in prossimità della cresta del rilievo, dove è ubicato l'abitato, ed in corrispondenza delle formazioni deformabili (ML_{ec} e GM_{ff}) poste fra le progressive 400m e 675m. Esse sono dovute nel primo caso alla combinazione fra gli effetti di amplificazione topografica e stratigrafica, nel secondo caso all'amplificazione stratigrafica dovuta all'elevato contrasto di impedenza fra il banco deformabile superficiale e il substrato più rigido.

	2001	2001_{FR}	2002	2004	2004_{FR}	2006
$FA_{0.1-0.5}$	1.10	0.93	1.43	1.28	0.97	1.69
$FA_{0.4-0.8}$	1.22	1.07	1.58	0.96	0.94	1.12
$FA_{0.7-1.1}$	1.24	1.10	1.08	0.74	0.95	0.85

Tabella II. Fattori di amplificazione attribuiti a ciascuna MOPS.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	167
--	--	-----

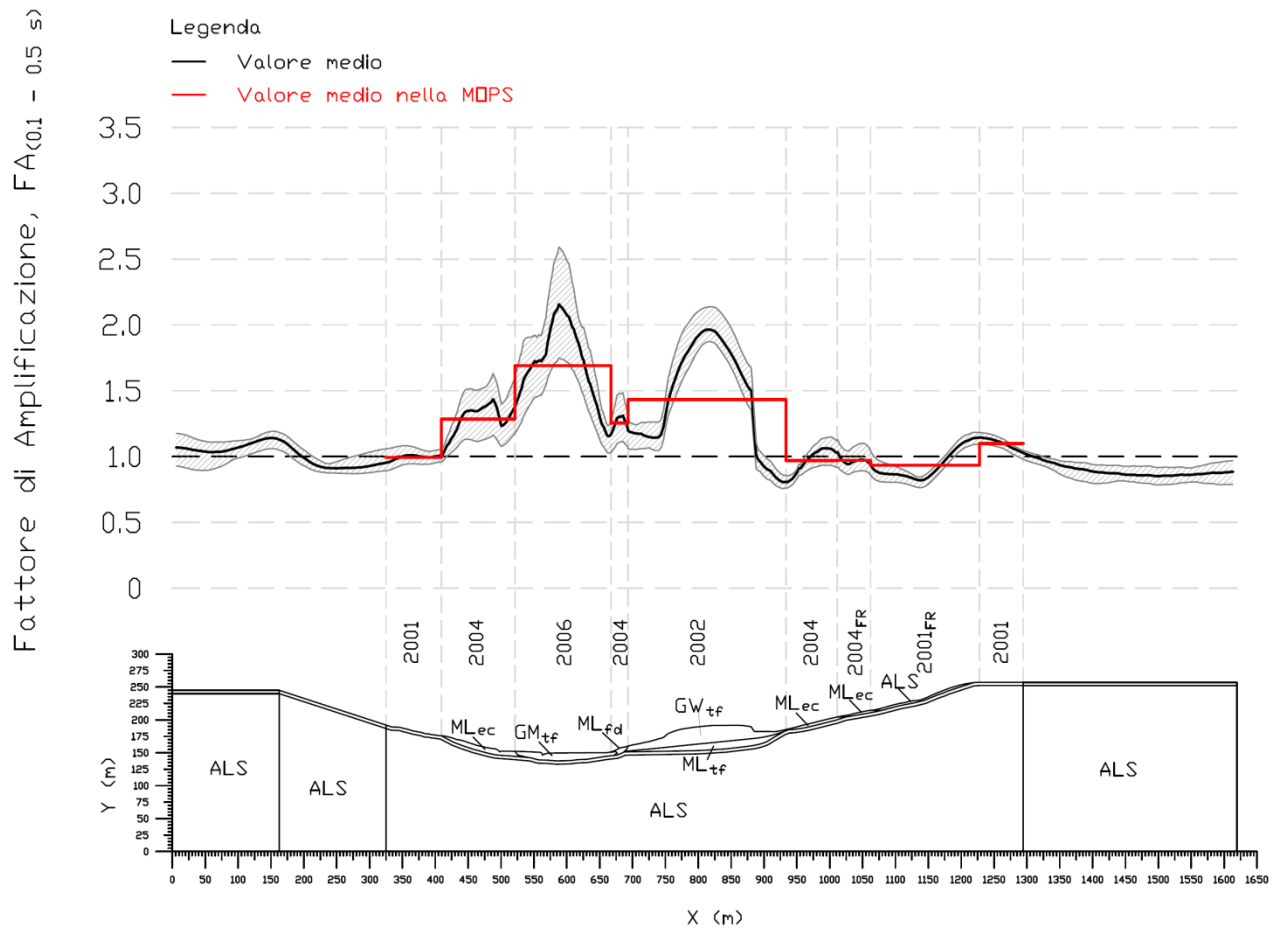


Figura 20 Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.1-0.5s.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	168
--	--	-----

