



*Comune di Montalto Uffugo*

*Piazza Municipio, 1 - 87046*

*Provincia di Cosenza*

## PROGETTO ESECUTIVO

*Interventi di adeguamento sismico, efficientamento energetico e  
miglioramento tecnologico della Scuola dell'infanzia in Via Berlinguer*



*Pericolosità sismica locale.*

*Elaborato*

***G. 03***

**Il Rup**

*Ing. Massimiliano Costanzo*

**Progettista e D.D.L.**

*Arch. Giulio Cesare Guccione*



# COMUNE DI MONTALTO UFFUGO

## Provincia di COSENZA



**PROGETTO:** “Adeguamento sismico, efficientamento energetico e miglioramento tecnologico della scuola dell’infanzia”.

**LOCALITA’ :** “ Via E. Berlinguer

Elaborato: **RELAZIONE SISMICA**

COMMITTENTE:

**Comune di  
MONTALTO UFFUGO**

IL GEOLOGO

**Dr. Franco Di Biase**

II PROGETTISTA

**Arch. Giulio Cesare Guccione**

## INDICE

<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>1. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE E SISMICITA' DELL'AREA.....</b>	<b>5</b>
1.1. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE.....	5
1.2. SISMICITÀ DELL' AREA. ....	7
<b>2. LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....</b>	<b>11</b>
2.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (NTC2008) DELLA STRATEGIA DI PROGETTO UTILIZZATA E SUOI VALORI DI DISAGGREGAZIONE.....	11
2.2. CENNI TEORICI SULLA SCELTA E/O GENERAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI AL BEDROCK SPETTRO COMPATIBILI CON IL SITO DI STUDIO.....	22
2.3. SCELTA E/O GENERAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI AL BEDROCK DEL SITO DI STUDIO.....	25
<b>3. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....</b>	<b>35</b>
3.1 PERICOLOSITÀ DOVUTA AD INSTABILITÀ PER EFFETTI COOSISMICI. ....	37
3.1.1 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati a                 movimenti di massa. ....</i>	38
3.1.2 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla                 presenza di faglie attive. ....</i>	38
3.1.3 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla                 presenza di contatti laterali tra litotipi diversi. ....</i>	39
3.1.4 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati                 all'addensamento dei terreni. ....</i>	39
3.1.5 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla                 liquefazione sismica dei terreni sotto falda. ....</i>	39
3.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE. ....	44
3.2.1. <i>Stratigrafia del sito e relativi parametri elasto-dinamici.....</i>	44
3.2.2. <i>Condizionamento geologico sulla risposta sismica locale.....</i>	44
3.2.3. <i>Analisi semplificata della risposta sismica locale (livello II di                 analisi - NTC2018).....</i>	46

3.2.4. <i>Analisi Numerica della Risposta Sismica Locale (Livello III di analisi), calcolo degli accelerogrammi e degli spettri di risposta in superficie.</i> .....	52
<b>4. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.</b> .....	<b>80</b>

## **PREMESSA.**

PER IL PROGETTO **ADeguamento Sismico, Efficientamento Energetico E Miglioramento Tecnologico della Scuola dell'Infanzia** da realizzarsi in Montalto Uffugo Via Enrico Berlinguer del Comune di Montalto Uffugo (CS), È STATO DATO INCARICO AL DOTT. GEOL. FRANCO DI BIASE DI CONDURRE LO STUDIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DI SITO. IL PRESENTE STUDIO HA LA FINALITÀ DI STUDIARE LA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL'AREA E LA SUA MODIFICAZIONE LOCALE PER EFFETTI LOCALI (RISPOSTA SISMICA LOCALE).

LO STUDIO È REDATTO SECONDO LE DIRETTIVE DELLA VIGENTE NORMATIVA NAZIONALE IN MATERIA EMANATA ~~DENN~~ **nel 17-01-2018** “Norme tecniche per le costruzioni”; **Legge Regionale n. 37 del 31/12/2015** “Modifica alla legge regionale n. 35 del 19 ottobre 2009 e s.m.i. (Procedure per la denuncia degli interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica - Testo coordinato con le modifiche ed integrazioni di cui alla L.r. 29 giugno 2016, n.16)”; **Regolamento regionale del 29/11/2016 n. 15** “Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla legge regionale n. 37 del 28 dicembre 2015”; **Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMZS)**, “Standard di Rappresentazione ed Archiviazione dei Dati” per la Microzonazione Sismica predisposti dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM n. 3907 del 13/11/2010);

SI ARTICOLA NELLE SEGUENTI FASI:

- DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE E DELLA SISMICITÀ STORICA
- STUDIO DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO D'INTERVENTO (ED50: LAT. 39° 15' N, LON. 16,154500° E) CON INDIVIDUAZIONE DELL'INPUT SISMICO AL BEDROCK DELL'AREA. STUDIO TRAMITE GENERAZIONE DI ACCELEROGRAMMI SIMULATI E/O SCELTA DI ACCELERAZIONI NATURALI NELLE DUE COMPONENTI ORIZZONTALI, TRA LORO ORTOGONALI, E SUCCESSIVA VALUTAZIONE ALLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL'AREA (SPETTRO-COMPATIBILITÀ), TRAMITE ANALISI DI SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI.
- RICOSTRUZIONE, ATTRAVERSO INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE, DI UN MODELLO LITOTECNICO DEL SOTTOSUOLO, ALMENO SINO AL BEDROCK SISMICO, CON LE SUE CARATTERISTICHE

GEOTECNICHE ED ELASTO DINAMICHE (MODELLO GEOLOGICO DERIVANTE DALLA GEOLOGICA).

- VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE CON SCALATURA DEGLI ACCELEROGRAMMI ALLA SUPERFICIE ATTRAVERSO LE MODIFICAZIONI INDOTTE NEL SEGNALE DALLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEL SITO.
- CALCOLO DEI FILE DEGLI ACCELEROGRAMMI, DEI RELATIVI SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK CHE ALLA SUPERFICIE E DEGLI SPETTRI MEDI E NORMALIZZATI IN SUPPORTO A VERIFICHE STRUTTURALI.
- GENERAZIONE DEI FILE RELATIVI: AGLI ACCELEROGRAMMI, AGLI SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA NORMALIZZATI, RIFERITI SIA AL BEDROCK CHE ALLA SUPERFICIE CON LO STANDARD EUROPEO EN 1998-1. *SISMI.CA Sistema Informativo per l'analisi strutturale ed il monitoraggio degli interventi in Calabria.*





## 1. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE E SISMICITA' DELL'AREA.

### 1.1. Caratteristiche sismotettoniche.

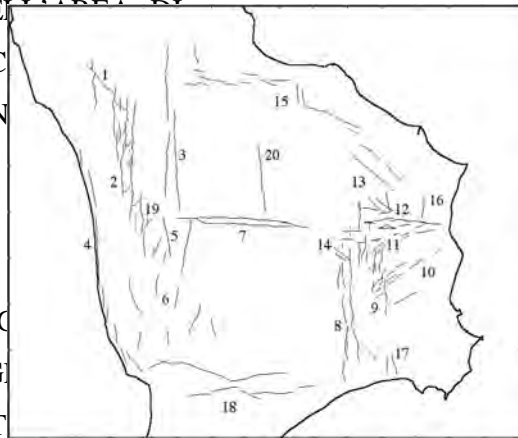
LA PRESENZA DI FAGLIE CAPACI NEL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO PUÒ ESSERE CONSULTANDO IL CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI E THACA "Catalogo delle faglie capaci-sismogenetiche d'Italia" (*Capacityismic Italian fault database*) DEL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA ISPRA. ESSO COMUNQUE NON RAPPRESENTA LA TOTALITÀ DELLE FAGLIE CAPACI QUELLE PRESENTI SUL TERRITORIO NAZIONALE DI CUI ESISTE UNO STUDIO E QUINDI UN BIBLIOGRAFICO. INOLTRE IL CATALOGO ITHACA FORNISCE SOLO UNA PRIMA INDIZIONE SULL'EVENTUALE PRESENZA DI FAGLIE ATTIVE E CAPACI IN UN DETERMINATO TERRITORIO. ESSERE UTILIZZATO PER LA LORO CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO. L'ADEGUATA CORRELAZIONE CRONOLOGICA DELL'ATTIVITÀ DELLE FAGLIE È CRUCIALE NELLA DEFINIZIONE DI SCHEMI FINALITÀ SISMOTETTONICHE. PER LE AREE ANALIZZATE, L'INTERVALLO CRONOLOGICO SCOPERTO POSSA RITENERE UN ELEMENTO STRUTTURALE DI SICURO INTERESSE IN AMBITO SISMOTETTONICO. IL PERIODO PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE (A PARTIRE DALL'ULTIMO MASSIMO GLACIALE, CA. 18.000 ANNI BP). LA SCELTA DI QUESTO INTERVALLO CRONOLOGICO "STRETTO" RENDE PRESSOCHÉ CERTA LA PERTINENZA DELL'ELEMENTO STRUTTURALE RAPPRESENTATO CON IL REGIME DEFORMATIVO. LA SCELTA È DIRETTAMENTE LEGATA ALLE CARATTERISTICHE GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA. GLI INTERESSATI DALL'ATTIVITÀ SISMOTETTONICA SONO INTERESSATI DALLE FAGLIE RAPPRESENTATE. MAGGIOR PARTE DI QUESTE FAGLIE SONO INTERESSATE VERSANTI MONTUOSI E SPERDUTE. I DEPOSITI DI VERSANTE. E' ORMAI AMPIAMENTE RICONOSCIUTO CHE LA PIÙ COSPICUA ATTIVITÀ SISMICA RECENTE NELL'ITALIA PENINSOLARE RIFERIRE A FASI DEPOSIZIONALI ALL'ULTIMO MASSIMO GLACIALE NEL PERIODO DI UNA DINAMICA PERIGLACIALE. PER LE SUCCESSIONI DETRITICHE, TALVOLTA RIFERIBILI AL CONTESTO CRONOLOGICO, COSTITUISCONO DEI SERBATOI DI INFORMATICA SULL'ATTIVITÀ DELLE FAGLIE NEGLI ULTIMI MILLENNI.



IN PARTICOLARE, NEI PRESSI DELLO STUDIO, I SISTEMI SISMOGENETICI CATTIVI E CARATTERIZZATI DA UN "FRESCHENZA MORFOLOGICA" SONO

*San Marco Argentano – San Fili* ED IL SISTEMA *Torano Castello – Rende* (CAT. ITHACA) PER AVERE UN MAGGIOR DETTAGLIO DELLE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI FAGLIA

RIFERIMENTO AL LAVORO DI (MORETTI



DELLE FAGLIE CAPACI DELLA CALABRIA) DA CUI, PER LA CALABRIA CENTRO-SETTENTRIONALE, È RICAVALO IL CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI ITHACA. IN TALE DATABASE, I DUE SISTEMI INDIVIDUATI COME CS2 (*San Marco Argentano - Domanico*). IL SISTEMA È FORMATO DA UN INSIEME DI GRANDI FAGLIE NORMALI N-S CHE BORDANO AD OCCIDENTE LA FOSSA TETRAPOLE VALLE DEL CRATI (LANZAFAME E TORTORICI, 1981). IL RIGETTO COMPLESSIVO DI QUESTE SCELTE È STIMABILE IN 1500-2000 M NEL CORSO DEL PLEISTOCENE, METTENDO A CONTATTO LE ARGILLE DEL MEDIO PLEISTOCENICHE CON LE ROCCE CRISTALLINE DELLA CATENA COSTIERA, CHE SI ELEVANO A 1400 M DI QUOTA. LA FAGLIA MOSTRA UNA FORTISSIMA EVIDENZA MORFOLOGICA E SI ORIENTA IN DETTAGLIO IN UNA "SCALINATA" DI ELEMENTI A DISLOCAZIONE NORMALE RIBASSATI VERTICALEMENTE ARRANGIATI A SCALA CARTOGRAFICA SECONDO UN SISTEMA EN ECHELON DESTRO. LE DUE FAGLIE IN MOLTI CASI INTERESSANO ANCHE LA SUPERFICIE SOMMITALE DELLE CONOIDI QUATERNARIE. NON PERSISTERE DI DEFORMAZIONI ATTIVE ANCHE DURANTE L'OLOCENE. NEI SECOLI SCORSI TUTTE LE FAGLIE DEL CRATI, A NORD DI COSENZA, NON SEMBRA ESSERE STATA INTERESSATA DA TERREMOTI DI MAGNITUDINE CONFRONTABILE CON I MAGGIORI EVENTI CHE HANNO INTERESSATO LA REGIONE, ANCHE SE SONO RELATIVAMENTE FREQUENTI SCOSSE DI INTENSITÀ COMPRESA TRA I GRADI VIII E IX MCS. LO SCALTO SISMOGENETICO È DI CIRCA 5-10 KM. NELLO SPECIFICO, L'AREA DI STUDIO AFFERISCE ALL'AREA DI

**San Benedetto Ullano** (*Sistema San Marco Argentano – San Fili*) POSTA A CIRCA 2.24 KM AD OVEST DEL' SITO DI **Montebello**; **Uffugo** (*Sistema Torano Castello – Rende*) POSTA A CIRCA 0.66 KM AD EST DEL' SITO DI **San Benedetto Ullano** (*Sistema San Marco Argentano – San Fili*), INDIVIDUATA CON IL 32801. PRESENTA: UNA DIREZIONE CIRCA N-S (N 340); UNO SVILUPPO DI CIRCA 9.83 KM; UN CINEMATISMO DI TIPO NORMALE; UN SLIP-RATE DI CIRCA 1.0 MM/YR, CON ULTIMA ATTIVITÀ NOTA NELL'OLOCENE (<3000 YR). IL SISTEMA, MONACO E TORTORICI 1995, ATTRIBUISCONO L'EVENTO SISMICO DI MAGNITUDO 6



MAGGIO 1184. **Faglia Montalto Uffugo** (*Sistema Torano Castello – Rende*), INDIVIDUATA CON IL CODICE **82704**, PRESENTA: UNA DIREZIONE CIRCA N-S (N 360); UNO SVILUPPO DI CIRCA 5.90 KM; UN CINEMATISMO DI TIPO NORMALE; UNO SLIP-RATE DI CIRCA 1.0 MM/YR, CON ULTIMA NOTA NELL'OLOCENE (<3000 YR).

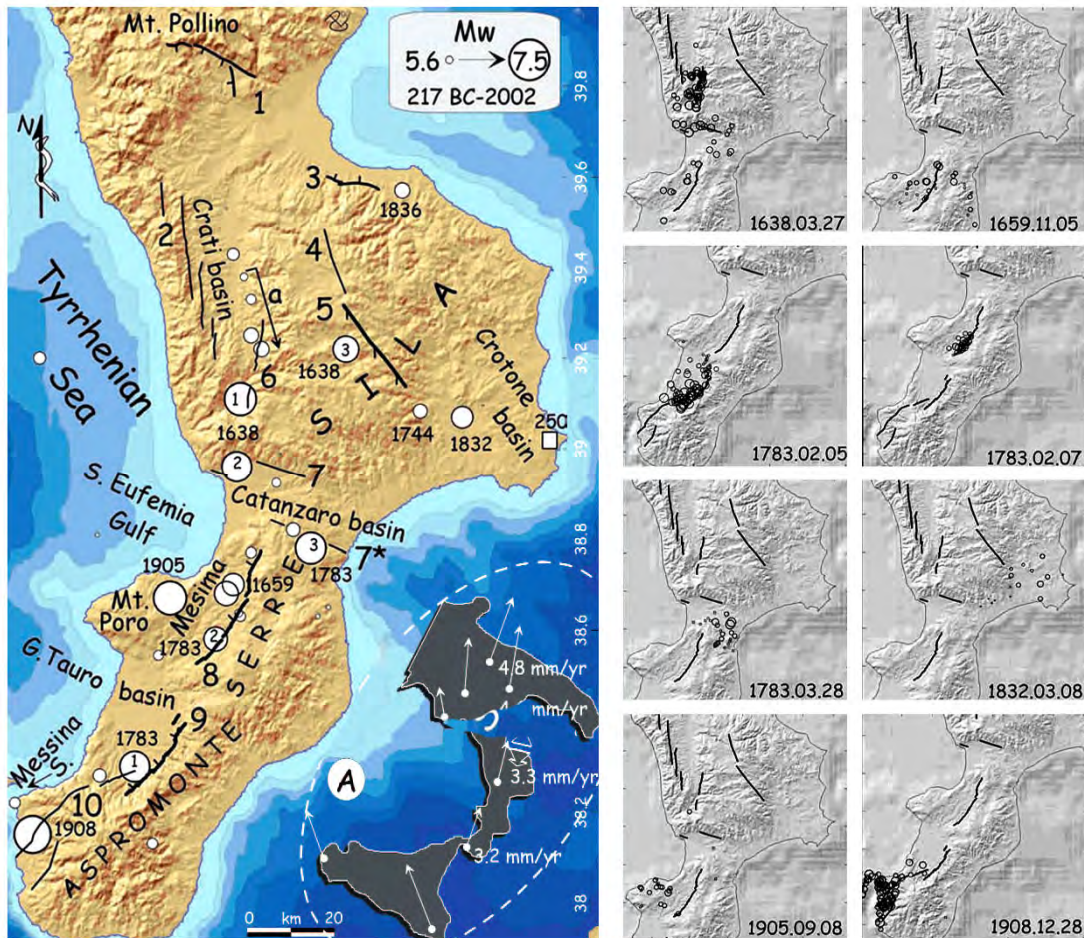


LA ZONA DEL TERRITORIO DI MONTALTO UFFUGO, NEOTETTONICAMENTE, RIENTRA NELLE STRUTTURE TETTONICHE POTENZIALMENTE ATTIVE E CAPACI SUDDETTE. DATO CHE LA DATA DI TALE FAGLIE RISALE ALL'OLOCENE ESSE VERRANNO CONSIDERATE POTENZIALMENTE CAPACI. IN OGNI CASO, DATA LA DISTANZA, NON INFERIORE A CIRCA 660 METRI, L'AREA DI STUDIO NON DEVE CONSIDERARE NON A PERICOLOSITÀ SISMICA PER EFFETTI COOSISMICI DOVUTI ALLA PRESSIONE DI STRUTTURE TETTONICHE ATTIVE E CAPACI.