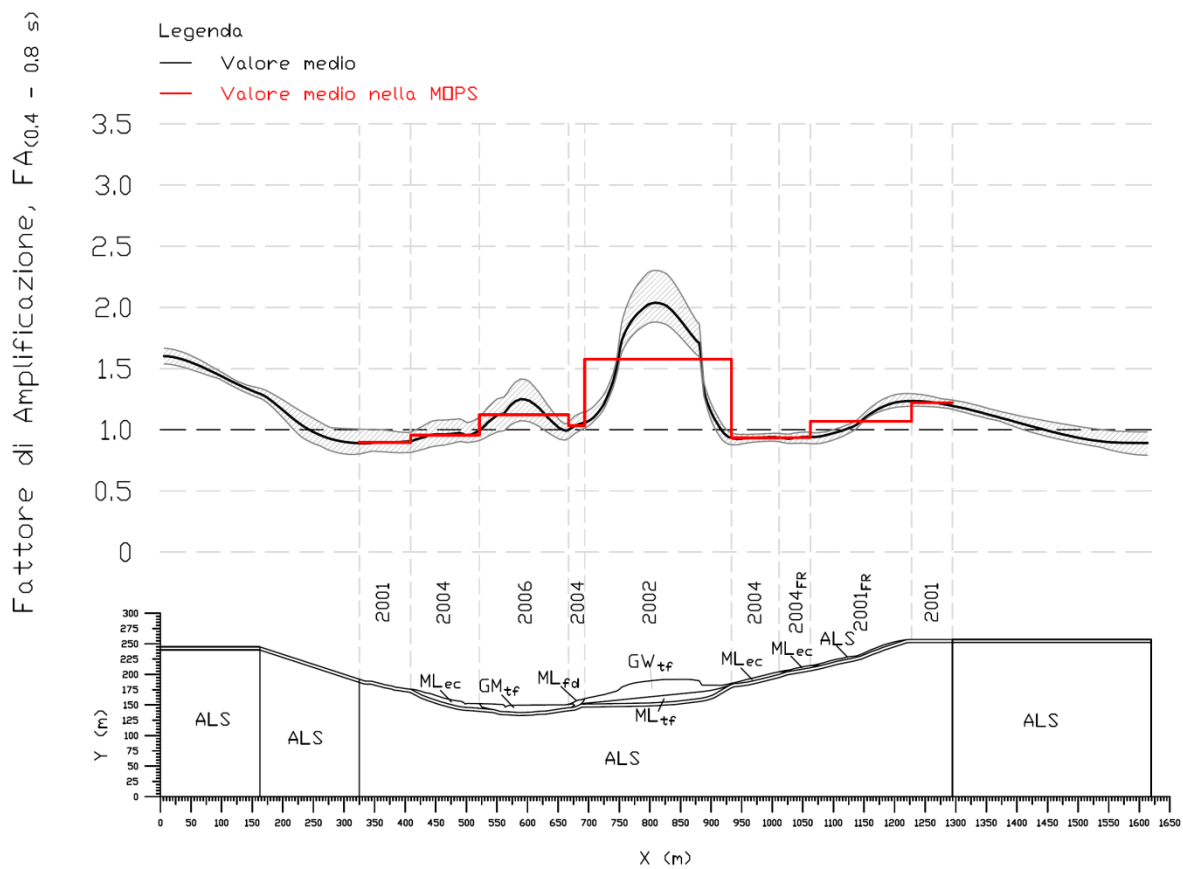


Figura 21 Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.4-0.8s.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	169
--	--	-----