## 1.2. Sismicità dell'area.

LA CALABRIA È CARATTERIZZATA DA UN'INTENSA ATTIVITÀ GEODINAMICA TESTIMONIA I LIVELLI ENERGETICI RAGGIUNTI DAGLI EVENTI SISMICI IN EPOCA STORICA, INFATTI È LA REGIONE NELLA QUALE SI SONO VERIFICATI I TERREMOTI TRA I PIÙ CATASTROFICI ED A PIÙ ELEVATA ENERGIA DELL'AREA MEDITERRANEA. ANCHE LA DISTRIBUZIONE DEGLI EPICENTRI STRUMENTALI SOSTANZIALMENTE L'ATTIVITÀ DI MOLTI ELEMENTI TETTONICI INDIVIDUATI IN SUPERFICIE, DEL CRATI, LA STRETTA DI CATANZARO, IL SISTEMA SERRE-ASPROMONTE (MORETTI & GUARINI 2000; MONACO & TORTORICI 2000; TANSI ET ALII 2006). IL GRADO DI DISTRUZIONE RAGGIUNTO

OCCASIONE DEGLI EVENTI DEL 1783 E DEL 1908 È IN ASSOLUTO UNO TRA I PIÙ ELEVATI IN TUTTA LA MEDITERRANEA.



DISTRIBUZIONE DEI TERREMOTI CON  $M_w > 5.5$  (MODIFICATO DA CPTI (2004) E DELLE PRINCIPALI STRUTTURE SISMOGENETICHE NOTE. IN GRASSETTO QUELLE CERTE, OVVERO QUELLE PER LE QUALI SIANO STATE EFFETTUATE ANALISI SISMOLOGICHE. LA FRECCIA (A) INDICA LA SEQUENZA SISMICA OCCORSA NEL XVIII-XIX SECOLO DA NORD VERSO SUD NELLA VALLE DEL CRATI. I NUMERI 1-2-3 ALL'INTERNO DEGLI EPICENTRI DEL 1638 E 1783 INDICANO LE SCOSSE DEL 27-28 MARZO E 9 GIUGNO 1638 E 5-7 FEBBRAIO 1783. IL SIMBOLO QUADRATO NEL CROTONESE INDICA IL TERREMOTO DEDOTTO DA ANALISI ARCHEOSISMOLOGICHE (CAMASSI ET ALII, 2006A) E IVI DATATO INTORNO ALLA METÀ DEL III SECOLO D.C. -- (A) SONO VISUALIZZATE LE VELOCITÀ GPS CALABRESI (D'AGOSTINO & SELVAGGI (2004). LA DIFFERENZA TRA LE VELOCITÀ DELLA PUGLIA E DELLA CALABRIA CENTRO-MERIDIONALE EVIDENZIANO UN'ESTENSIONE INTERMEDIA DI ~1,5 MM/ANNO, DI CUI ~2/3 POTREBBERO ESSERE ACCOMODATI DAL SISTEMA SILENTINO E DEL POLLINO. -- DISTRIBUZIONE DEGLI EFFETTI MAGGIORI DELL'8-9 GRADO MCS PER I DIVERSI TERREMOTI DEI SECOLI XVII-XIX (MOD. DA GALLI & BOSI, 2002).

LA QUASI TOTALITÀ DEI TERREMOTI CALABRESI, NORD, SOLO A PARTIRE DAL XVII SECOLO, CON UN'INIZIALE SEQUENZA CHE DAL 1638 AL 1908 HA DEVASTATO PREVALENTI LA PARTE TIRRENICA DELLA PENISOLA, DA NORD VERSO SUD. POCO O NULLA SAPPIAMO INVECE DI QUELLE CHE AVVENNE NEI SECOLI PRECEDENTI. RECENTI RICERCHE D'ARCHIVIO (GALLI ET ALII, 2004; CAMASSI ET ALII, 2004; SCIONTI ET ALII, 2006) HANNO EVIDENZIATO L'ESISTENZA DI UNA

SISMICITÀ «SOTTERRANEA», ANCHE DI ELEVATA MAGNITUDO (M~6) AVVENUTA SIA PRIMA CHE DOPO IL XVII SECOLO, NON ANCORA APPIENO SVELATA, MA NON CERTO PARAGONABILE A QUELLA DEI TERREMOTI CATASTROFICI DELLA NOMINATA SEQUENZA 5) 634-1908 (67) PUÒ DUNQUE AFFERMARE CHE GRAN PARTE DELLE PRINCIPALI STRUTTURE SISMOGENETICHE DI QUELLE ZONE SONO ATTIVATE NEGLI ULTIMI 400 ANNI E CHE IL LORO TEMPO DI RITORNO È SUPERIORE A QUELLO COPERTO DALLE FONTI STORICHE. DALL'INSIEME DELLE CONOSCENZE SULLA TETTONICA DELLA CALABRIA SI POSSONO, INFINE, DELINEARE DUE ZONE CON DIREZIONE DI ESTENSIONE DIVERSA (~55° (~NNE-SSW NELLA CALABRIA CENTRO-SETTENTRIONALE, ~NW-SE IN QUELLA DELL'AREA SUD-ORIENTALE) SEPARATE DA UNA ZONA DI SVINCOLO CINEMATICO PROFONDO NELLA STRETTA DI CAPO DI LEUCASIA, CHE POTREBBERO RIFLETTERE IL LIMITE DELLA ZONA DI SUBDUZIONE ATTIVA AL DI SOTTO DELL'APPENNINO CALABRO.

PER LA DEFINIZIONE DEI CARATTERI DELLA SISMICITÀ STORICA DELLA ZONA SI È FATTO RIFERIMENTO AL COMUNE DI MONTALTO UFFUGO. I TERREMOTI CHE HANNO AVUTO RIFERIMENTO A QUELLO LOCALITÀ SONO QUELLI RICORDATI IN *Guida agli Eventi Forti Terremoti in Italia*, BOSCHI ET ALII (1997) SI POSSONO OSSERVARE DALLA SCHEDA di Montalto Uffugo DEL Programma provinciale di previsione e prevenzione del rischio nella provincia di Cosenza E DALLA TABELLA DEL Database Macrosismico Italiano DBMI15 DI SEGUITO RIPORTATE. L'INTENSITÀ È DA RIFERIRSI ALLA SCALA MERCALLI MODIFICATA CHE È BASATA SULL'OSSERVAZIONE DI EFFETTI SUPERFICIALI, CAUSATI DA UN TERREMOTO.

COMUNE DI MONTALTO UFFUGO							SCHEDA S081		N° TERREMOTI 7		
Anno	Mese	Giorno	Ora	Min	Lat	Long	Io	Int	Epicentro	Me	RC
1638	03	27	15	05	39.08	16.28	11.0	8.5	CALABRIA	7.1	A
1783	03	28	18	55	38.83	16.48	11.0	7.5	CALABRIA	7.0	A
1854	02	12	17	50	39.25	16.30	10.0	7.5	COSENTINO	6.0	A
1870	10	04	16	55	39.22	16.33	9.5	6.0	COSENTINO	5.8	A
1887	12	03	03	45	39.53	16.17	8.0	5.0	CALABRIA SETT.	5.2	A
1905	09	08	01	43	38.67	16.05	10.0	8.0	CALABRIA	6.9	A
1908	12	28	04	20	38.18	15.68	11.0	6.5	CAL. MERD.-ME	7.2	A

#### Effetti del terremoto:

- 1638:** LA SCOSSA DEL 27 MARZO CAUSÒ IL CROLLO DI GRAN PARTE DELL'ABITATO.
- 1783:** IL TERREMOTO DEL 28 MARZO 1783 FU MOLTO FORTE, 2 CASE CROLLARONO E 12 RISULTARONO CADENTI; DANNI AGLI EDIFICI ABITAZIONI FURONO GRAVEMENTE LESIONATE E ALTRE 172 RIPOSTARONO LIEVI DANNI; LESIONI SI AVERO IN DUE CONVENTI DI SANTA CHIARA, DEI CARMELITANI E DEI CAPPUCCINI CON LE RISPETTIVE CHIESE, LA CHIESA DEL MONASTERO DEI PAOLOTTI FU DISTRUTTA.
- 1854:** LA CHIESA PARROCCHIALE FU GRAVEMENTE DANNEGGIATA TANTO DA NON ESSERE PIÙ AGIBILE: CROLLO DEL TAVOLATO, FACCIA, LA VOLTA E DUE PILASTRI DELLA NAVATA CENTRALE. FURONO DANNEGGIATE ANCHE LE EX

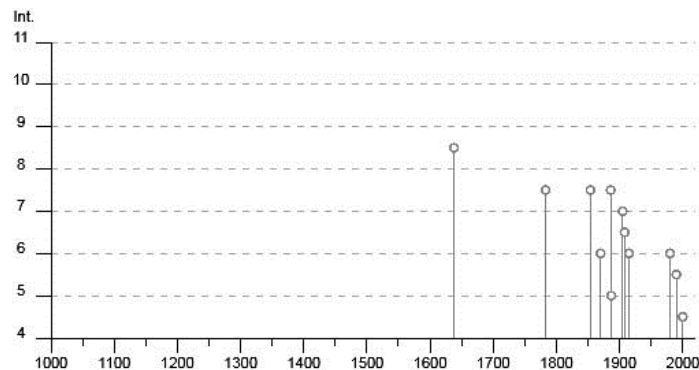
CARMELITANI E DEI DOMENICANI; RIDOTTO IN VERTICALE A GIUDICATO REGIO; SERI DANNI ANCHE AGLI EDIFICI PRIVATI, CROLLÒ UNA TORRE NELLA CONTRADA PERRERA. NON VI FURONO MORTI

- 1870:** UNA RECENTE REVISIONE SCIENTIFICA ATTRIBUISCE UN VALORE D'INTENSITÀ PARI AL VI-V GRADO MC FORNIRE DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI.
- 1887:** IL TERREMOTO VENNE INTESO FORTEMENTE, MA NON PRODUSSE DANNI.
- 1905:** IL TERREMOTO PRODUSSE GRAVI DANNI E LA MORTE DI UNA PERSONA. LE CASE CROLLATE O RESE INABITABILI SOLTANTO 10, MA TUTTE LE ALTRE FURONO LESIONATE IN MODO PIÙ O MENO GRAVE; FURONO, INOLTRE, PARZIALMENTE 10 CASE, PUNTELLATE 23 E RIPARATE 453. GRAVEMENTE DANNEGGIATE ANCHE LE CHIESE. IL MONASTERO DI SAN DOMENICO COMPLESSIVAMENTE FURONO CHIUSE AL CULTO 4 CHIESE.
- 1908:** LA SCOSSA FU MOLTO FORTE E CAUSÒ DANNI ALLA CUPOLA DELLA CHIESA MADRE, AL PALAZZO COMUNALE, ALLA CHIESA DI SAN DOMENICO.

### Montalto Uffugo

PlaceID IT\_64145 Provincia Cosenza  
 Coordinate (lat, lon) 39.405, 16.158 Regione Calabria  
 Comune (ISTAT 2015) Montalto Uffugo Numero di eventi riportati 21

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8-9	1638	03	27	15	05		Calabria centrale	213	11	7.09
7-8	1783	03	28	18	55		Calabria centrale	323	11	7.03
7-8	1854	02	12	17	50		Cosentino	89	10	6.34
6	1870	10	04	16	55		Cosentino	54	9-10	6.24
7-8	1886	03	06				Cosentino	10	7-8	5.57
5	1887	12	03	03	45		Calabria settentrionale	142	8	5.55
7	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
6-7	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
6	1915	01	18	23	30		Cosentino	15	6-7	4.97
3	1958	07	13	20	48		Sila Piccola	50	5-6	4.56
6	1980	02	20	02	34	0	Cosentino	34	6-7	4.42
3	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70
3	1988	04	13	21	28	2	Golfo di Taranto	272	6-7	4.86
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
2	1993	08	10	01	14	1	Golfo di Taranto	79	4-5	4.45
3	1996	04	27	00	38	2	Sila Greca	123	6-7	4.77
3	1996	08	06	22	20	5	Valle del Crati	33	4-5	3.08
4-5	2000	08	03	09	47	2	Valle del Crati	55	5-6	4.02
3-4	2001	10	18	11	02	4	Valle del Crati	115	5	4.28
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2006	04	17	02	44	0	Costa calabra settentrionale	135	4-5	4.76





## 2. LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.

### 2.1. Pericolosità sismica di base (NTC2008) della strategia di progetto utilizzata e suoi valori di disaggregazione.

DALLA BIBLIOGRAFIA ESISTENTE IL COMUNE DI MONTALTO UFFUGO PER LA NO ANTISISMICA. *Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*, ERA CLASSIFICATO COME *zona sismica di seconda categoria S=9 CON  $k=0,07$* . CON *Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1 E SUCCESSIVE MODIFICAZIONI, VIENE RICLASSIFICATO COME ZONA SISMICA III* CON A VIENE RIPORTATO IL RECORD AFFERENTE AL COMUNE DI MONTALTO UFFUGO (ELENCO DEI ELEVATO RISCHIO SISMICO AI SENSI DELL'ART. 12 DELLA LEGGE 27.12.1997, N. 449 CONTI *Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*.

Codice ISTAT	Regione	Provincia	Comune	Popolazione residente (1991)	Abitazioni (1991)	Grado di Sismicità	Data di classificazione	Indice di rischio	Intensità massima osservata (MCS)
18078081	CALABRIA	COSENZA	MONTALTO UFFUGO	15093	6185	9	18/04/09	0,5272	9

DAL RAPPORTO CONCLUSIVO (APRILE 2004) PER LA REDAZIONE DELLA MAPPA DI PERICOLO SISMICA PREVISTA *Ordinanza PCM n. 3519 DEL 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*, NELL' ALLEGATO A *Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale"*, RIPOSTA IN CARTA, PER TERRITORIO NAZIONALE, LA PERICOLOSITÀ ESPRESSA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO (AMAX) CON PROBABILITÀ DEL 10% IN 50 ANNI RIFERITA AI SUOLI MOLTO RIGIDI ( $V_S > 800$  M/S). IN TALE ELABORATO L'AMAX DEI SEDIME È COMPRESA NEL TRATTO DI TERRITORIO COMUNALE DI LOCRI RICADENTE NEL VALORE DI ACCELERAZIONE MASSIMA:  $0,250 < AMAX \leq 0,75$  DEL 17 gennaio 2018 *"Norme Tecniche per le costruzioni"*, NELL' *Allegato B: "Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica"*, LA TABELLA 1 FORNISCE, PER 10.751 PUNTI DEL RETICOLO DI RIFERIMENTO E I VALORI DEL PERIODO DI RITORNO  $T_R$  (30 ANNI, 50 ANNI, 72 ANNI, 101 ANNI, 140 ANNI, 201 ANNI, 475 ANNI, 975 ANNI, 2475 ANNI), I VALORI DEI PARAMETRI DA UTILIZZARE PER DEFINIRE

L'AZIONE SISMICA NEI MODI PREVISTI DALLE NTC. SECONDO L'NTC2018 L'AREA DI STUDIO (LAT. 39,404300° N, LON. 16,154500° E), RICADE ALL'INTERNO DEI PUNTI DEL RETICOLO DI RIFERIMENTO NAZIONALE RIPORTATI IN TAB. 01. DA CUI È SOGGETTA AI PARAMETRI CHE PER L'AZIONE SISMICA RIPORTATI IN TAB. 02.  $a_g$ =ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA AL SITO;  $F_0$ =VALORE MASSIMO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DELLO SPETTRO IN ACCELERAZIONE;  $T_c^*$  PERIODO DI INIZIO DEL TRATTO A VELOCITÀ COSTANTE DELLO SPETTRO IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE.

TAB. 01 -- PUNTI DEL RETICOLO DI RIFERIMENTO NAZIONALE				
PUNTO	ID	LATITUDINE (ED50) [°]	LONGITUDINE (ED50) [°]	DISTANZA [M]
1	39446	39,403270	16,140690	1192,050
2	39447	39,401700	16,205290	4373,476
3	39225	39,451680	16,207360	6954,767
4	39224	39,453250	16,142680	5536,832

TAB. 02 -- VALORI DEI PARAMETRI AG, F <sub>0</sub> , TC* PER IL PERIODO DI RITORNO TR DI RIFERIMENTO			
TR (ANNI)	AG (G)	F <sub>0</sub> (--)	TC* (S)
30	0,066	2,298	0,283
50	0,088	2,275	0,308
72	0,106	2,292	0,322
101	0,126	2,323	0,329
140	0,148	2,355	0,337
201	0,176	2,374	0,347
475	0,258	2,426	0,369
975	0,347	2,464	0,393
2.475	0,494	2,509	0,440

LE NTC2018, NEL § 2.1 PRINCIPI FONDAMENTALI, TESTUALMENTE CITANO: “LE OPERE E I LORO COMPONENTI STRUTTURALI DEVONO ESSERE PROGETTATE, ESEGUITE, COLLAUDATE E MANUTENUTE IN MODO TALE DA CONSENTIRNE LA PREVISTA UTILIZZAZIONE, IN CONDIZIONI ECONOMICAMENTE SOSTENIBILE E CON LIVELLO DI SICUREZZA PREVISTO NELLE PRESENTI NTC. LA SICUREZZA E LE PRESTAZIONI DI UN’OPERA O DI UNA PARTE DI ESSA DEVONO ESSERE VERIFICATE IN RELAZIONE AGLI STATI LIMITE CHE SI POSSONO VERIFICARE DURANTE LA VITA NOMINALE. LA CONDIZIONE SUPERATA LA QUALE L’OPERA NON SODDISFA PIÙ LE ESIGENZE PER LA QUALITÀ PROGETTATA”. ALLA LUCE DI QUANTO SOPRA, PER LA SCELTA DEI PARAMETRI SISMICI CHE INTERVENGONO NELLE VERIFICA SISMICA, BISOGNA CLASSIFICARE L’OPERA IN BASE ALLA VITA NOMINALE (§ 2.4.1), CLASSE D’USO (§ 2.4.2) E PERIODO DI RIFERIMENTO PER L’AZIONE SISMICA (§ 2.4.3)



§ 2.4.1 – TAB. 2.4.I, VITA NOMINALE VN PER TIPI DI COSTRUZIONE		
TIPI DI COSTRUZIONE		VITA NOMINALE VN (ANNI)
1	COSTRUZIONI TEMPORANEE E PROVVISORIE	10
2	COSTRUZIONI CON LIVELLI DI PRESTAZIONI ORDINARI	50
3	COSTRUZIONI CON LIVELLI DI PRESTAZIONI ELEVATI	100

§ 2.4.2. – CLASSI D’USO		
CLASSE I	COSTRUZIONI CON PRESENZA SOLO OCCASIONALE DI PERSONE, EDIFICI AGRICOLI.	
CLASSE II	COSTRUZIONI IL CUI USO PREVEDA NORMALI AFFOLLAMENTI, SENZA CONTENUTI PERICOLOSI PER L’AMBIENTE E SENZA FUNZIONI PUBBLICHE E SOCIALI ESSENZIALI. INDUSTRIE CON ATTIVITÀ PERICOLOSE PER L’AMBIENTE. PONTI, OPERE INFRASTRUTTURALI, RETI VIARIE NON RICADENTI IN CLASSE D’USO III O IN CLASSE D’USO IV, RETI FERROVIARIE LA CUI INTERRUZIONE NON PROVOCI SITUAZIONI DI EMERGENZA. DIGHE IL CUI COLLASSO NON PROVOCI CONSEGUENZE RILEVANTI.	
CLASSE III	COSTRUZIONI IL CUI USO PREVEDA AFFOLLAMENTI SIGNIFICATIVI. INDUSTRIE CON ATTIVITÀ PERICOLOSE PER L’AMBIENTE. RETI VIARIE EXTRAURBANE NON RICADENTI IN CLASSE D’USO III, PONTI E RETI FERROVIARIE LA CUI INTERRUZIONE PROVOCI SITUAZIONI DI EMERGENZA. DIGHE RILEVANTI PER LE CONSEGUENZE DI UN LORO EVENTUALE COLLASSO*.	
CLASSE IV	COSTRUZIONI CON FUNZIONI PUBBLICHE O STRATEGICHE IMPORTANTI, ANCHE CON RIFERIMENTI ALLA GESTIONE DELLA PROTEZIONE CIVILE IN CASO DI CALAMITÀ. INDUSTRIE CON ATTIVITÀ PARTICOLARMENTE PERICOLOSE PER L’AMBIENTE. RETI VIARIE DI TIPO A O B, DI CUI AL D.M. 10/11/2001, N. 6792, “NORME FUNZIONALI E GEOMETRICHE PER LA COSTRUZIONE DELLE STRADE”, E DI TIPO C QUANDO APPARTENENTI AD ITINERARI DI COLLEGAMENTO TRA CAPOLUOGHI DI PROVINCIA NON ALTRESÌ SERVITI DA STRADE DI TIPO A O B. PONTI E RETI FERROVIARIE DI IMPORTANZA CRITICA PER IL MANTENIMENTO DELLE VIE DI COMUNICAZIONE, PARTICOLARMENTE DOPO UN EVENTO SISMICO. DIGHE CONNESSE AL FUNZIONAMENTO DI ACQUEDOTTI E A IMPIANTI DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA.	
* PER QUANTO RIGUARDA LE CLASSI III E IV DEFINIZIONI DETTAGLIATE SULLE OPERE SONO CONTENUTE NEI CAPITOLI DEL CAPO DI PROTEZIONE CIVILE N. 3685 DEL 21 OTTOBRE 2003.		

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA  $A_{VR}$  (§ 2.4.3):

§ 2.4.3 – TAB. 2.4.II, VALORI DEL COEFFICIENTE D'USO				
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

PER LE VERIFICHE SISMICHE, DALLE INDICAZIONI FORNITE DAI PROGETTISTI, LA STRUTTURALE DEL PROGETTO È IDENTIFICATA CON:

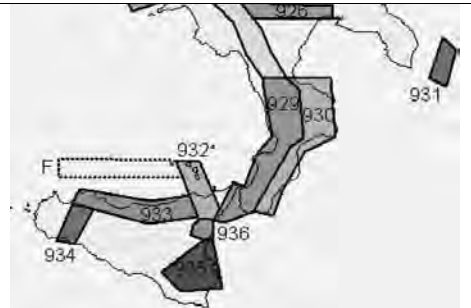
- VITA NOMINALE **50 ANNI** "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari", (§ 2.4.1. TAB. 2.4.I.)

- CLASSE D'USO ~~III~~ **III** “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso”. (§ 2.4.2.)
- PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA ~~III~~ **III** (§ 2.4.3. E CON VALORE DEL COEFFICIENTE ~~0.5~~ **0.5** PER COME DEFINITO NELLA TAB. 2.4.II. AL VARIARE DELLA CLASSE D'USO).

PER DETERMINARE LA MAGNITUDO ATTESA IN UN'AREA NON ESISTE NELLA NORMATIVA UNIVOCO. LE LINEE GUIDA “INDIRIZZI E CRITERI PER LA ZONAZIONE SISMICA” (ICMS) E LA PROTEZIONE CIVILE (UNICO DOCUMENTO UFFICIALE IN TEMA) INDICA DUE STRADE: LA ZONAZIONE SISMOGENETICA (ZS9) DEL TERRITORIO NAZIONALE SECONDO LA QUALE LA SISMICITÀ È DISTRIBUITA IN 36 ZONE, A CIASCUNA DELLE QUALI È ASSOCIATA UNA LEGGE DI RICORRENZA DI MAGNITUDO; LA DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA: UN'OPERAZIONE CHE PERMETTE DI VALUTARE I CONTRIBUTI DI DIVERSE SORGENTI SISMICHE ALLA PERICOLOSITÀ DI UN SITO.

LA ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA CONTENUTA NELL'ORDINANZA N° 3274/03 DENOMINATA “ZS9” PROPONE LA SUDDIVISIONE DEL TERRITORIO NAZIONALE IN FASCE CHE PRESENTANO INTERNO REQUISITI DI OMOGENEITÀ IN RELAZIONE ALLE CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI E SISMICHE. UNA BASE ESSENZIALE PER LA ZONAZIONE DEL TERRITORIO È RAPPRESENTATA DALLA SISMOTETTONICA DELL'AREA ITALIANA, E CONTRIBUTI RILEVANTI PER LA DEFINIZIONE DELLE FASCE SONO FORNITI DAI CATALOGHI SISMICI DISPONIBILI. IN PARTICOLARE ZS9 È COSTRUITA IN RIFERIMENTO AL MODELLO SISMOTETTONICO DI MELETTI ET AL. (2000), RIVISTO ED INTEGRATO IN ANNI SUCCESSIVI ALLA SUA FORMULAZIONE. INOLTRE ZS9 È DEFINITA SULLA SCORTA DELL'INFORMAZIONE DISPONIBILI DAI CATALOGHI CPTI2 (CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI) E CPTI1 (DATABASE DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE). L'ELEMENTO DI NOVITÀ È RAPPRESENTATO DALL'IMPIEGO DI UN CATALOGO SISMICO PIÙ AGGIORNATO (CPTI2) E DALL'INTRODUZIONE DI CONOSCENZE PIÙ RECENTI SULLA GEOMETRIA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE (DATI DISPONIBILI NEGLI ULTIMI ANNI, INFATTI, LA QUANTITÀ DI INFORMAZIONI SULLA SISMOGENESI DEL TERRITORIO ITALIANO (SIA PER QUANTO RIGUARDA GLI ASPETTI GEOMETRICI DELLE SORGENTI CHE PER IL LORO COMPORTAMENTO ATTESO) È NOTEVOLMENTE AUMENTATA RISPETTO A QUELLA

PERIODO IN CUI I RICERCATORI PROCEDEVANO ALLA REALIZZAZIONE DI ZS4. TALI CO  
 RAPPRESENTANO UNO DEGLI ELEMENTI CHIAVE PER IL TRACCIAMENTO DELLE NUOVE ZONE  
 ZONAZIONE LA CALABRIA È SUDDIVISA IN DUE ZONE SISMOGENETICHE: UNA SUL LATO TIR  
 REGIONE (ZONA 929) ED UNA SUL VERSANTE IONICO (ZONA 930). L'ESISTENZA DI QUEST  
 DISTINTE ZONE RISPECCHIA LIVELLI DI SISMICITÀ BEN DIFFERENTI. I TERREMOTI CON F  
 MAGNITUDO (1783, 1905, 1908) HANNO INFATTI INTERESSATO I BACINI DEL CRATI, DEL SAVU  
 MESIMA FINO ALLO STRETTO DI MESSINA (ZONA 929). SUL VERSANTE IONICO DELLA CALAB  
 EVENTI HANNO SUPERATO UN VALORE DI MAGNITUDO PARI A 6, TRA QUESTI IL TERREMOT  
 APPARE COME L'EVENTO PIÙ FORTE. NELLA TABELLA SEGUENTE SI RIPORTA LA MAGNITU  
 MASSIMA "MWMAX" RISPETTIVAMENTE PER LA ZONA SISMOGENETICA DENOMINATA "C  
 TIRRENICA 929" E "CALABRIA IONICA 930". IN PARTICOLARE L'AREA OGGETTO DI STUDIO RI  
**ZS n. 929, CHE PREVEDE MWmax= 7.29.**

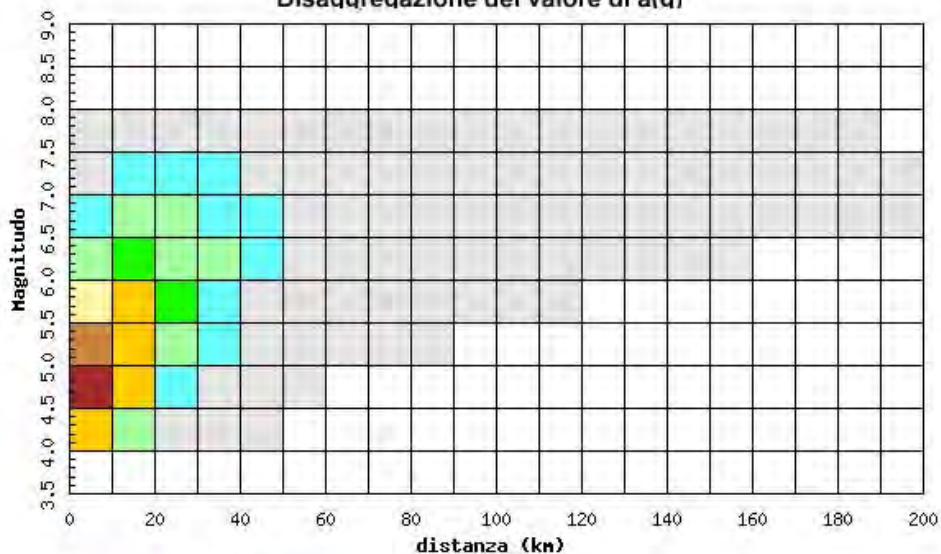
Valori della Magnitudo momento massima "Mwmax" per le Zone Sismogenetiche ZS9 (estratto da "Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica"-2004)			
Zona Sismica - ZS9	Numero Zona Sismica	Mwmax	
Calabria Tirrenica	929	7.29	
Calabria Ionica	930	6.60	

LA DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA (ES. MCGUIRE, 1995; BAZZURRO E C  
 1999) È UN'OPERAZIONE CHE CONSENTE DI VALUTARE I CONTRIBUTI DI DIVERSE SORGENT  
 ALLA PERICOLOSITÀ DI UN SITO. LA FORMA PIÙ COMUNE DI DISAGGREGAZIONE È  
 BIDIMENSIONALE IN MAGNITUDO E DISTANZA (M-R) CHE PERMETTE DI DEFINIRE IL CONT  
 SORGENTI SISMOGENETICHE A DISTANZA R CAPACI DI GENERARE TERREMOTI DI MAG  
 ESPRESSO IN ALTRI TERMINI IL PROCESSO DI DISAGGREGAZIONE IN M-R FORNISCE IL TER  
 DOMINA LO SCENARIO DI PERICOLOSITÀ (TERREMOTO DI SCENARIO) INTESO COME L'  
 MAGNITUDO M A DISTANZA R DAL SITO OGGETTO DI STUDIO CHE CONTRIBUISCE MAGGIO  
 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO STESSO. ANALOGAMENTE ALLA DISAGGREGAZIONE IN M-R  
 DEFINIRE LA DISAGGREGAZIONE TRIDIMENSIONALE RAPPRESENTA IL NUMERO DI  
 DEVIAZIONI STANDARD PER CUI LO SCUOTIMENTO (LOGARITMICO) DEVI DAL VALORE MED  
 DA UNA DATA LEGGE DI ATTENUAZIONE DATI M ED R. L'ANALISI DI DISAGGREGAZIONE È STA  
 PER 16852 SITI CORRISPONDENTI AI NODI DELLA GRIGLIA ADOTTATA PER LA REDAZIONE DE

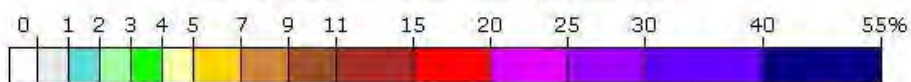
PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE (GRUPPO DI LAVORO MPS, 2004). IN PAESI  
SONO STATI DISAGGREGATI I VALORI MEDIANI DI SCUOTIMENTO (RIFERITI A SUOLO RIGIDO)  
TERMINI DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO (PGA) CORRISPONDENTI A 9 PERIODI  
RITORNO (MRP) 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 E 2500 ANNI. DALL'ELABORAZIONE DEI DATI  
FORNITI DALL'INGV ([HTTP://ESSE1-GIS.MI.INGV.IT/](http://ESSE1-GIS.MI.INGV.IT/)) SECONDO LE PROCEDURE DELLA DELIVERABLE  
*“Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε”* (D. SPALLAROSSA, S.  
BARANI, 2007) E PER COME SOPRA BREVEMENTE RIASSUNTO, PER I SITI DI STUDIO, SONO STATE  
ELABORATI I DATI DI DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA, IN TERMINI DI M-R, DEI VALORI  
DEI VALORI DI PGA CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO, RISPETTIVAMENTE DEL 81%, 63%, 10% E 5% IN 75 ANNI  
CORRISPONDENTI AD UN M.R.P. DI 45, 75, 712 E 1462 ANNI PER COME RICHIESTI DALLA STRATEGIA  
PROGETTAZIONE ADOTTATA. DA QUANTO DETTO PRECEDENTEMENTE, IN SINTESI, I PARAMETRI  
PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL'AREA DI STUDIO SONO I SEGUENTI

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 81% in 75 anni										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	6.850	13.500	8.540	4.800	2.460	1.190	0.558	0.069	0.000	0.000
10-20	0.000	2.420	6.730	6.590	5.300	3.590	2.100	1.110	0.142	0.000	0.000
20-30	0.000	0.481	1.930	2.800	3.150	2.840	2.100	1.320	0.185	0.000	0.000
30-40	0.000	0.053	0.523	1.170	1.740	2.010	1.860	1.350	0.177	0.000	0.000
40-50	0.000	0.001	0.104	0.443	0.839	1.160	1.080	0.799	0.074	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.010	0.151	0.397	0.644	0.615	0.499	0.048	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.042	0.203	0.395	0.405	0.365	0.040	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.009	0.101	0.243	0.238	0.221	0.023	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.001	0.042	0.140	0.150	0.151	0.016	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.055	0.088	0.103	0.011	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.023	0.054	0.072	0.008	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.033	0.049	0.006	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.020	0.033	0.004	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.015	0.029	0.004	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.022	0.004	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.016	0.003	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.012	0.002	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.001	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.001	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000

**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**  
**Disaggregazione del valore di a(q)**

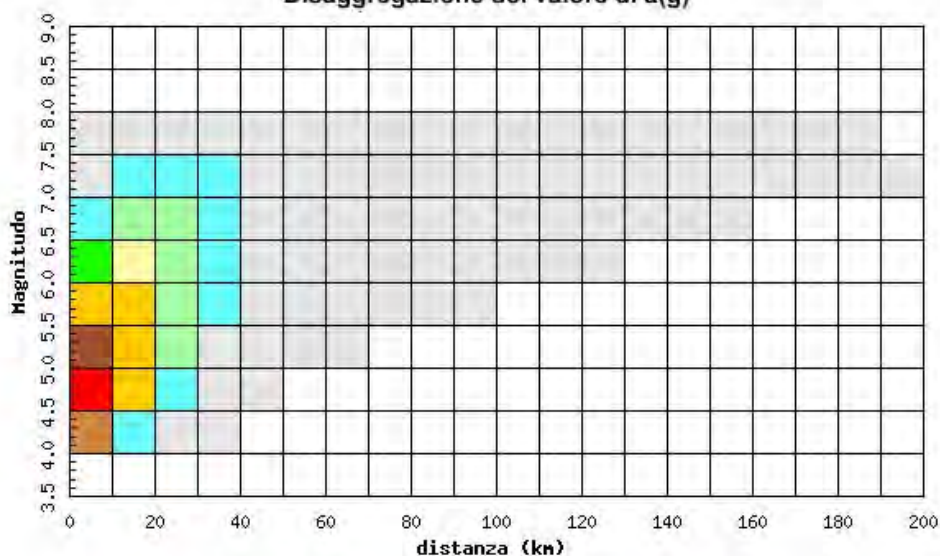


**Contributo percentuale alla pericolosità**

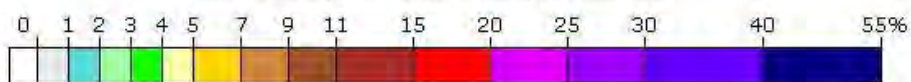


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 63% in 75 anni										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	7.130	15.000	10.300	6.240	3.370	1.690	0.804	0.100	0.000	0.000
10-20	0.000	1.770	5.490	6.140	5.570	4.180	2.670	1.500	0.198	0.000	0.000
20-30	0.000	0.208	1.160	2.070	2.700	2.780	2.320	1.610	0.238	0.000	0.000
30-40	0.000	0.001	0.168	0.687	1.270	1.710	1.820	1.480	0.210	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.010	0.195	0.541	0.897	0.956	0.803	0.081	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.036	0.217	0.451	0.498	0.462	0.048	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.003	0.085	0.250	0.302	0.314	0.038	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.138	0.164	0.178	0.020	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.068	0.096	0.115	0.013	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.051	0.074	0.009	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.028	0.048	0.006	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.015	0.031	0.004	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.020	0.003	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.016	0.003	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.011	0.002	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**  
**Disaggregazione del valore di a(g)**