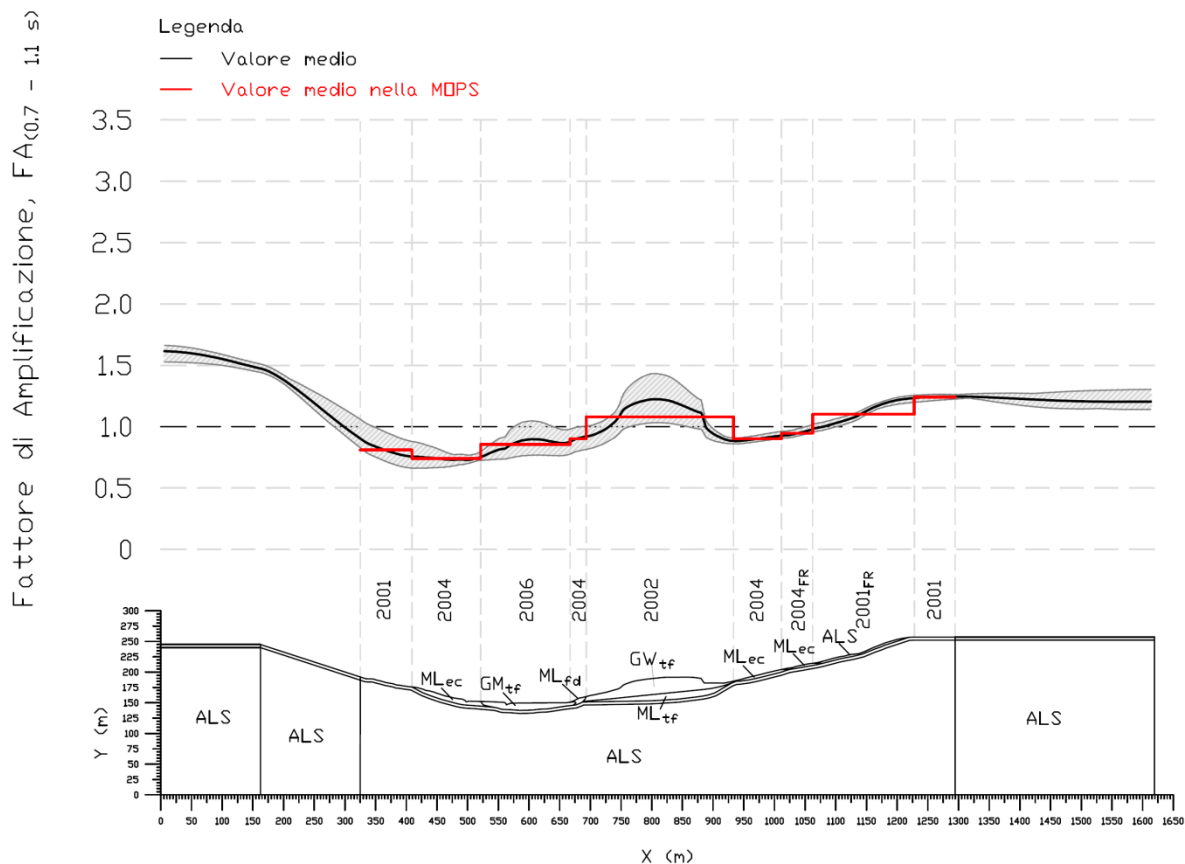


Figura 22 Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.7-1.1s.

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. Gli 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".

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	170
--	--	-----

7.1.5. Confronto Modellazione 1D e 2D

Risultati modellazione 1D.

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2001	1.32	1.39	1.21
2002	1.53	1.61	1.35
2003	2.17	1.75	1.32
2004	1.67	1.29	1.14
2005	1.71	1.68	1.74
2006	2.04	1.65	1.81

Risultati modellazione 2D

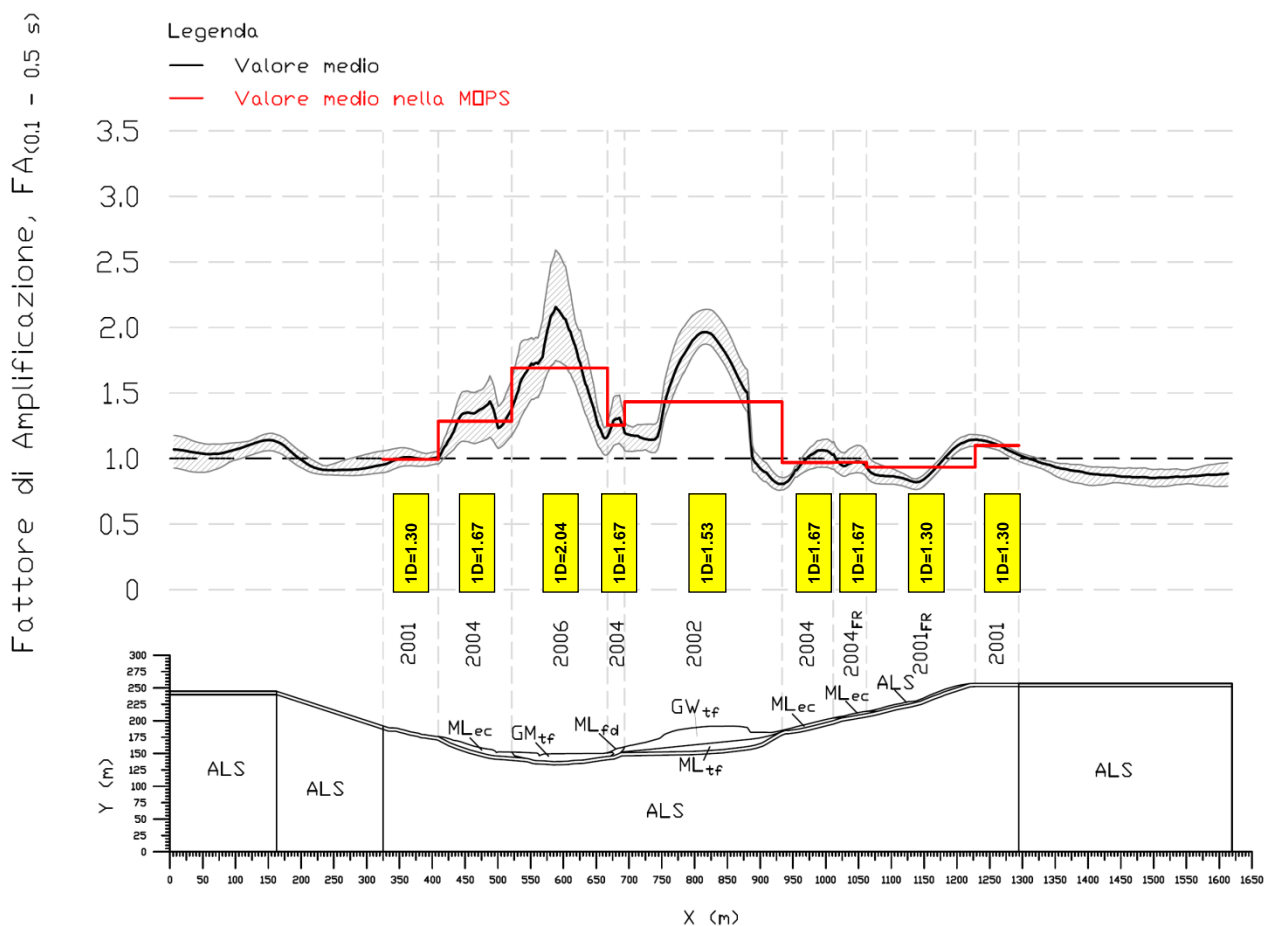
MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2001	1.10	1.22	1.24
2001 _{FR}	0.93	1.07	1.10
2002	1.43	1.58	1.08
2004	1.28	0.96	0.74
2004 _{FR}	0.97	0.94	0.95
2006	1.69	1.12	0.85

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	171
--	--	-----

Le analisi 1D forniscono fattori di amplificazione di poco superiori e del tutto comparabili a quelli delle analisi 2D in virtù anche del fatto che si è scelto di cartografare l'FA più cautelativo risultante da tre verticali di controllo, con gli spessori minimi, medi e massimi; le due metodologie di analisi 1D e 2D colgono entrambe la variazione dell'amplificazione lungo la sezione di verifica ed evidenziano la differenziazione tra le microzone individuate.

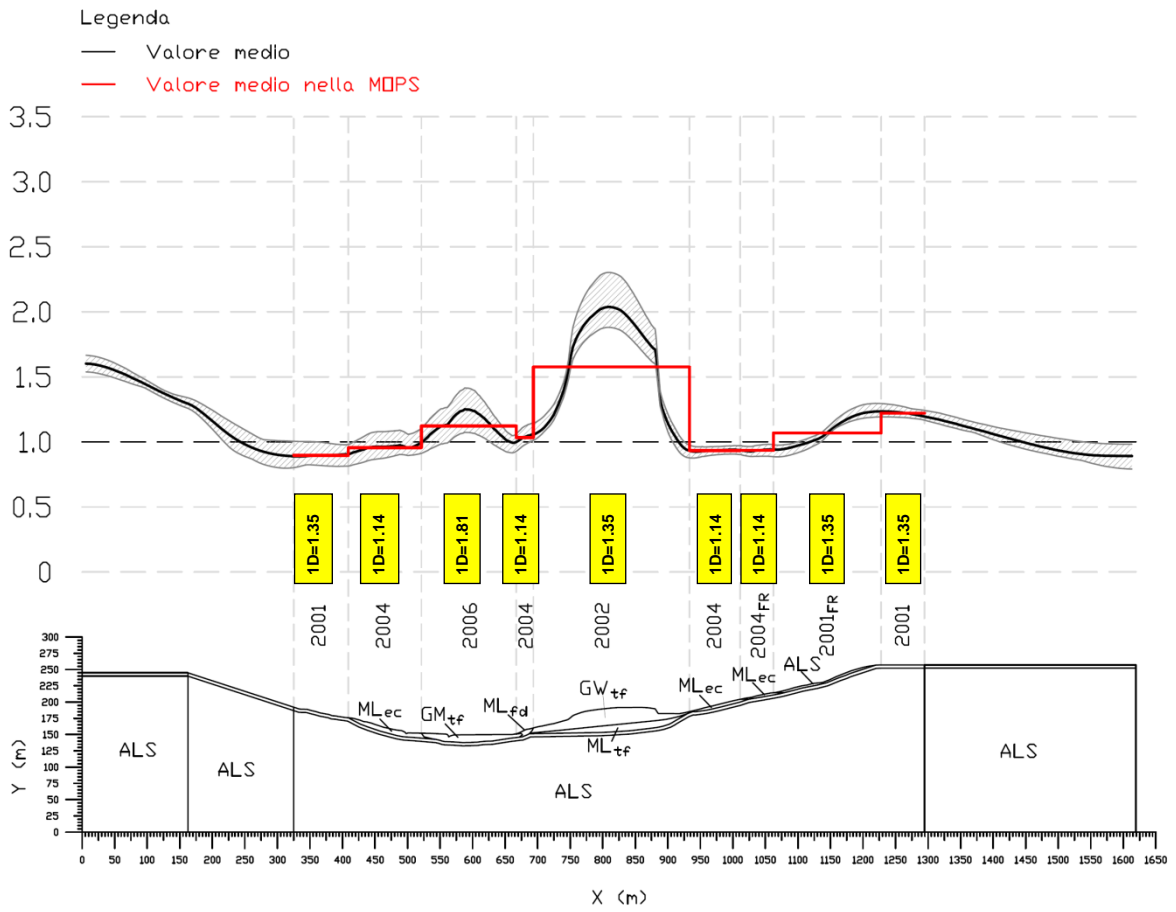
Nello schema sotto riportato si sono sovrapposti i valori dalla modellazione 1D con lo schema riportato nella relazione 2D per il confronto fra gli FA.