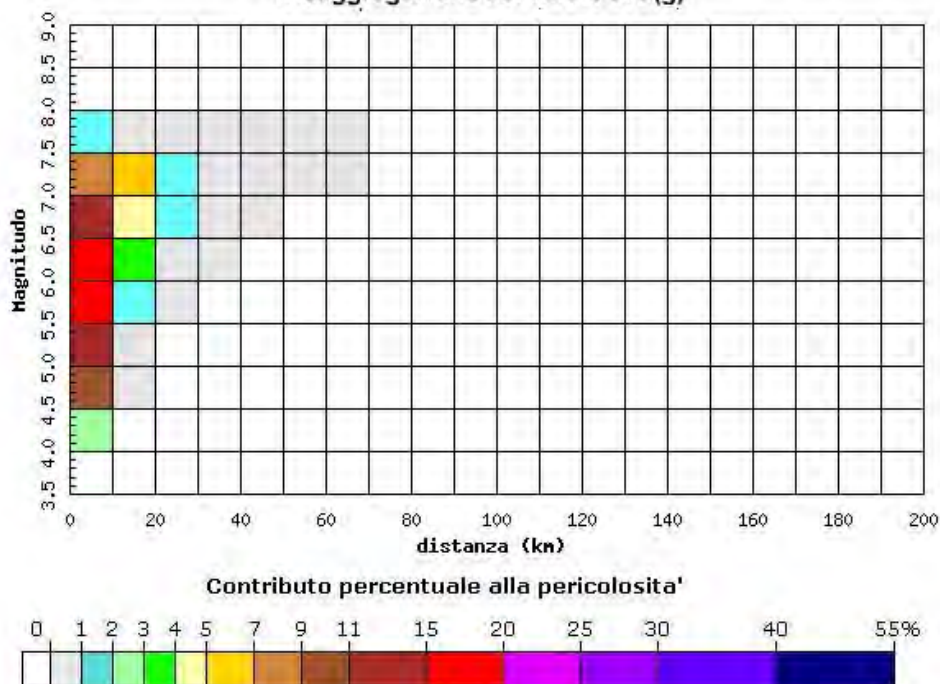
**Contributo percentuale alla pericolosità**



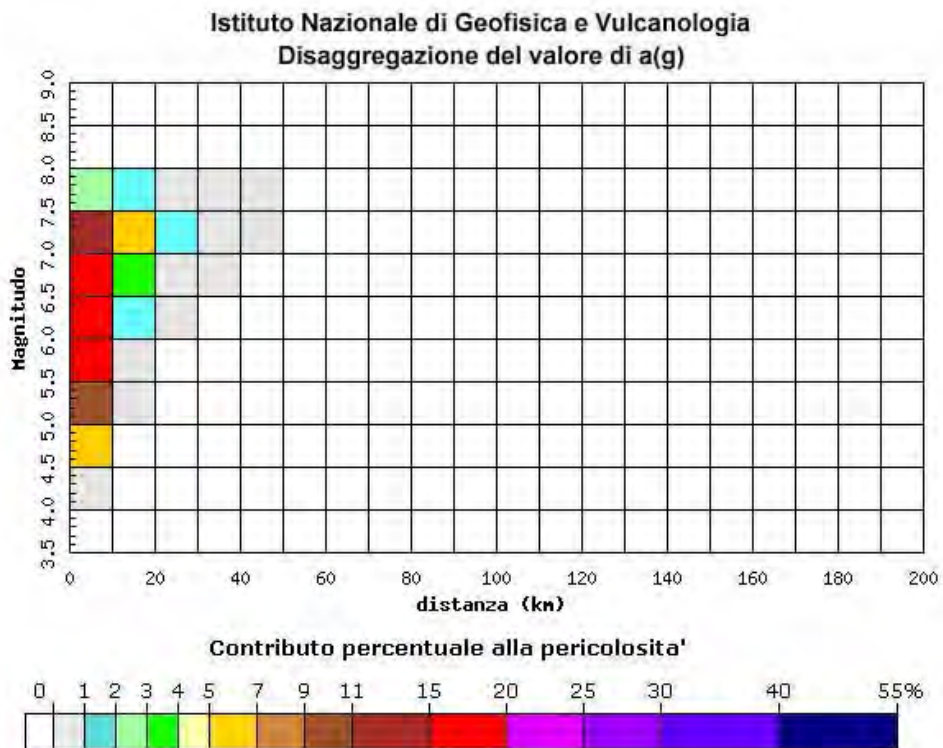


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 75 anni										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	2.640	10.000	14.200	16.100	15.000	11.800	8.020	1.180	0.000	0.000
10-20	0.000	0.000	0.015	0.459	1.720	3.350	4.630	5.040	0.966	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.333	1.050	1.780	0.427	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.188	0.626	0.165	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.123	0.030	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.008	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**  
**Disaggregazione del valore di a(g)**

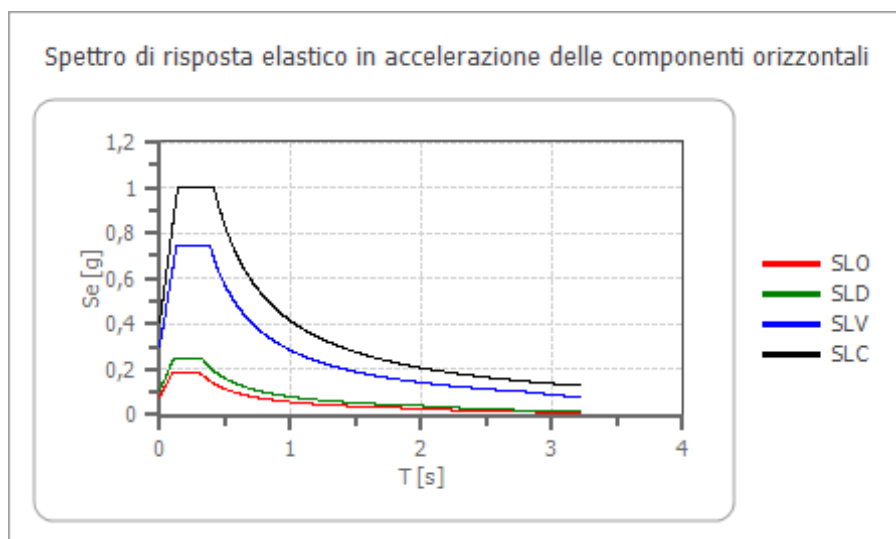


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 5% in 75 anni										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.982	5.350	10.700	15.900	18.500	17.800	14.400	2.360	0.000	0.000
10-20	0.000	0.000	0.000	0.005	0.384	1.700	3.590	5.190	1.160	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.283	1.070	0.322	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.144	0.078	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



stato limite	TR (anni)	Prob. Sup. (%)	Disagg. della pericolosità sismica in ag con Pvr in 75 anni		Parametri che definiscono l'azione sismica di base (NTC2008)		
			M	R (Km)	Ag (g)	F0 (---)	Tc* (s)
SLO	45	81%	5.570 (4.0-6.5)	19.000 (0-30)	0,083	2,280	0,303
SLD	75	63%	5.610 (4.0-6.5)	16.400 (0-20)	0,108	2,296	0,323
SLV	712	10%	6.100 (4.5-7.5)	7.100 (0-20)	0,304	2,447	0,382
SLC	1462	5%	6.340 (4.5-7.0)	5.780 (0-20)	0,404	2,483	0,413

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI														
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,083	2,280	0,303	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,101	0,303	1,931	0,083	0,189
SLD	1,5	0,108	2,296	0,323	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,108	0,323	2,033	0,108	0,249
SLV	1,5	0,304	2,447	0,382	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,127	0,382	2,818	0,304	0,745
SLC	1,5	0,404	2,483	0,413	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,138	0,413	3,217	0,404	1,004



SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI														
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,083	2,280	0,303	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,032	0,073
SLD	1,5	0,108	2,296	0,323	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,048	0,111
SLV	1,5	0,304	2,447	0,382	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,227	0,555
SLC	1,5	0,404	2,483	0,413	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,347	0,862

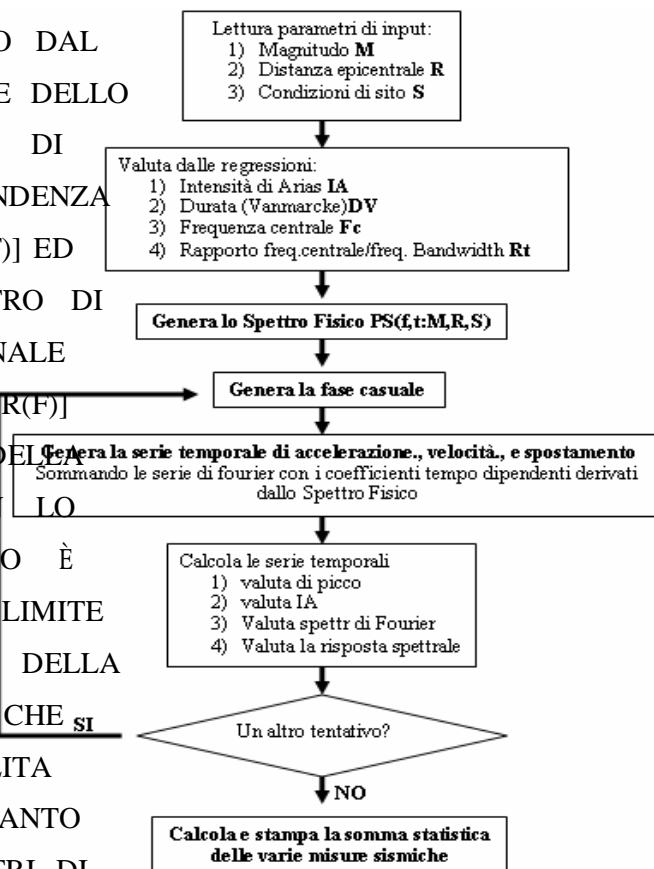


DALLO STATO LIMITE IN ESAME, DALLA VITA NOMINALE E CLASSE D'UTILIZZO; RICERCARE GLI SPETTRI CHE RISPONDONO AD UNA DETERMINATA COPPIA MAGNITUDO E DISTANZA. SPECIFICARE LA TOLLERANZA CON CUI LO SPETTRO MEDIO DELLA COMBINAZIONE DEVE TARGET NELL'INTERVALLO DI PERIODI INTERESSE ASSEGNATO, CHE PUÒ ESSERE UNO QUALCUNO E 4 SEC. IL CODICE CONSENTE DI EFFETTUARE ANALISI MIRATE A OTTENERE COMBINAZIONI DI ACCELEROGRAMMI COMPATIBILI CON LO SPETTRO CHE NON NECESSITANO DI ESSERE SCALATI. IL SET DI ACCELEROGRAMMI CHE ESSENDO STATI NORMALIZZATI RISPETTO ALLA PROPRIA FREQUENZA, SONO COMPATIBILI CON LO SPETTRO SE SCALATI LINEARMENTE IL CHE, COME DIMOSTRATO IN IERVOLINO (2008) E NEGLI ALTRI RIFERIMENTI IN ESSO CONTENUTI, CONSENTE DI OTTENERE COMBINAZIONI DI SPETTRI SONO SIMILI RISPETTO A QUELLO DI NORMATIVA E QUINDI PIÙ RACCOLTI ATTORNO A QUELLO. IL PROGRAMMA ANALIZZA TUTTE LE COMBINAZIONI DI SETTE SPETTRI DEFINITE DAI PARAMETRI DI INPUT E RESTITUISCE UNA LISTA (CHE INCLUDE TUTTE LE INFORMAZIONI SUI SINGOLI ACCELEROGRAMMI) IN CUI LO SPETTRO MEDIO RISPETTA LA COMPATIBILITÀ CON IL TARGET NELL'INTERVALLO DI PERIODI INTERESSE E CON LA TOLLERANZA PREVISTA. I RISULTATI SONO ORDINATI IN MODO CHE ALL'INIZIO DELLA LISTA SIANO LE COMBINAZIONI CHE HANNO I SINGOLI SPETTRI IL MENO DISPERSI POSSIBILE SECONDO I PARAMETRI DI DEVIATIONE DEFINITI IN IERVOLINO ET AL. (2008). I RISULTATI (FILE DEGLI ACCELEROGRAMMI E GLI SPETTRI DI RISPOSTA) VENGONO FORNITI IN FILE ASCII E CON UNITÀ DI MISURA I M/SEC.

LA GENERAZIONE DI ACCELEROGRAMMI SIMULATI COMPATIBILI CON GLI SPETTRI DELL'EDIFICIO È OPERATA MEDIANTE IL CODICE **Belfagor-C02** (MUCCIARELLI, 2004) CHE SFRUTTA LA PROCEDURA MESSA A PUNTO DA SABETTA & PUGLIESE 1996. IL CODICE BELFAGOR DERIVA DA PHYSIMQE E SI ARTICOLA IN DUE PARTI. PRIMA SI HA LA GENERAZIONE DI UN ACCELEROGRAMMA SIMULATO LE CUI CARATTERISTICHE DI DURATA, AMPIEZZA, INVILUPPO E DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA SONO DETERMINATI DA M, R E TIPOLOGIA DI SUOLO (S) DELL'EVENTO SISMICO CHE SI VUOLE SIMULARE. SUCCESSIVAMENTE SI OTTIENE LA CONVERGENZA DELLO SPETTRO DI RISPOSTA DESIDERATO MEDIANTE UNA PROCEDURA ITERATIVA CHE MODIFICA LA DISTRIBUZIONE DELLE AMPIEZZE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE (PROCESSO DI SCALATURA DELL'ACCELEROGRAMMA ALLO SPETTRO DI NORMA PREVISTA). LA SEQUENZA DETTAGLIATA DELLE OPERAZIONI ESEGUITA DAL PROGRAMMA È RAPPRESENTATA IN FIGURA. LA TIME HISTORIES È VALUTATA SECONDO UN METODO EMPIRICO BASATO SULLA TRASFORMATA DELLA SERIE DI FOURIER, CON FASE RANDOM E COEFFICIENTI TEMPO-DIPENDENTI. E', QUINDI, POSSIBILE DERIVARE I COEFFICIENTI DIPENDENTI DAL TEMPO DELLA SERIE DI FOURIER DA UNO SPETTRO DI RISPOSTA DEFINITO OPPORTUNAMENTE IN FUNZIONE DI M, DI R E DI S. QUESTI PARAMETRI SERVONO PER VALUTARE LE FUNZIONI  $PA(T)$ ,  $FC(T)$ ,  $FB(T)$ , OTTENUTE SPERIMENTALMENTE DA UN'A

REGRESSIONE DI DATI RELATIVI A 190 COMPONENTI ORIZZONTALI RELATIVE A REGISTRI TERREMOTI ITALIANI CON MAGNITUDO COMPRESA TRA 4,7 E 6,8. IN PARTICOLARE,  $FC(T)$  È LA FREQUENZA CENTRALE ED  $FB(T)$  È LA FREQUENZA DI “BANDWIDTH”. LA FUNZIONE  $PA(T)$  È L’ENERGIA ISTANTANEA. ESSA È OTTENUTA DA UN’ANALISI NON LINEARE DIPENDENTE DALL’INTENSITÀ. NOTE LE TRE FUNZIONI  $PA(T)$ ,  $FC(T)$ ,  $FB(T)$ , IL PROGRAMMA VALUTA LO SPETTRO FISICO APPROPRIATO. GENERATA LA SERIE TEMPORALE, RAPPRESENTATIVA DI PRECISE CONDIZIONI, QUESTA SERIE È VARIATA AL FINE DI OTTENERE LA COINCIDENZA TRA LO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DEL SEGNALE SIMULATO DEVE QUINDI ESSERE CORRETTO IN MODO DA AVVICINARSI IL PIÙ POSSIBILE A QUELLO DI RIFERIMENTO. LA CORREZIONE È EFFETTUATA NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE IN UN CICLO ITERATIVO, VARIANDO L’AMPIEZZA SPETTRALE DI FOURIER DELL’INPUT SISMICO GENERANDO, MANTENENDO COSTANTI LE FASI DURANTE TUTTA LA PROCEDURA. I VALORI DELLO SPETTRO FISICO DEL SEGNALE  $F(F)$  SONO CORRETTI CON

UN COEFFICIENTE  $R$  DATO DAL RAPPORTO TRA IL VALORE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA DI RIFERIMENTO IN CORRISPONDENZA DELLA FREQUENZA  $F$  [SRF(F)] ED IL VALORE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA DEL SEGNALE ALL’ITERAZIONE  $I$ -ESIMA [SR(F)] IN CORRISPONDENZA DELLA STESSA. L’ACCORDO CON LO SPETTRO DI RIFERIMENTO È CONTROLLATO CON IL LIMITE INFERIORE DELLA RADICE DELLA MEDIA DEI QUADRATI (RMS) CHE SI PUÒ ESSERE STABILITA DALL’UTENTE, IN QUANTO COMPARE TRA I PARAMETRI DI



INPUT DEL PROGRAMMA. RAGGIUNTA LA SOGLIA PREFISSATA DI CONVERGENZA TRA GLI SPETTRI, LA SERIE TEMPORALE VIENE AUTOMATICAMENTE AGGIORNATA. COMPAGNONI E PERGALAN



CONFRONTANDO RISULTATI OTTENUTI DA MODELLAZIONE 1D E 2D PER LA VALUTAZIONE DI  
AMPLIFICAZIONE SISMICA UTILIZZANDO COME MOTI DI INPUT ACCELEROGRAMMI DI DIVERSI

- ACCELEROGRAMMI SIMULATI (BELFAGOR) MEDIANTE LA LEGGE DI ATTENUAZIONE  
E PUGLIESE SCEGLIENDO COPPIE DI VALORI M –R COMPATIBILI CON IL VALORE DI  
ATTESA (0.16G; 0.21G). GLI ACCELEROGRAMMI COSÌ RICAVATI SONO ULTERIOR  
ELABORATI, PER RENDERLI MAGGIORMENTE COMPATIBILI CON LO SPETTRO TARG  
SULLA BASE DELLE INDICAZIONI NORMATIVE [NTC, 2008].
- ACCELEROGRAMMI REGISTRATI ESTRATTI DALLA BANCA DATI ITACA (2006) IN FUNZ  
PARAMETRI DI INTENSITÀ E FORMA SPETTRALE, PICCO DI ACCELERAZIONE (PO  
PARTICOLARE GLI AUTORI SCELGONO ACCELEROGRAMMI IN MODO DA FAR SÌ CH  
DEGLI SPETTRI SIA IL PIÙ POSSIBILE SIMILE ALLO SPETTRO DI RIFERIMENTO, A MEN  
SCARTO IN ECCESSO E IN DIFETTO INFERIORE AL 20% PER PIÙ PUNTI SPETTRALI COM  
ENTRO L'INTERVALLO 0,15-2,00 S.