Solo nella MOPS 2002, si nota una minore differenza fra gli FA 1D e 2D.



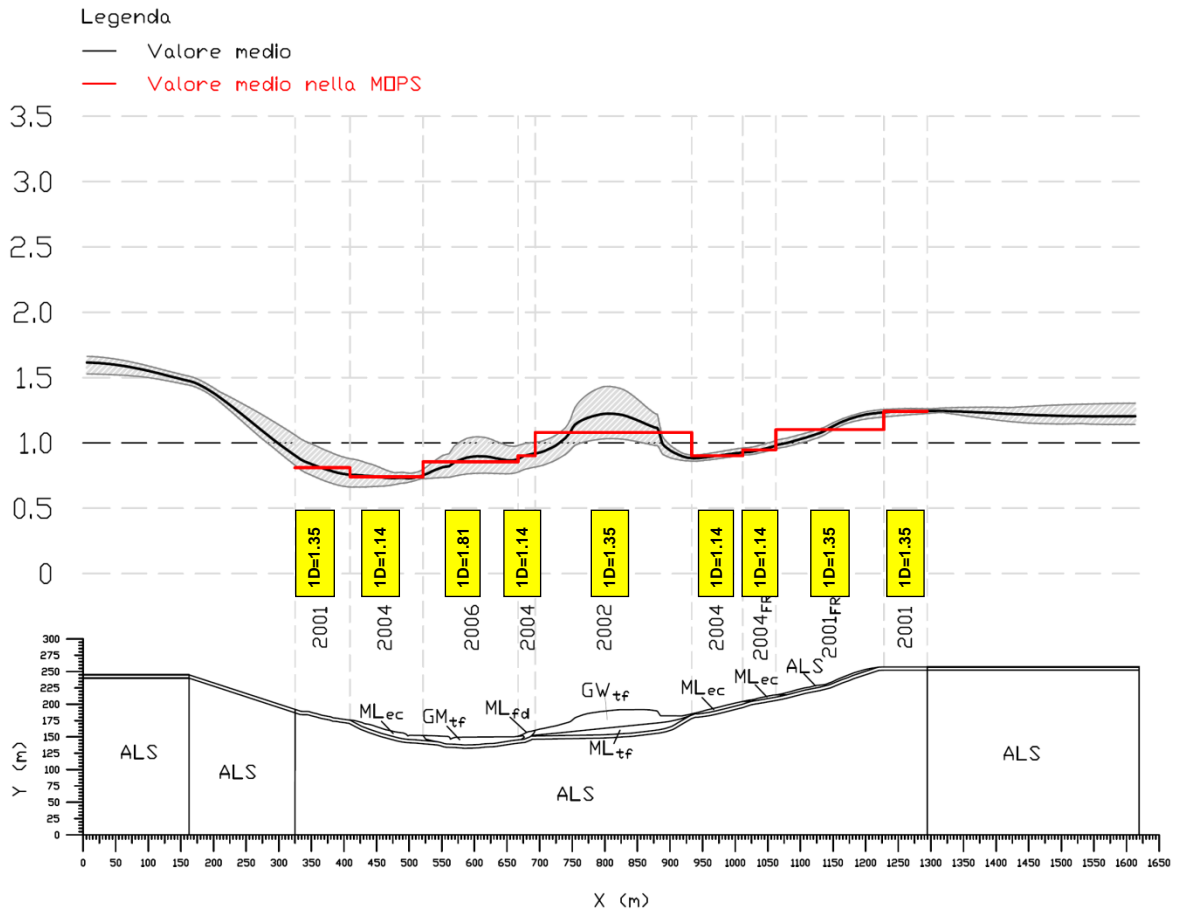
ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	172
--	--	-----

Fattore di Amplificazione, $F_{A(0.4 - 0.8 s)}$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	173
--	--	-----

Fattore di Amplificazione, $F_{A(0.7 - 1.1 s)}$



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	174
--	--	-----

7.2. Zone instabili

In base a quanto specificato dal CentroMS con email del 14/12/2017 *“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”*.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	175
--	--	-----

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Di seguito verranno descritte le carte prodotte: Carta delle Indagini, Carta delle frequenze naturali dei terreni, Carta Geologico Tecnica, Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica e Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3; le stesse sono state realizzate in formato cartaceo e digitale in scala 1:5.000. Sono riportati i dati e la simbologia, per ognuno degli elaborati prodotti, secondo quanto espresso nelle specifiche tecniche degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4”.

8.1. Carta delle indagini

Nella carta delle indagini sono riportate sia quelle pregresse del territorio di Camporotondo sia quelle realizzate ex-novo.

Nel geodatabase compilato, utilizzando SoftMS, versione 4.0, software per la compilazione delle tabelle per la Carta delle Indagini, sono stati inseriti n. 60 siti puntuali pregressi e n. 22 siti puntuali di nuova acquisizione e n. 8 siti lineari di nuova acquisizione.

La tabella “indagini puntuali” collegata a quella dei siti puntuali e al relativo shapefile Ind_pu contiene n. 81 indagini. Detti dati sono stati informatizzati, collegati al database e consultabili in formato pdf, nella sotto-cartella documenti, allegata all’interno della cartella indagini.