TUTTI I MODELLI PRESENTANO UN'AMPLIFICAZIONE GENERALIZZATA SU TUTTI I PER  
SPETTRO E ANALIZZANDO I RISULTATI OTTENUTI SI OSSERVA COME NON SI RILEVINO  
DIFFERENZE NEI RISULTATI ALL'APPLICAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SIMULATI E  
REGISTRAZIONI NATURALI. IN PARTICOLARE ANALIZZANDO LE CURVE MEDIE DEGLI SPETTRI  
ACCELERAZIONE, OTTENUTE APPLICANDO IL SET DI ACCELEROGRAMMI GENERATI E  
ACCELEROGRAMMI REGISTRATI, SI NOTA COME I VALORI SIANO MOLTO SIMILI. TALE COM  
PUÒ ESSERE DESUNTO ANCHE DAI VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE CHE RISULTANO  
MOLTO SIMILI.

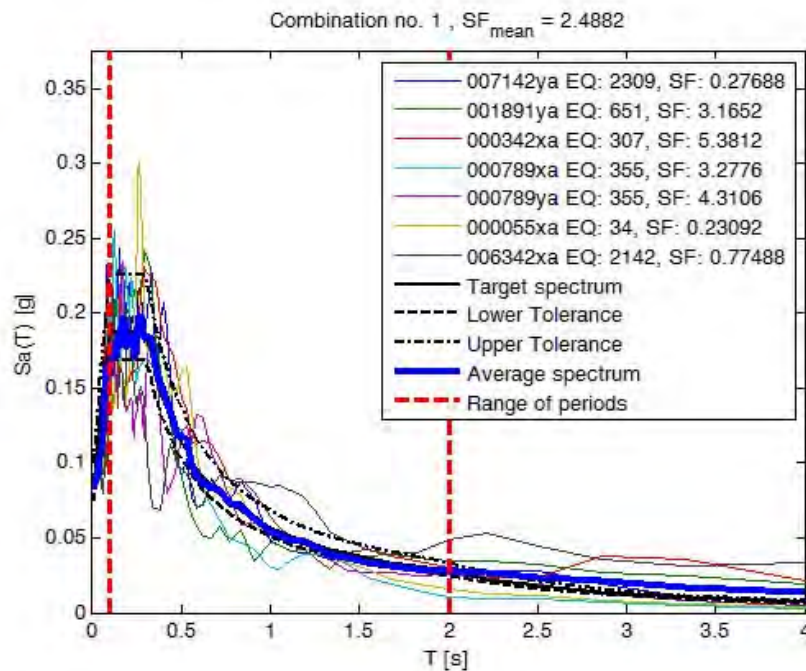
### **2.3. Scelta e/o generazione degli accelerogrammi al bedrock del sito di studio**

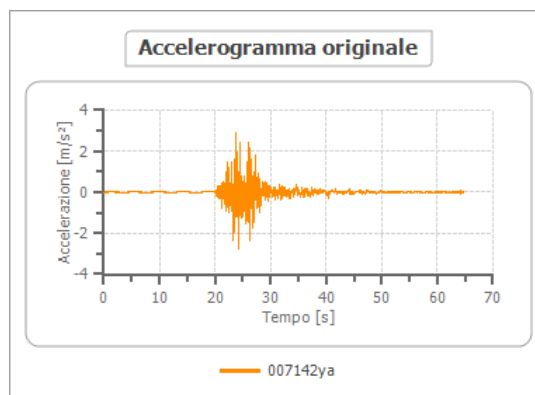
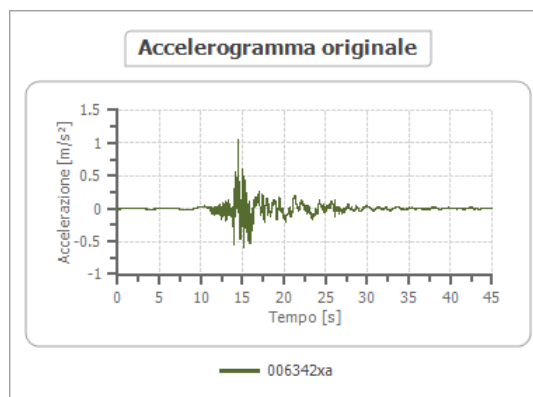
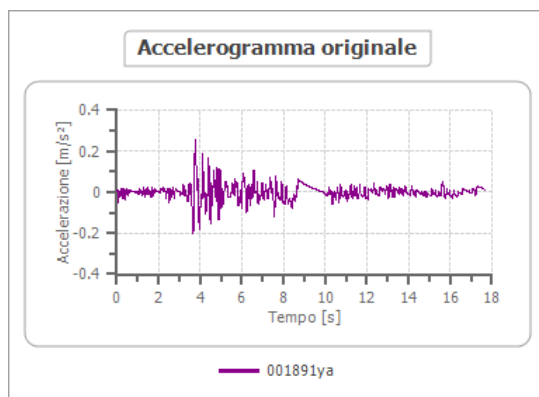
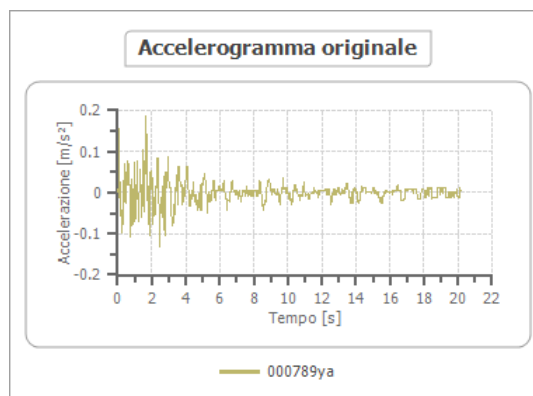
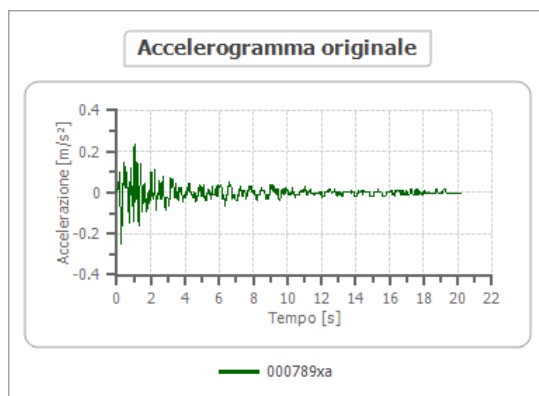
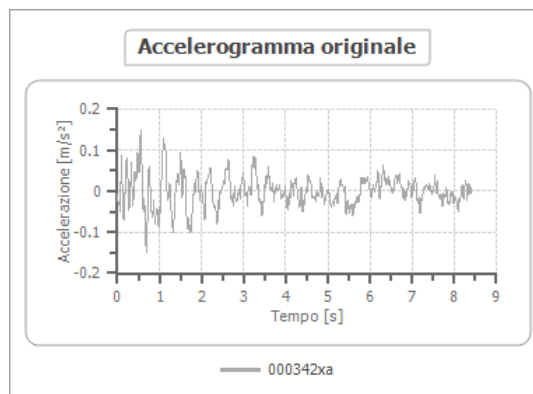
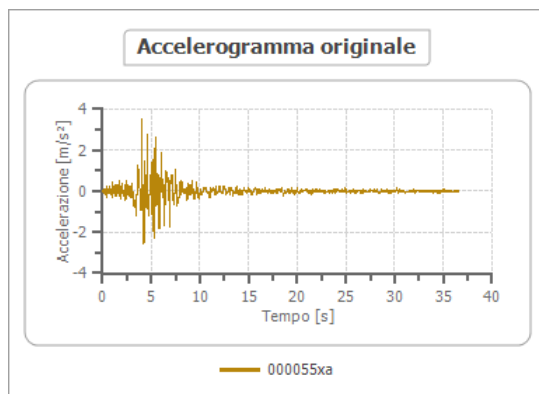
CON LA PROCEDURA DESCRITTA IN PRECEDENZA, USANDO I DATI DI MAGNITUDO E DISTANZA  
DERIVANTI DALLA DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA E PER OGNI SITO  
CONSIDERATO, ED ADOPERANDO NELL'INTERVALLO 0,10-2,00 SEC UNO SCARTO RISPETTIVAMEN  
DEL 10% E DEL 20% SOTTO E SOPRA LA CURVA CHE DEFINISCE LO SPETTRO ELASTICO DELLA  
SISMICA DI BASE DEL SITO (NTC2018), È STATO INDIVIDUATO UN SET DI N. 7 ACCELEROGRAMMI  
NATURALI (REXEL). I 7 ACCELEROGRAMMI SONO RAPPRESENTATIVI DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE

MOTO DEL SUOLO. INOLTRE PER IL SET DI ACCELEROGRAMMI È STATO RICAVATO LO SPETTRO ELASTICO MEDIO PER IL CONFRONTO CON IL RELATIVO SPETTRO DI RISPOSTA DELLA NORMA IL CODICE REXEL, PER OGNI STATO LIMITE, HA RESTITUITO I RECORD DEI SEGUENTI ACCE SIMULATI SPETTRO COMPATIBILI CON I RELATIVI SPETTRI DI RISPOSTA, INOLTRE VENGONO LO SPETTRO DI RISPOSTA MEDIO DEL SET DI ACCELEROGRAMMI E LO SPETTRO ELAS (NTC2018) PER IL SITO DI STUDIO.

Dati identificativi del set di accelerogrammi reali spettro compatibili con lo Stato limite SLO

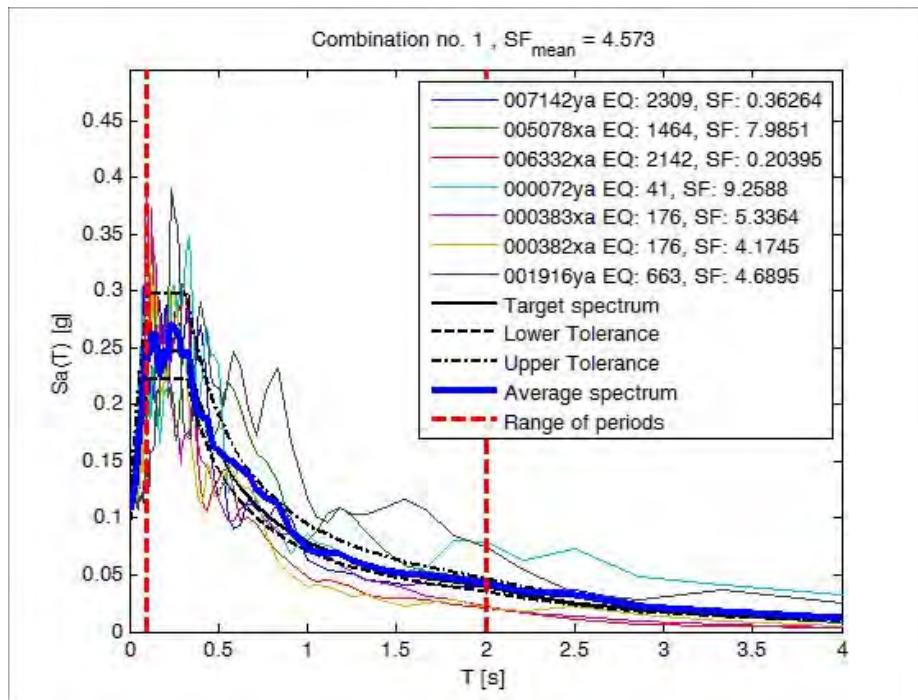
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	EC8 Site class
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5	thrust	23	A
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9	oblique	24	A
789	355	ST225	Umbria Marche (aftershock)	12/10/1997	5.2	oblique	22	A
789	355	ST225	Umbria Marche (aftershock)	12/10/1997	5.2	oblique	22	A
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5	?	23	A
6342	2142	ST2556	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	20	A
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	A

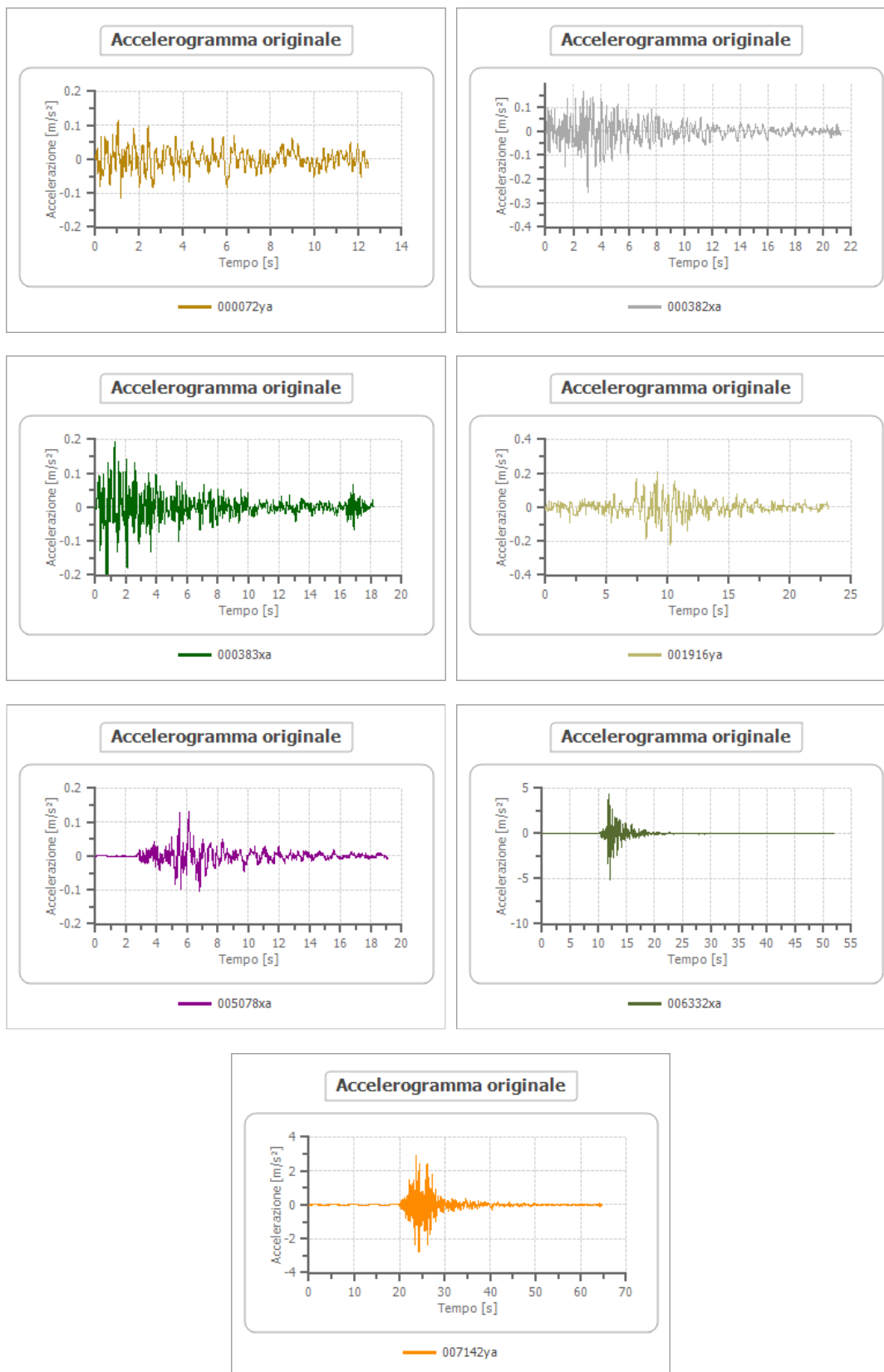




Dati identificativi del set di accelerogrammi reali spettro compatibili con lo Stato limite SLD

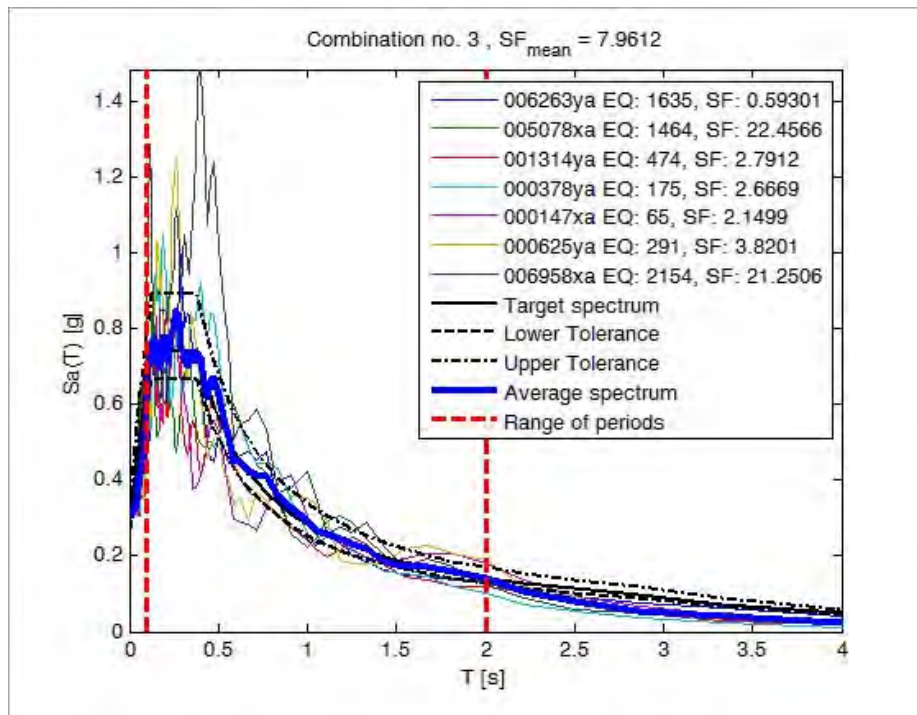
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	EC8 Site class
72	41	ST20	Friuli (aftershock)	13/05/1976	4.5	thrust	20	A
382	176	ST140	Lazio Abruzzo (aftershock)	11/05/1984	5.5	normal	16	A
383	176	ST153	Lazio Abruzzo (aftershock)	11/05/1984	5.5	normal	14	A
1916	663	ST1328	Ierissos (foreshock)	14/06/1983	4.4	strike slip	13	A
5078	1464	ST2496	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	18	A
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	6	A
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	A