Per i dati esistenti si tratta di:

- n. 6 Sondaggi a distruzione di nucleo
- n. 31 Sondaggi a distruzione di nucleo che intercettano il substrato
- n. 3 Sondaggi a carotaggio continuo
- n. 6 Sondaggi a carotaggio continuo che intercettano il substrato
- n. 1 Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- n. 1 Prova penetrometrica dinamica super pesante
- n. 6 Prove penetrometriche dinamiche medie
- n. 6 trincee

Per i dati di nuova acquisizione si tratta di:

- n. 21 prove HVSR.

La tabella “indagini lineari” collegata a quella dei siti lineari e al relativo shapefile Ind_In contiene n. 8 indagini MASW.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	176
--	--	-----

8.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni

Tale carta deriva dalla elaborazione delle indagini di sismica passiva (misure HVSR).

Sono state prodotte la Carta delle frequenze naturali dei terreni basata sui valori di F0 (CFF) e relative ampiezze e la Carta delle frequenze naturali dei terreni costruita sui valori di Fr (CFF_R) più rappresentativo, con relativa ampiezza. Tutte le elaborazioni e restituzioni grafiche sono state eseguite secondo quanto espresso in “Predisposizione del modello per l’allestimento cartografico della Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni” a cura del CentroMS.

Nella tabella attributi dello shp file HVSR della cartella “indagini” sono riportati i valori di F0 e Fr e relative ampiezze.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	177
--	--	-----

8.3. Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)

La Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica è stata redatta sulla base di un'accurata analisi della documentazione esistente e di un dettagliato ed indispensabile rilievo geologico di campagna, confrontato con la cartografia ufficiale esistente.

Nella carta sono riportati:

- Terreni di copertura – Sono stati cartografati per spessore ≥ 3 m e sono stati caratterizzati relativamente alla granulometria/tipologia e relativamente all'ambiente genetico-deposizionale.

- Substrato – E' stato cartografato il substrato geologico affiorante e sub-affiorante (con eventuale copertura e/o alterazione < 3 m).

- Elementi tettonico-strutturali e traccia delle sezioni geologiche.

- Elementi geologici ed idrogeologici (profondità del substrato geologico quando raggiunto dal sondaggio, profondità dei sondaggi che non hanno raggiunto il substrato, profondità della falda nell'area di piana fluviale).

- Instabilità di versante.

- Forme di superficie e sepolte.

Di seguito si riportano gli elementi individuati nel territorio studiato ed inseriti nella cartografia geologico-tecnica allegata.

SUBSTRATO GEOLOGICO

ALS – Alternanza di litotipi, stratificato

Sono comprese le associazioni pelitico-arenacea (LAG 3e) ed arenaceo-pelitica (LAG3d) del membro post-evapotitico della Formazione della Laga.

TERRENI DI COPERTURA

ML ec, fd, ca – Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità.

In tale gruppo rientrano gli MLec derivanti dal disfacimento essenzialmente del substrato, in MLfd, derivanti anche dal disfacimento dei corpi ghiaiosi stessi e gli MLca, derivanti da processi in parte di conoide alluvionale.

ML tf – Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità.

In tale gruppo rientrano gli MLtf del Pleistocene superiore presenti nella zona di via

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	178
--	--	-----

Kennedy.

GM tf – Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo.

In tale gruppo rientrano le ghiaie in matrice sabbiosa del fondovalle del T. Fiastrone.

GW tf – Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie.

In questo gruppo rientrano le alluvioni ghiaioso sabbiose del Pleistocene superiore presenti nel capoluogo e nella zona di via Kennedy.

SMtf – Sabbie limose, miscela di sabbia e limo.

In questo gruppo sono comprese le sabbie limose sommitali del Pleistocene medio-finale.

INSTABILITÀ DI VERSANTE

Appare doveroso sottolineare che nel territorio di Camporotondo di F. sono presenti numerosi ed ampi fenomeni franosi in stato di attività.

Nella Carta Geologico-Tecnica sono state riportate integralmente ed inevitabilmente le perimetrazioni PAI-IFFI, come da Protocollo, nonostante a parere degli scriventi le stesse frane dovrebbero essere integralmente ripериметrate e caratterizzate con locali riduzioni areali, come ad esempio la frana subito a sud del capoluogo che, in corrispondenza del piede, coinvolge i depositi alluvionali olocenici pianeggianti del T. Fiastrone.

Le frane sono state classificate attive.

FORME DI SUPERFICIE E SEPOLTE

In riferimento alle forme di superficie nell'area sono stati individuati i seguenti elementi:

-conoide alluvionale;

-orlo di terrazzo fluviale (10-20 m) in corrispondenza del capoluogo; si precisa che sono presenti altri orli di terrazzi che però non raggiungono i 10 m di altezza e pertanto non possono essere cartografati secondo gli standard 4.

-orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m), in corrispondenza del capoluogo;

- area con cavità sepolta, nella zona del centro storico, in cui è presente una rete di grotte antropiche che logisticamente non è stato possibile percorrere e mappare.

ELEMENTI TETTONICO STRUTTURALI

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	179
--	--	-----

Sono stati segnalati gli assi della sinclinale ed anticlinale individuati dal rilievo geologico.

Sono inoltre riportate le giaciture misurate sugli affioramenti presenti nell'area in esame.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	180
--	--	-----

8.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

Nella Carta delle MOPS viene suddiviso il territorio in microzone qualitativamente omogenee, che in caso di eventi sismici possono avere comportamenti appunto omogenei.

Sono state individuate le seguenti microzone.

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e/o morfologica locale;
- Zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Si precisa che nel territorio investigato non sono state riscontrate situazioni da classificare come zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura.

Inoltre appare doveroso sottolineare che per la definizione delle MOPS è stato adottato un approccio tendente all'esemplificazione. E' stato cercato di accorpare piuttosto che suddividere litotipi e condizioni assimilabili dal punto di vista geologico-sismico, partendo dal presupposto che un estremo dettaglio nella definizione delle microzone, peraltro spazialmente non definibile in modo corretto, allontani il risultato dalla realtà fisica del territorio. Il substrato ad esempio è stato accorpato in base alla conoscenza della litologia e caratteristiche meccaniche dello stesso ed al relativo comportamento come ammasso; le coperture sono state accorpate prevalentemente attraverso una lettura delle forme e della genesi, che inevitabilmente si riflette sulla componente litologica e sul comportamento meccanico, evitando di suddividerle in numerose microzone magari per la presenza di qualche lente con composizione di poco differente e non influente sismicamente.

Di seguito si riporta la descrizione dettagliata per ciascuna microzona omogenea individuata.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 2001 – Substrato geologico non sismico.

Comprende le seguenti litofacies della Formazione della Laga:

- Arenaceo-pelitica (LAG3d-ALS)
- Pelitico-arenacea (LAG3e-ALS)

ZONA 2002 – Depositi alluvionali su substrato geologico.

Depositi alluvionali del Pleistocene superiore costituite da un corpo superiore ghiaioso sabbioso (GWtf) ed uno inferiore limoso-argilloso e sabbioso (MLtf). Gli stessi poggiano su un

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	181
--	--	-----

substrato geologico pelitico-arenaceo (ALS).

ZONA 2003 – Coltre colluviale su substrato geologico.

Depositi alluvionali del Pleistocene superiore costituite da un prevalente corpo limoso-argilloso e sabbioso (MLtf-ca), poggianti su un substrato geologico pelitico-arenaceo (ALS).

ZONA 2004 – Coltre colluviale su substrato geologico.

Coltre colluviale prevalente ML poggianti su un substrato geologico pelitico-arenaceo e arenaceo-pelitico (ALS).

ZONA 2005 – Depositi alluvionali su substrato geologico.

Depositi alluvionali sabbiosi SM del Pleistocene medio-finale poggianti su un substrato geologico pelitico-arenaceo e arenaceo-pelitico (ALS).

ZONA 2006 – Depositi alluvionali su substrato geologico.

Depositi alluvionali olocenici costituite ghiaie sabbioso (GMtf) poggianti su un substrato geologico pelitico-arenaceo (ALS).

ZONE INSTABILI

ZA_{FR} – Zona di attenzione per instabilità di versante

30122002-30122004-30122001

Si tratta di piccole zone di attenzione in cui ricadono frane mappate nel PAI-IFFI.

FORME DI SUPERFICIE e SEPOLTE

Sono inoltre state segnalate, ai fini della presente microzonazione:

- conoide alluvionale;

- orlo di terrazzo fluviale (10-20 m) in corrispondenza del capoluogo; si precisa che sono presenti altri orli di terrazzi che però non raggiungono i 10 m di altezza e pertanto non possono essere cartografati secondo gli standard 4;

- orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m), in corrispondenza del capoluogo;

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	182
--	--	-----

- area con cavità sepolta, nella zona del centro storico, in cui è presente una rete di grotte antropiche che logisticamente non è stato possibile percorrere e mappare.