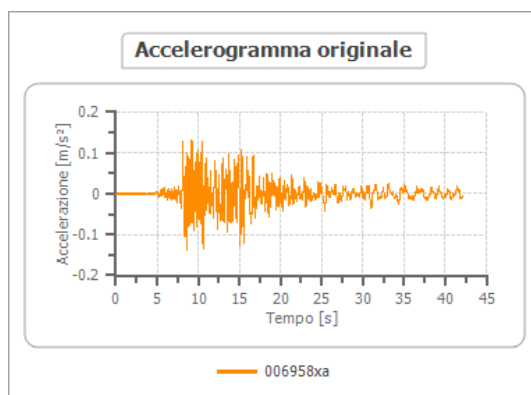
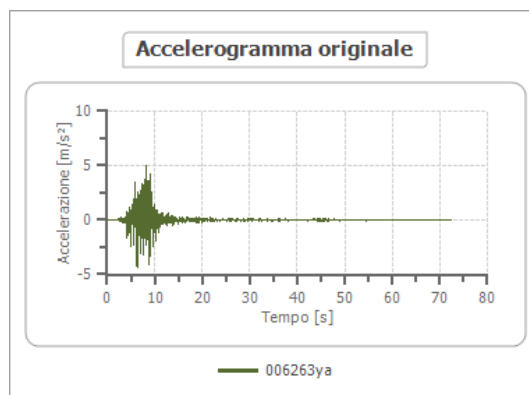
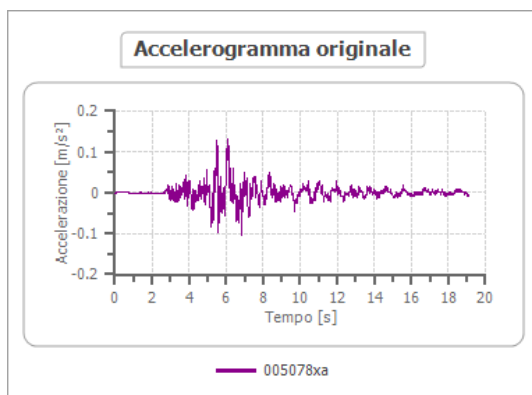
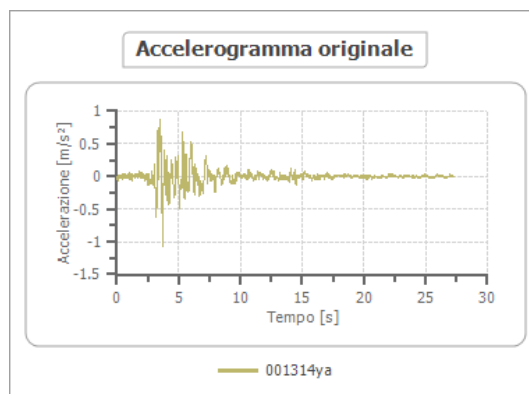
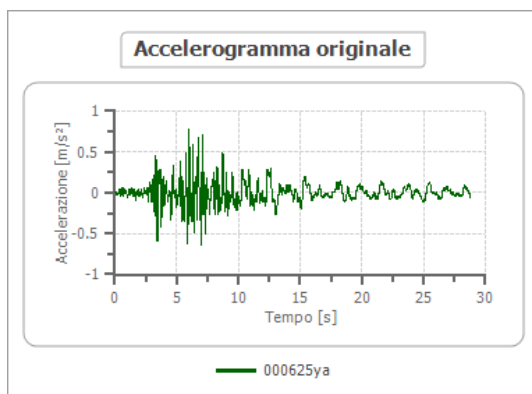
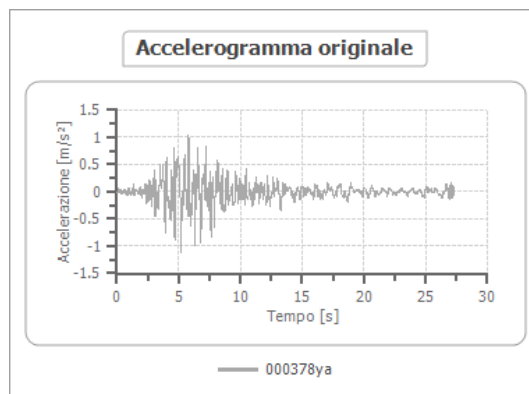
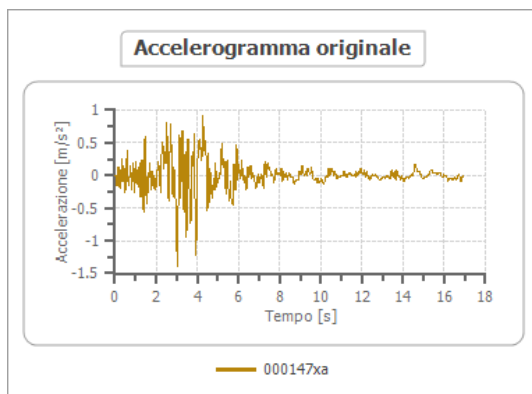


Dati identificativi del set di accelerogrammi reali spettro compatibili con lo Stato limite SLV

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	EC8 Site class
147	65	ST28	Friuli (aftershock)	15/09/1976	6	thrust	14	B
378	175	ST152	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	16	C
625	291	ST223	Umbria Marche (aftershock)	06/10/1997	5.5	normal	20	C
1314	474	ST1101	Ano Liosia	07/09/1999	6	normal	17	B
5078	1464	ST2496	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	18	A
6263	1635	ST2484	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	7	B
6958	2154	ST772	Izmit (aftershock)	31/08/1999	5.1	oblique	14	C

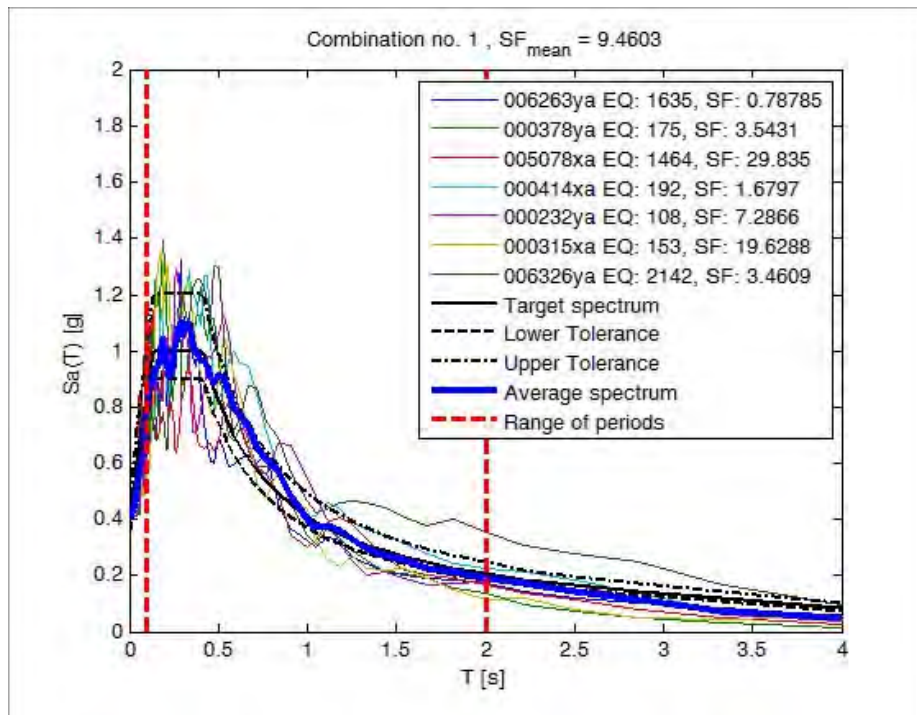


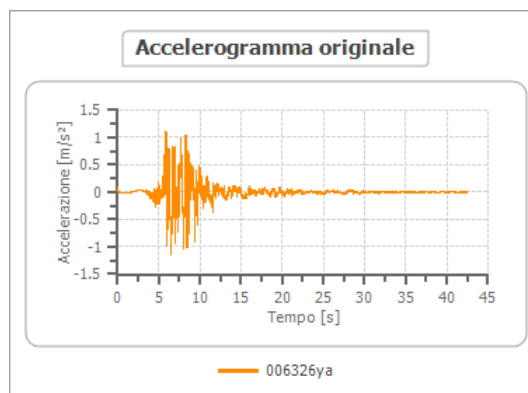
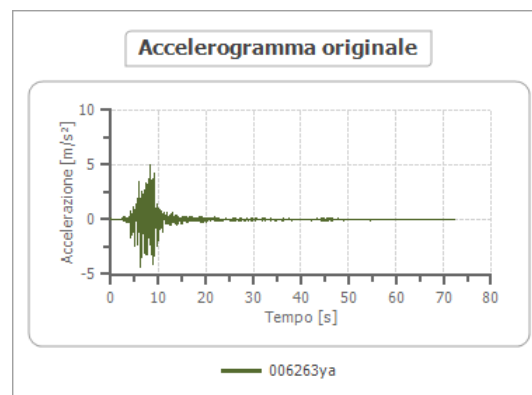
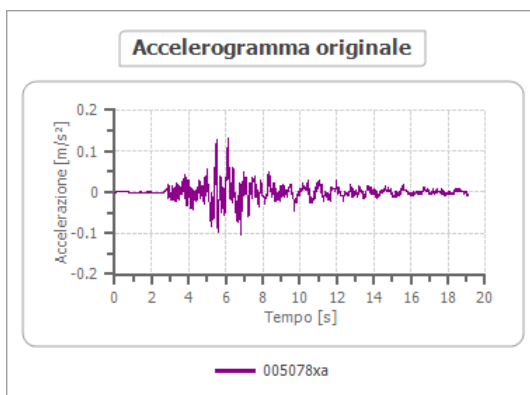
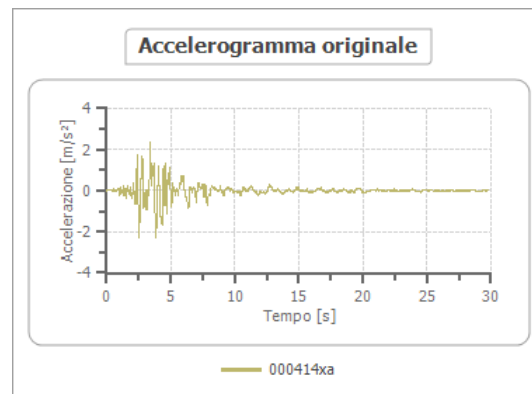
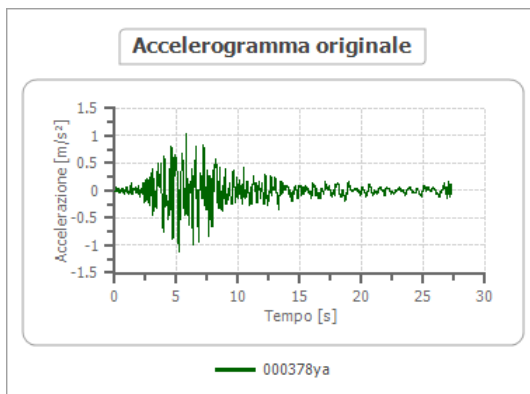
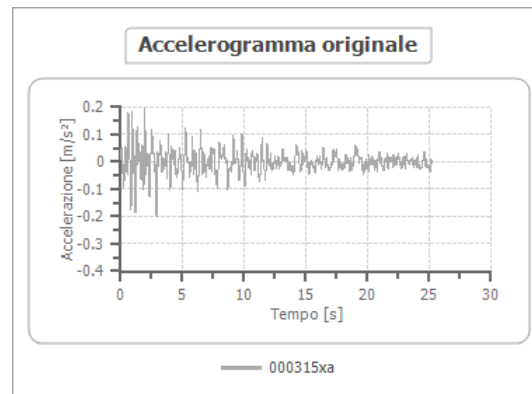
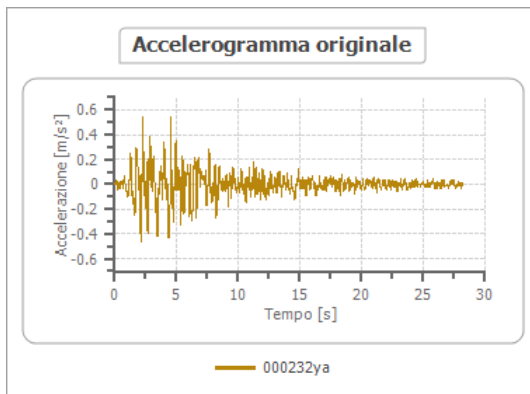




Dati identificativi del set di accelerogrammi reali spettro compatibili con lo Stato limite SLC

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	EC8 Site class
232	108	ST77	Montenegro (aftershock)	24/05/1979	6.2	thrust	20	B
315	153	ST97	Campano Lucano (aftershock)	16/01/1981	5.2	normal	15	B
378	175	ST152	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	16	C
414	192	ST163	Kalamata	13/09/1986	5.9	normal	11	B
5078	1464	ST2496	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	18	A
6263	1635	ST2484	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	7	B
6326	2142	ST2496	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	A





LO SPETTRO MEDIO DEL SET DI ACCELEROGRAMMI, PER OGNI STATO LIMITE CONSIDERATO, HA  
UN BUON ACCORDO CON LO SPETTRO DI NORMATIVA RIFERITO AL BEDROCK (CATEGORIA D)  
CATEGORIA TOPOGRAFICA T1 - NTC2018), CIÒ LI RENDE ADOPERABILI PER LE SUCCESSIVE  
VALUTAZIONI NUMERICHE SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE.

### 3. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

UN'ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE, FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DEL MOTO IN SUPERFICIE IN CORRISPONDENZA DI UN DETERMINATO SITO, DOVREBBE, CONCETTUALMENTE, COMPRENDERE ALMENO DUE FASI FONDAMENTALI: LA DEFINIZIONE DEL MOTO SISMICO ALLA FONTE, LA TRASMISSIONE DEL MOTO SISMICO DAL BEDROCK ALLA SUPERFICIE. LA DEFINIZIONE DEL MOTO SISMICO AL BEDROCK, CHE RIENTRA NEL CAMPO DEGLI STUDI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI AREA, E LA DEFINIZIONE DELL'INPUT SISMICO, È CONDIZIONATO DA DUE FATTORI: DALL'INTENSITA' DELL'ONDA D'URTO, CIOÈ DALLA QUANTITÀ DI ENERGIA LIBERATA, DAI MECCANISMI FOCALI, DALLA LUNGHEZZA DELLA FASCE FOCALI, DAL CAMMINO DI PROPAGAZIONE, CIOÈ DALLA DISTANZA IPOCENTRALE E DAI PROCESSI FISICI DI ATTENUAZIONE DELL'ENERGIA SISMICA. IL MOTO SISMICO IN SUPERFICIE È CONDIZIONATO DALLA TRASMISSIONE DEI MECCANISMI DI TRASMISSIONE DEL MOTO SISMICO DAL BEDROCK ALLA SUPERFICIE (RISPOSTA SISMICA LOCALE ED IN PARTICOLARE GLI EFFETTI 1D) ED È LEGATO ALLE TRASFORMAZIONI IN AMPIEZZA, DURATA E CONTENUTO IN FREQUENZA CHE SUBISCONO LE ONDE SISMICHE PER L'AZIONE FILTRO DEI FILTRI STRATI PIÙ SUPERFICIALI. (EFFETTI 1D DETERMINATI DALLA STRATIGRAFIA DEL SITO DAL BEDROCK ALLA SUPERFICIE LIBERA; EFFETTI 2D O 3D DOVUTI ALLA GEOMETRIA (BEDROCK SEPOLTO, VALLI CONCAVE, RILIEVI). GLI EFFETTI STRATIGRAFICI 1D SONO LEGATI ALL'INTERAZIONE DELLE ONDE SISMICHE E CARATTERISTICHE DINAMICHE DEI TERRENI (IN PARTICOLARE AL RAPPORTO DI RISONANZA SISMICA TRA GLI STRATI E AL RAPPORTO DI SMORZAMENTO DEL TERRENO D), ED AI FENOMENI DI RISONANZA TRA MOTO SISMICO E DEPOSITO CHE SI VERIFICANO QUANDO IL PERIODO FONDAMENTALE DEL DEPOSITO (DIPENDENTE DALLO SPESSORE H E DALLA VELOCITÀ DELLE ONDE SISMICHE) COINCIDE CON QUELLO DEL MOTO SISMICO. GLI EFFETTI DI VALLE 2D O 3D SONO LEGATI ALLA INTERAZIONE DELLE ONDE SISMICHE E LA MORFOLOGIA SEPOLTA E SI ESPLICA CON EFFETTI DI FOCALIZZAZIONE DELLE ONDE SISMICHE E GENERAZIONE DI ONDE DI SUPERFICIE IN PROSSIMITÀ DEI BORDI. RISPETTO AL CASO 1D, GLI EFFETTI 2D O 3D HANNO MAGGIORI AMPLIFICAZIONI ED AUMENTO SIGNIFICATIVO DELLA DURATA. GLI EFFETTI 2D O 3D SONO LEGATI ALLA INTERAZIONE TRA ONDE SISMICHE E MORFOLOGIA SUPERFICIALE. SI ESPLICA CON EFFETTI DI FOCALIZZAZIONE DELLE ONDE SISMICHE. RISPETTO AL CASO 1D, GLI EFFETTI 2D O 3D HANNO MAGGIORI AMPLIFICAZIONI SPECIALMENTE IN SOMMITÀ E COMPLESSA INTERAZIONE TRA ONDE INCIDENTE E DIFFRATTO. RISPOSTA SISMICA LOCALE CONSTANO DI TRE LIVELLI DI APPROFONDIMENTO: ANALISI 1, Analisi di livello 2, Analisi di livello 3.

**L'Analisi di livello 1** - APPROCCIO DI TIPO QUALITATIVO. TALE ANALISI SEMPLIFICATA DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO SI BASA SULL'INDIVIDUAZIONE DEI DANNI SUBITI DURANTE EVENTI SISMICI PER LA DETERMINAZIONE QUALITATIVA DELLA RISPOSTA SISMICA.