CAMPOROTONDO DI FIASTRONE

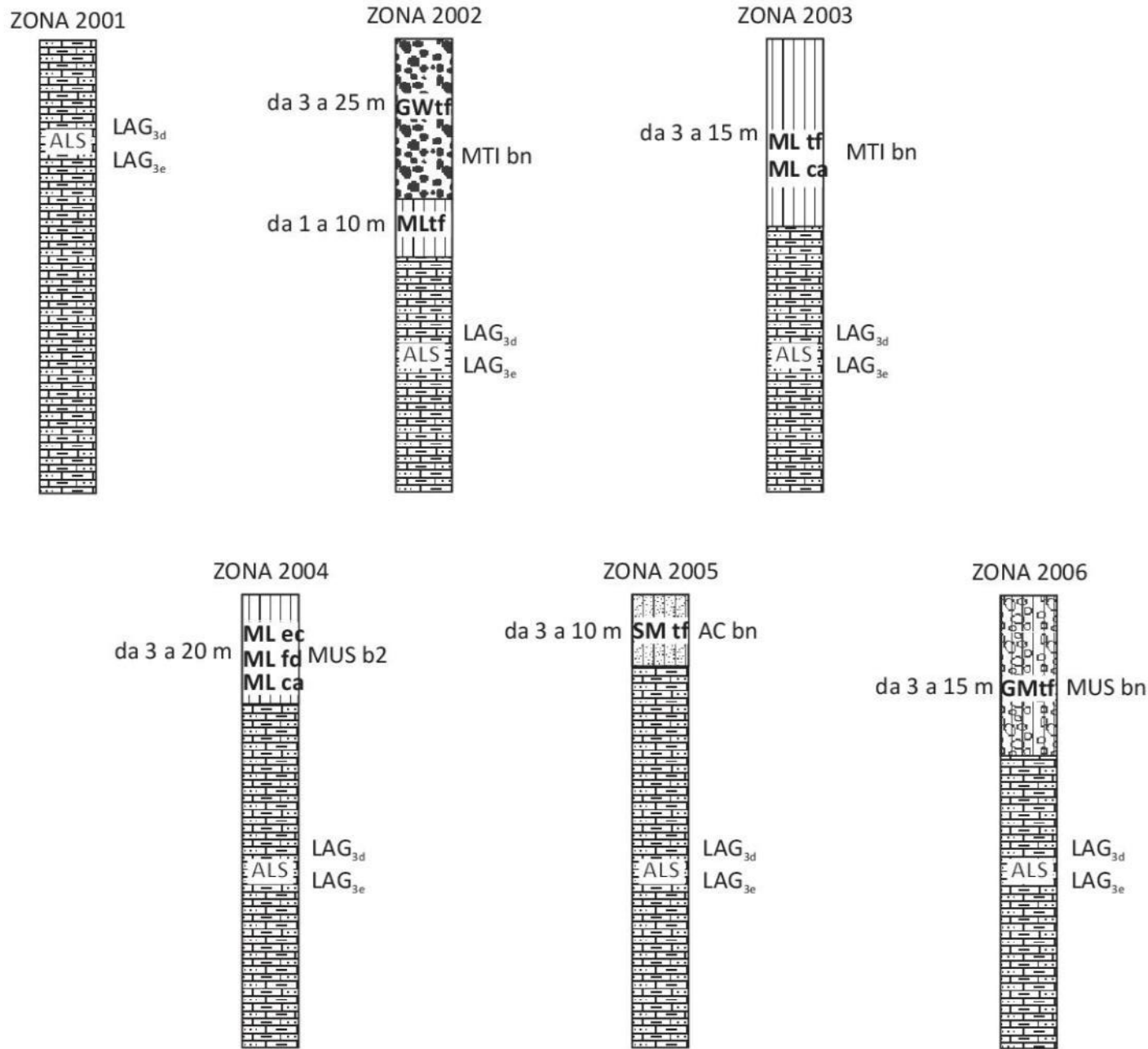


Figura 23 Colonne stratigrafiche rappresentative della microzona di riferimento.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	184
--	--	-----

8.5. Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3

Nelle Carte di Microzonazione sismica (MS) di livello 3 l'amplificazione è stata quantificata in termini di parametri $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,4-0,8s}$ ed $FA_{0,7-1,1s}$.

Dall'analisi di risposta sismica locale si osserva come nell'area sia presente amplificazione locale piuttosto elevata soprattutto per i periodi di vibrazione 0,1-0,5 s e 0,4-0,8 s.

L'amplificazione è presente, anche se con valori relativamente minori, anche dove affiora il substrato geologico il quale, come esposto, diviene sismico in profondità; tale dato è in accordo agli esiti delle misure geofisiche eseguite.

I maggiori valori di amplificazione, superiori a 2 nel campo 0,1-0,5 s, si ottengono per la microzona 2003 ricedente nell'area Kennedy. Questi dati si correlano con le caratteristiche sismo-stratigrafiche delle unità individuate e con i risultati delle misure HVSR eseguite, in cui si manifestano le maggiori ampiezze dei picchi.

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2001	1,32	1.39	1.21
2002	1.53	1.61	1.35
2003	2.17	1.75	1.32
2004	1.67	1.29	1.14
2005	1.71	1.68	1.74
2006	2.04	1.65	1.81

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI CAMPOROTONDO DI FIASTRONE (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	185
--	--	-----

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Durante la attuale crisi sismica (2016-2017), molti edifici del territorio di Camporotondo di Fiastrone hanno subito danni gravi soprattutto durante le scosse del 26 ottobre 2016, delle ore 17.10 e 19.18 UTC, eventi rispettivamente di magnitudo M_L 5.4 e 5.9.

Tramite una ricerca eseguita si può affermare che i maggiori danneggiamenti si sono verificati in corrispondenza delle microzone a cui corrispondono i maggiori valori di FA nel campo 0,1-0,5 s, risultanti dalla modellazione 1D.

10. ALLEGATI

1. Carta delle Indagini in scala 1:5.000
2. Carte delle Frequenze naturali dei terreni in scala 1:5.000
3. Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica in scala 1:5.000
4. Sezioni geologico-tecniche in scala 1:5.000
5. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica in scala 1:5.000
6. Carte di Microzonazione sismica (MS) di livello 3 in scala 1:5.000
7. Accelerogrammi calcolati in superficie
8. Spettri di risposta in accelerazione