**L'Analisi di livello 2** - APPROCCIO DI TIPO SEMIQUANTITATIVO. QUESTA METODOLOGIA SEMPLIFICATA PREVEDE L'IMPIEGO DI PARAMETRI CHE QUANTIFICANO LA VARIAZIONE SISMICA IN SUPERFICIE CHE SONO DETERMINABILI CON METODI SEMPLIFICATI. TALI PARAMETRI SONO ORGANIZZATI IN ABACHI RIFERITI ALLE SINGOLE CONDIZIONI STRATIGRAFICHE PER LE QUALI SONO APPLICABILI. IN ITALIA L'ABACO COMUNEMENTE USATO È QUELLO RIFERITO ALLE NTC2018. L'ANALISI SEMPLIFICATA DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO SI BASA SULL'INDIVIDUAZIONE DEL TIPO DI SOTTOSUOLO DI RIFERIMENTO (§ 3.2.2 – TAB. 3.2.II, CATEGORIE DI SOTTOSUOLO – NTC2018). LA CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO SI EFFETTUA IN BASE ALLE CONDIZIONI STRATIGRAFICHE E ALLA VELOCITÀ EQUIVALENTE DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO VSEQ. PER L'ANALISI DI LIVELLO 2, DOVUTA ALLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE SEMPLICI SI ADOTTA LA CLASSIFICAZIONE SEMPLIFICATA (T2, T3, T4) (§ 3.2.2 – TAB. 3.2.III, CATEGORIE TOPOGRAFICHE – NTC2018). LE CATEGORIE TOPOGRAFICHE SI RIFERISCONO A CONFIGURAZIONI GEOMETRICHE PREVALENTEMENTE BEN DEFINITE: CRESTE O DORSALI ALLUNGATE, E VENGONO CONSIDERATE NELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO ALTEZZA MAGGIORE DI 30 M.

**L'Analisi di livello 3** - APPROCCIO DI TIPO QUANTITATIVO. L'ANALISI NUMERICA DEL COMPORTAMENTO DELLA RISPOSTA SISMICA PER IL SITO DI STUDIO PREVEDE L'UTILIZZO DI CODICI DI CONFINAMENTO MONODIMENSIONALI, BIDIMENSIONALI E TRIDIMENSIONALI, SIMULANDO LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE SISMICHE NEI TERRENI DALLA SOTTOSTANTE FORMAZIONE ROCCIOSA DI BASE (BEDROCK) ALLA SUPERFICIE. QUESTA METODOLOGIA SE APPLICATA RIGOROSAMENTE, HA IL VALORE DI CONSIDERARE IL VERO FENOMENO FISICO E, QUINDI, DI AUMENTARE IL GRADO DI ACCURATEZZA DELLA PREVISIONE DELL'AMPLIFICAZIONE. COME FACILMENTE DEDUCIBILE DALLA SUA DEFINIZIONE, IL LIVELLO 3, APPROFONDISCE IL LIVELLO DI STUDIO DEI PRECEDENTI, ANDANDO A DEFINIRE PUNTUALMENTE IL VALORE DELL'AMPLIFICAZIONE IN UN PARTICOLARE SITO.

LO SCOPO DELLE ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE, AI VARI LIVELLI, È QUELLO DI DETERMINARE L'AMPLIFICAZIONE SISMICA. LE NTC2018, COME GIÀ DETTO, AL PUNTO 3.2.2 VALUTANO L'EFFETTO DELLA TALE AMPLIFICAZIONE TRAMITE UNA CATEGORIZZAZIONE DEL SUOLO A MEZZO DELLA VELOCITÀ EQUIVALENTE VSEQ NELLA TABELLA 3.2.II. A CIASCUNA CATEGORIA QUINDI CORRISPONDE UN VALORE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA S S DEDUCIBILE DALLA TABELLA 3.2.IV, APPLICABILI DIRETTAMENTE ALLE ANALISI DI LIVELLO 2.

SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI RISPETTIVAMENTE VERTICALI. QUESTO, SEMPRE CITANDO LE SUDDETTE NORME, IN ASSENZA DI ULTERIORI ANALISI. IN ALTERNATIVA SI FA RIFERIMENTO INVECE AL PUNTO 7.11.3 DELLA STESSA NORMA PRECISAMENTE AL PUNTO 2 IN CUI VIENE SPECIFICATO CHE "IL MOTO SISMICO ALLA SUPERFICIE DEL SITO, ASSOCIATO A CIASCUNA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO, È DEFINITO MEDIANTE L'ACCELERAZIONE MASSIMA  $a_{max}$  ATTESA IN SUPERFICIE ED UNA FORMA SPETTRALE ANCORATA AD ESSA. IL VALORE  $a_{max}$  PUÒ ESSERE RICAVALTO DALLA RELAZIONE  $a_{max} = a_g \cdot F$  DOVE  $a_g$  È L'ACCELERAZIONE MASSIMA SU DI UN SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO E  $F$  IL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICO. PER LE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO NON RIENTRANTI NELLE CATEGORIE DI TAB. 3.2.II, PER DETERMINARE LE AZIONI GEOTECNICHE O SE SI INTENDE AUMENTARE IL GRADO DI ACCURATEZZA NELLA PREVISIONE DI AMPLIFICAZIONE, LE AZIONI SISMICHE DA CONSIDERARE NELLA PROGETTAZIONE POSSONO ESSERE DETERMINATE MEDIANTE SPECIFICHE ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE. QUESTE ANALISI PRESUPPONGONO UN'ADEGUATA CONOSCENZA DELLE PROPRIETÀ GEOTECNICHE DEI TERRENI E SI INTENDE DETERMINARE MEDIANTE SPECIFICHE INDAGINI E PROVE". NELLA SEZIONE SOTTOLINEATA IL CAMPO DI APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI LIVELLO 3, IN QUANTO VALUTA L'AMPLIFICAZIONE SPECIFICA DEL SITO, TRAMITE UN'ACCELERAZIONE ATTESA AL BEDROCK, SCALATA DA UNA VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE DEL SITO DIPENDENTE DALLA STRATIGRAFIA E DAI PARAMETRI ELASTODISSIPATIVI DEL TERRENO. SECONDO LE CITATE NORME TECNICHE NTC2018, L'ACCELERAZIONE ATTESA AL BEDROCK RISULTARE DA UNA SERIE DI ACCELEROGRAMMI (NATURALI O SIMULATI) CHE BEN APPROPRIATI RAPPRESENTANO LA STORIA SISMICA DEL SITO. PARTICOLARE IMPORTANZA, PER LA SCELTA DEGLI ACCELEROGRAMMI, HA LO STUDIO DELLA DISAGGREGAZIONE PERICOLOSITÀ SISMICA.

### **3.1 Pericolosità dovuta ad instabilità per effetti coosismici.**

GLI EFFETTI INDOTTI DA UN DETERMINATO TERREMOTO SUI TERRENI DI UN DETERMINATO SITO DI NATURA MOLTO VARIA MA POSSONO ESSERE RICONDOTTI IN DUE GRANDI CATEGORIE: D'INSTABILITÀ CHE DETERMINANO TERRENI INSTABILI ED EFFETTI D'AMPLIFICAZIONE CHE DETERMINANO MODIFICAZIONI PERMANENTI NEL SUOLO (TERRENI STABILI). ALLA PRIMA CATEGORIA APPARTENGONO QUEI TERRENI NEI QUALI, DURANTE UN DETERMINATO EVENTO SISMICO, POSSONO AVERE FENOMENI D'INSTABILITÀ, LOCALI O GENERALIZZATI, COME: ELEVATE DEFORMAZIONI



E CEDIMENTI (CAUSATI AD ESEMPIO DALLA PRESENZA DI CAVITÀ, DA FENOMENI DI LIQUEFATTURA DI TERRENI SABBIOSI SATURI, DA CEDIMENTI PER DENSIFICAZIONE DI TERRENI GRANULARI, DA DISLOCAZIONI DI FAGLIE ATTIVE, CEDIMENTI DIFFERENZIALI NELLE ZONE DI CONTATTO DI CARATTERISTICHE MOLTO DIVERSE (INCOERENTI/COESIVI), ECC.; O ASSOCIATI A GRANDI MOVIMENTI DI MASSA (MOVIMENTI FRANOSI, LATERAL SPREAD, CROLLI DI ROCCIA, ECC.). TALI FENOMENI IMMANCABILMENTE IL COLLASSO DELLE SOVRASTANTI STRUTTURE, ANCHE SE DIMENSIONI ANTISISMICI. DI SEGUITO DETERMINEREMO E QUANTIFICHEREMO QUALI E QUANTI DI TALI FENOMENI SONO PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO.

### *3.1.1 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati a movimenti di massa.*

L'AREA DI STUDIO SI TROVA SULLA SOMMITÀ A DEBOLE PENDENZA, INCLINAZIONE MEDIA DI 2-5°, DEL TRATTO DI UNA DORSALE COLLINARE ALLUNGATA IN DIREZIONE CIRCA NNE-SSW. L'AREA DI STUDIO HA UNA INCLINAZIONE MEDIA INFERIORE AI 2.3°. LE PENDENZE MEDIO ELEVATE SONO RELEGATE SUI FIANCHI DELLA DORSALE DOVE SONO PRESENTI FENOMENI DI DISSESTO. L'AREA DI STUDIO DISTANZA SUPERIORE AI 100 METRI DALLE AREE IN DISSESTO. DA CUI SI PUÒ CONCLUDERE **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati a movimenti di massa (frane, lateral spreading, ecc.) che possono essere riattivate per scuotimento sismico.**

### *3.1.2 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive.*

LA ZONA DEL TERRITORIO DI MONTALTO UFFUGO, NEOTETTONICAMENTE, RIENTRA NELLA ZONA DELLE STRUTTURE TETTONICHE POTENZIALMENTE ATTIVE E CAPACI DENOMINATE: SAN BEATINO (Sistema San Marco Argentano – San Fili) POSTA A CIRCA 2.24 KM AD OVEST DEL' SITO DI STUDIO; MONTALTO UFFUGO (Sistema Torano Castello – Rende) POSTA A CIRCA 0.66 KM AD EST DEL' SITO DI STUDIO. DATO CHE L'ULTIMA ATTIVITÀ NOTA DI TALE FAGLIE RISALE ALL'1870, SI VERRANNO CONSIDERATE POTENZIALMENTE ATTIVE E CAPACI. IN OGNI CASO, DATA LA PROFONDITÀ INFERIORE A CIRCA 660 METRI, SI PUÒ CONCLUDERE **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive e capaci.**

*3.1.3 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di contatti laterali tra litotipi diversi.*

L'AREA DI STUDIO INSISTE SU UNA STRATIGRAFIA PLANIMETRICAMENTE OMOGENEA E PRESENTA CONTATTI LATERALI TRA LITOTIPI A COMPORTAMENTO GEOTECNICO DIVERSO (GRANULARE/COESIVO, GRANULARE/LITICO, COESIVO/LITICO) E CHE POSSONO SUBIRE COMPORTAMENTI DIVERSI DURANTE LO SCUOTIMENTO SISMICO (CEDIMENTI DIFFERENZIALI PER EFFETTO DI ADDENSAMENTO DIFFERENZIALE DEI DUE LITOTIPI A CONTATTO). DA CUI SI PUÒ CONCLUDERE CHE **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di contatti laterali tra litotipi a comportamento geotecnico diverso.**

*3.1.4 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati all'addensamento dei terreni.*

I LITOTIPI CHE COSTITUISCONO IL SOTTOSUOLO DEI PRIMI 15-20 METRI DAL PIANO CALDAIA (COPERTURA SCARSAMENTE CONSISTENTE DI LIMI ARGILLOSI DI COLORE BRUNO CON MINUSCOLI INCLUSI LAPIDEI; SUBSTRATO SEDIMENTARIO LOCALE DA MEDIAMENTE A FONDAMENTE COSTITUITO DA ARGILLE SILTOSE O ARGILLE MARNOSE DI COLORE DAL GRIGIO AL GRIGIO SCURO) PRESENTANO CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TALI (SABBIE SCIOLTE) DA DARE, DURANTE LO SCUOTIMENTO SISMICO, ADDENSAMENTI TALI DA COMPROMETTERE LA STABILITÀ DEI MANUFATTI. SI PUÒ CONCLUDERE CHE **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati all'addensamento dei terreni sopra falda.**

*3.1.5 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla liquefazione sismica dei terreni sotto falda.*

LA LIQUEFAZIONE È UN FENOMENO CHE COMPORTA LA PERDITA DI RESISTENZA DEI TERRENI SOTTO SOLLECITAZIONI STATICHE E DINAMICHE, IN CONSEGUENZA DELLE QUALI IL TERRENO PASSA A UNA CONDIZIONE DI FLUIDITÀ PARI A QUELLA DI UNA MASSA VISCOSA. IL FENOMENO INTERVIENE IN SITUAZIONI DI CARICHI INCOERENTI SATURI, CHE NEL CORSO DI UN EVENTO SISMICO SUBISCONO UNA FORTE RIDUZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO, A SEGUITO DEL QUALE IL TERRENO PUÒ SCORRERE O FLUIRE, NEL CASO DI UN PENDIO, O ASSESTARSI, NEL CASO DI UNA GIACITURA ORIZZONTALE. CIÒ AVVIENE QUANDO, A CAUSA DELL'AZIONE DELLE SOLLECITAZIONI CICLICHE INDOTTE DA UN SISMO, LA PRESSIONE IDRAULICA

DELL'ACQUA AUMENTA PROGRESSIVAMENTE FINO AD EGUAGLIARE LA PRESSIONE CONFINAMENTO, CIOÈ QUANDO GLI SFORZI EFFICACI SI RIDUCONO A ZERO. LA PROBABILITÀ CHE UN DEPOSITO RAGGIUNGA LE CONDIZIONI PER LA LIQUEFAZIONE DIPENDE DALLE PROPRIETÀ DEL DEPOSITO, DALLO STATO DI ADDENSAMENTO, DALLA COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA, DALLE CONDIZIONI DI DRENAGGIO, DALLA STORIA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE E DALL'ETÀ DEL DEPOSITO. IL RAGGIUNGIMENTO DELLE CARATTERISTICHE DELLE VIBRAZIONI SISMICHE E LORO DURATA. TANTO MINORE È L'ADDENSAMENTO DEL MATERIALE (ELEVATO INDICE DEI VUOTI E BASSA DENSITÀ RELATIVA), TANTO MAGGIORE È LA PROBABILITÀ CHE, A PARITÀ DI ALTRE CONDIZIONI, UN DEPOSITO RAGGIUNGA LE CONDIZIONI DI LIQUEFAZIONE. ANCHE LA DISTRIBUZIONE, LA FORMA DELLE PARTICELLE E IL GRADO DI AGGREGAZIONE INFLUENZANO NOTEVOLMENTE IL FENOMENO, PER LE IMPLICAZIONI CHE QUESTI FATTORI HANNO SULLA RESISTENZA AL TAGLIO E PER IL MODO DI DISSIPARSI DELLA PRESSIONE INTERSTIZIALE IN CASO DI LIQUEFAZIONE. QUANTO RIGUARDA LA STORIA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SU UN DEPOSITO SI PUÒ AFFERMARE CHE PRECEDENTI DEFORMAZIONI MODERATE INFLUISCONO POSITIVAMENTE SULLA RESISTENZA AL TAGLIO, MENTRE UNA STORIA CARATTERIZZATA DA ALTI LIVELLI DI DEFORMAZIONE (DEPOSITO DI TIPO "OLD" O "LIQUEFAZIONE") HA EFFETTI NEGATIVI SUL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE. I DEPOSITI SABBIAZZI CON UN ALTO POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SONO I PIÙ RECENTI. A PARITÀ DI COMPOSIZIONE E DI CONDIZIONI LO STESSO DEPOSITO, SE PIÙ ANTICO, AVRÀ SVILUPPATO LEGAMI INTERGRANULARI E CEMENTAZIONI SEMPRE PIÙ FORTI CON IL TEMPO. INOLTRE LA STRUTTURA DI UN DEPOSITO SI RENDI PIÙ STABILE ED OMOGENEA PER GLI EFFETTI DELLE VIBRAZIONI INDOTTE DA PRECEDENTI SISMICI DI PICCOLA ENTITÀ. IN AREE PIANEGGianti AFFINCHÈ ABBI A LUOGO IL FENOMENO DELLE LIQUEFAZIONI OCCORRE CHE GLI STRATI SATURI SI TROVINO A PROFONDITÀ LIMITATE CIOÈ DOVE LE TENSIONI VERTICALI NON SONO ELEVATE (SEED & IDRIS, 1971; CRESPELLANI ET ALII, 1987). INFATTI DALLA LETTERATURA DISPONIBILE RISULTA DIFFICILE, IN AREE PIANEGGianti, CHE LE SOVRAPRESSIONI INDOTTE DA UN SISMO A PROFONDITÀ SUPERIORI A 15-25 METRI POSSANO DAR LUOGO A FENOMENI DI LIQUEFAZIONE RILEVABILI IN SUPERFICIE. PUÒ ACCADERE, INFATTI, CHE LA ZONA SUPERFICIALE, NON SUBENDO LIQUEFAZIONE, POSSEGGA RIGIDEZZA SUFFICIENTE AD EVITARE CHE LE CONSEGUENZE DELLA LIQUEFAZIONE IN PROFONDITÀ SI RISENTANO IN SUPERFICIE. SITUAZIONE DIFFERENTE SI HA IN AREE A PENDIO. I TERRENI CARATTERIZZATI DA ELEVATE SOLLECITAZIONI DI TAGLIO STATICHE HANNO UNA MAGGIORE SUSCETTIBILITÀ AI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE. MOVIMENTI FRANOSI INDOTTI DA LIQUEFAZIONE POSSONO VERIFICARSI SOPRATTUTTO SU PENDII CARATTERIZZATI DA BASSE PENDENZE O IN AREE COSTITUITE DAL BORDO TERMINALE DI ESTESI PIANORI. I MECCANISMI D'INNESCO DI FRANA SONO DIVERSI DA QUELLI DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE POSSONO ESSERE SOSTANZIALMENTE DI DUE TIPI (SEED, 1968).

- **Meccanismo 1** - LA LIQUEFAZIONE PROGRESSIVA VERSO IL BASSO È FAVORITA DALLA POSSIBILITÀ DI DECOMPRESSIONE LATERALE DEL VERSANTE. LA LIQUEFAZIONE SI PROPAGA VERSO IL BASSO E L'INTERO VERSANTE SI ESPANDE PERDENDO COMPLETAMENTE LA CONSISTENZA. QUESTA È LA SITUAZIONE CHE SI VERIFICA IN PENDII SATURI CARICATI DA MODESTE PENDENZE, POSSONO AVERSI MOVIMENTI FRANOSI, ANCHE PROFONDI. MOVIMENTI ORIZZONTALI ANCHE DI DIVERSE CENTINAIA DI METRI. L'INTERA MASSA INSTABILE TENDE A FLUIDIFICARSI LASCIANDO UNA ZONA PRESSOCHÈ PIANEGGIANTE.
- **Meccanismo 2** - INTERESSA I VERSANTI CARATTERIZZATI DALLA PRESENZA DI MATERIALI LIQUEFACIBILI CONFINATI IN PROFONDITÀ. LA LIQUEFAZIONE AVVIENE A DISTANZA DALLA PENDICE, DOVE SONO BASSE LE AZIONI DI TAGLIO STATICHE. PER EFFETTO DELLE AZIONI DI UN BORDO NON CONFINATO E DELLE AZIONI INERZIALI DEL SISMA PUÒ VERIFICARSI UNA SPECIE DI FENOMENO DI ESPANSIONE LATERALE NELLA DIREZIONE DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE SISMICHE, GOVERNATO DAI LIVELLI DI MATERIALE LIQUEFATTO, CONFINATO IN PROFONDITÀ. IL MOVIMENTO AVVIENE ANCHE SE LO STRATO LIQUEFATTO PRESENTI UN ANDAMENTO SUB-ORIZZONTALE. LA PERDITA DI RESISTENZA DEL MATERIALE DUE ALLA POSSIBILITÀ DI ESPANSIONE LATERALE CONSENTITA DAL BORDO LIBERO, RENDONO POSSIBILI MOVIMENTI ORIZZONTALI ANCHE CON PENDENZE NULLE. L'ASPETTO MORFOLOGICO CONSEGUENTE A FENOMENI DI QUESTO TIPO È CARATTERIZZATO DA UNA SUCCESSIONE DI MODESTI RILIEVI E DEPRESSIONI (TIPO HORST E GRABEN) COSTITUITI DAL MATERIALI SUPERIORE ALLO STRATO LIQUEFACIBILE, CHE MANTIENE GRAN PARTE DELLA STRUTTURA ORIGINARIA PUR FRATTURANDOSI I PIÙ BLOCCHI. STESSA SITUAZIONE SI HA SE È PRESENTE UNO SPESSORE NON TRASCURABILE DI TERRENO NON IN FALDA SOVRASTANTE STRATO LIQUEFACIBILI.

L'NTC2018, AL § 7.11.3.4.2 "ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE", CONTIENE LE LINEE GUIDA PER VALUTARE LA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE SISMICA DEI TERRENI. LA VALUTAZIONE SEMPLIFICATA DI TALE SUSCETTIBILITÀ PUÒ ESSERE OTTENUTA, CON IL METODO SEGUENTE. LA VERIFICA A LIQUEFAZIONE PUÒ ESSERE OMESSA QUANDO SI MANIFESTI ALMENO UNA DELLE SEGUENTI CIRCOSTANZE NEI PRIMI 15 METRI DAL P.C.:

- A) ACCELERAZIONI MASSIME ATTESE AL PIANO CAMPAGNA IN ASSENZA DI MANIFESTAZIONI (CONDIZIONI DI CAMPO LIBERO) MINORI DI 0,1 G. PER L'AREA DI STUDIO, COME ABBINATE

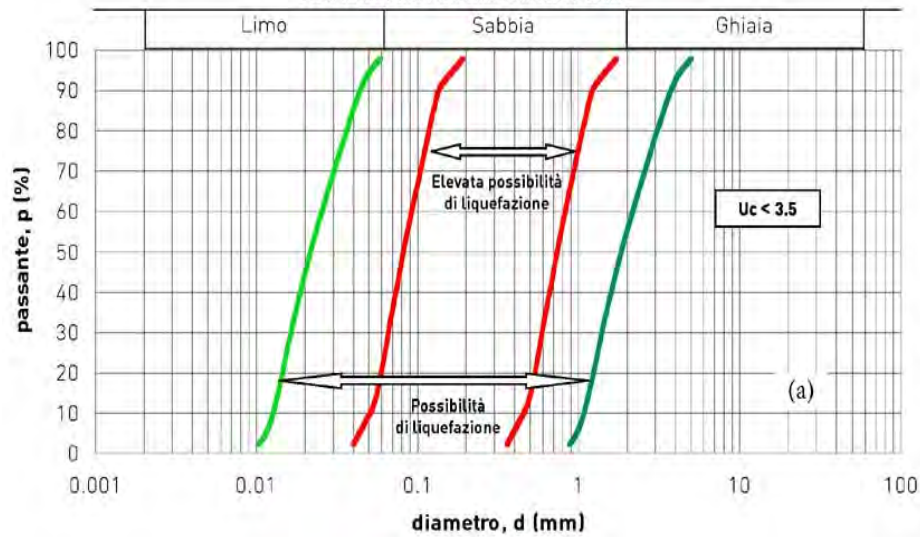
VISTO, SI HA UN'ACCELERAZIONE DI PICCO IN SUPERFICIE (SLQ) INFERI A 0.470 G,  
**tale condizione non è verificata;**

B) PROFONDITÀ MEDIA STAGIONALE DELLA FALDA SUPERIORE A 15 METRI DAL P.C., PER  
ORIZZONTALE E STRUTTURE CON FONDAZIONI SUPERFICIALI. DA RILIEVI SI EV  
NELL'AREA LA FALDA È POSIZIONATA A PROFONDITÀ NON INFERIORE A 21.0 METRI  
**quindi tale condizione è verificata;**

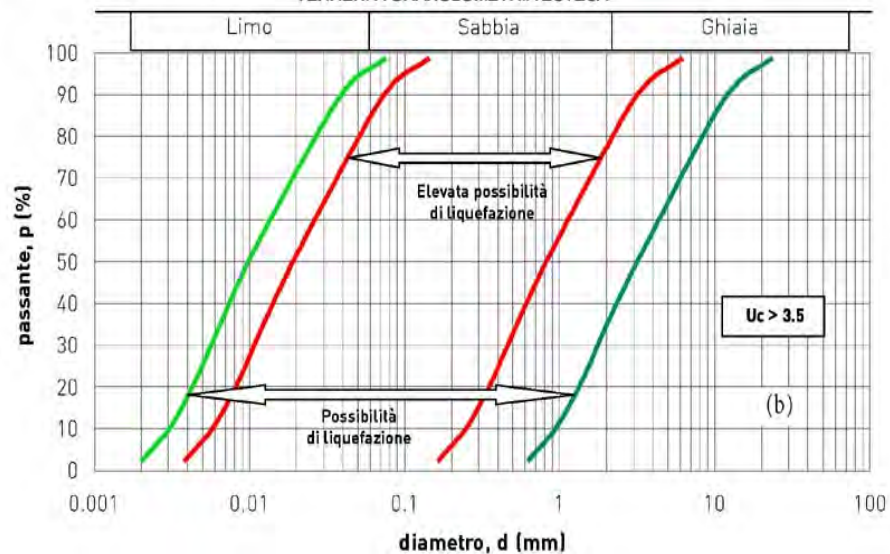
C) DEPOSITI COSTITUITI DA SABBIE PULITE CON RESISTENZA PENETROMETRICA NOR  
(N1)60>30 OPPURE QC1N>180 DOVE (N1)60 È IL VALORE DELLA RESISTENZA  
DETERMINATA IN PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (STANDARD PENETRAT  
NORMALIZZATA AD UNA TENSIONE EFFICACE VERTICALE DI 100 KPA; DALLE PRO  
ESEGUITE NELLA CAMPAGNA D'INDAGINE, RISULTA ~~non tale condizione~~  
**per le unità litotecniche dei primi 17.00 metri dal p.c. ed è verificata per le**  
**unità litotecniche sottostanti;**

D) DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA ESTERNA ALLE ZONE INDICATE NEI GRAFICI SE  
CASO DI TERRENI A GRANULOMETRIA UNIFORME (COEFFICIENTE DI UNIFORMITÀ UC  
TERRENI A GRANULOMETRIA ESTESA (COEFFICIENTE DI UNIFORMITÀ UC>3,5). DAL  
CRITICA SULLE LITOLOGIE PRESENTI (COPERTURA SCARSAMENTE CONSISTENTE DI I  
DI COLORE BRUNO CON PRESENZA DI MINUSCOLI INCLUSI LAPIDEI; SUBSTRATO SED  
LOCALE DA MEDIAMENTE A CONSISTENTE COSTITUITO DA ARGILLE SILTOSE O ARG  
DI COLORE DAL GRIGIO AL GRIGIO AZZURRO) E DALLE ANALISI GRANULOMETRICHE  
EVINCE UNA PRESENZA DI FRAZIONE ARGILLOSA DI CIRCA 40%, QUINDI NON PRE  
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TALI (SABBIE SCIOLTE). DA CIO SI PUÒ CONCLU  
PRESENTANO UNA CURVA GRANULOMETRICA ESTERNA ALLA FASCIA SIA DI ELE  
POSSIBILITÀ DI LIQUEFAZIONE ~~quindi~~  
**quindi tale condizione è verificata.**

FASCE GRANULOMETRICHE PER LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE  
TERRENI A GRANULOMETRIA UNIFORME



FASCE GRANULOMETRICHE PER LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE  
TERRENI A GRANULOMETRIA ESTESA



DA QUANTO SU ESPOSIZIONE, la suscettibilità alla liquefazione dei primi 15-20 metri dal p.c. è da ritenersi da bassa a nulla IN QUANTO I LITOTIPI COINVOLTI PRESENTANO ALMENO UN DEI PUNTI ESCUDENTI LA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE ED IN PARTICOLARE GRASSA ASSENZA DELLA FALDA NEI PRIMI 20 METRI.

### 3.2 Risposta Sismica Locale.

#### 3.2.1. Stratigrafia del sito e relativi parametri elasto-dinamici

PER VALUTARE LA RISPOSTA SISMICA LOCALE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO, DALLA STRATIGRAFIA GEOLOGICA È STATO ACQUISITO IL SEGUENTE MODELLO GEOLOGICO MEDIO SINO AL BEDROCK. IL MODELLO GEOLOGICO MEDIO PER LA VALUTAZIONE DELLA Risposta Sismica Locale, viene riferito ad un piano di calcolo posto a profondità di -1.20 metri dal p.c. attuale, per come dichiarato dai progettisti. TRA I VARI MODELLI PREVISTI PER L' AREA D'INTERVENTO ESSO RISULTA IL PIÙ CAUTELATIVO.

N.	DESCRIZIONE	PROF. [M]	SPESS. [M]	TERRENO	GMAX [MPa]	PESO UNITÀ VOL. [KN/M³]	VS [M/S]	TENSIONE VERTICALE [KPa]
1	COPERTURA SCARSAMENTE CONSISTENTE COSTITUITA DA LIMI ARGILLOSI DI COLORE BRUNO CON PRESENZA DI MINUSCOLI INCLUSI LAPIDEI	0.00 1.20	1.20 1.80	VUCETIC & DORBY (1991) PI=15	93.74	19.0	220	11.4 39.9
2	SUBSTRATO SEDIMENTARIO LOCALE MEDIAMENTE CONSISTENTE COSTITUITO DA ARGILLE SILTOSE DI COLORE DAL GRIGIO AL GRIGIO AZZURRO	3.00	14.0	VUCETIC & DORBY (1991) PI=15	262.23	21.0	350	204.0
3	SUBSTRATO SEDIMENTARIO LOCALE COSTITUITO DA ARGILLE SILTOSE A TRATTI MARNOSE DI COLORE DAL GRIGIO AL GRIGIO AZZURRO	17.0	4.00	VUCETIC & DORBY (1991) PI=15	720.12	21.0	580	393.0
4	SUBSTRATO SEDIMENTARIO LOCALE DA ADDENSATO A LIEVEMENTE CEMENTATO COSTITUITO DA CONGLOMERATI SABBIOSI DA GRIGI A BRUNO CHIARI CON LIVELLI DI ARENAREE, 20 METRI TENERE BRUNO CHIARE	36.0	6.20	EPRI ROCK (1993) 36,88-176,20 METRI	919.14	19.5	680	1020.0
5	SUBSTRATO SEDIMENTARIO LOCALE ALTAMENTE CONSISTENTE (BEDROCK SISMICO) COSTITUITO DA ARGILLE FOGLIETTATE GRIGIE CON LIVELLI ARENACEI E CALCAREI	81.0	>20.0	VUCETIC & DORBY (1991) PI=30	4026.83	22.0	1340	1605.0

#### 3.2.2. Condizionamento geologico sulla risposta sismica locale.

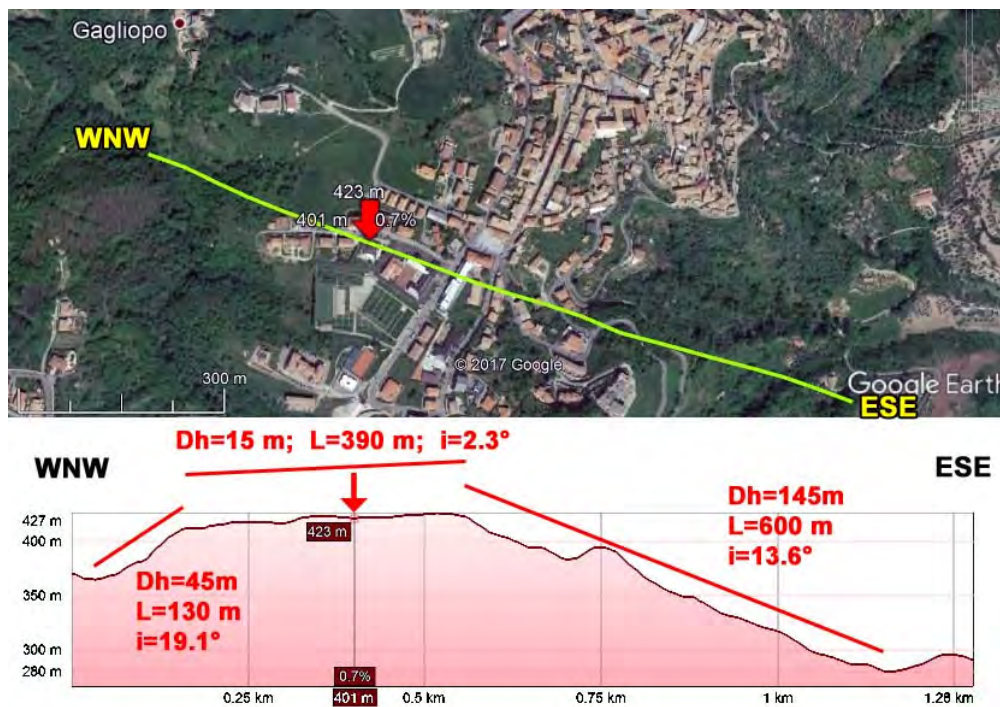
LA DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA INVESTIGATA CHE PER GLI ASPETTI PIÙ STRETTAMENTE GEOTECNICI, COME BASE PER VERIFICARE L'APPLICAZIONE DI DIVERSE METODOLOGIE DI CALCOLO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE. IN PRESENZA DI BASSI VALORI DI RIGIDITÀ OVVERO DI FORME CONCAVE DEL BASAMENTO SISMICO CON RIEMPIMENTI COSTITUITI DA MATERIALI SOFFICI GLI EFFETTI BIDIMENSIONALI POSSONO GIOCARE UN RUOLO DOMINANTE E QUINDI



IRREALISTICHE LE STIME EFFETTUATE CON METODOLOGIE 1D. PER VALUTARE IN PRIMA APP  
NELLE VALLI ALLUVIONALI DELLA PRESENZA DI EVENTUALI EFFETTI 2D DOVUTI AD  
FORTEMENTE INCLINATO, SI PUÒ UTILIZZARE L'APPROCCIO SEMPLIFICATO PROPOSTO D  
BOUCHON (1985) CON L'APPLICAZIONE DELLA SEGUENTE FORMULA:

$$\frac{h}{l} \leq 0.65 / \sqrt{C_v - 1}$$

DOVE: H È LA PROFONDITÀ MASSIMA DEL DEPOSITO, L LA SUA SEMIAMPIEZZA, CV IL RAP  
LA VELOCITÀ VS NEL BASAMENTO SISMICO E QUELLA MEDIA NEI TERRENI DI RIEMPIMENTO  
ALTRO FATTORE CHE RENDE IRREALISTICHE LE VALUTAZIONI CON METODI 1D SONO LA  
VERSANTI AD ACCLIVITÀ ELEVATA (INCLINAZIONE DEL PENDIO MAGGIORE DI 15° CON  
VERTICALE MAGGIORE DI 30-40 METRI), CHE POSSONO COMPORTARE AMPLIFICAZIONI TOP  
SIA SULLA CRESTA CHE LUNGO IL VERSANTE.



L'ASSETTO MORFOLOGICO IN CUI È INSERITO IL SITO, IN PARTICOLARE, È LA SOMMITÀ A  
DEBOLE PENDENZA, INCLINAZIONE MEDIA DI CIRCA 2.3°, DEL TRATTO DI UNA DORSALE  
ALLUNGATA IN DIREZIONE CIRCA NNE-SSW ED IDENTIFICATA A WNW DA UN TRATTO DI VER  
INCLINAZIONE MEDIA DI CIRCA 19.1° E DISLIVELLO DI CIRCA 45 METRI. MENTRE IN DIREZION  
SSW ED IDENTIFICATA DA UN TRATTO DI VERSANTE, CON INCLINAZIONE MEDIA DI CIRCA

DISLIVELLO DI CIRCA 145 METRI. DA TA LA DISTANZA DAI BORDI, MAGGIORE DI 100.0 METRI. INCLINAZIONI MEDIE DE DUE VERSANTI SI PUÒ CONCLUDERE CHE È POSSIBILE ST L'AMPLIFICAZIONE DEL SITO ATTRAVERSO UNO STUDIO MONODIMENSIONALE DELLA RISI LOCALE. IN CONCLUSIONE, DALLE CONSIDERAZIONI EMERSE, POSSIAMO ASSIMILARE GEOLOGICO E GEOTECNICO DELL'AREA INVESTIGATA AD UN MODELLO FISICO MONODIMEN STRATI PIANI, ORIZZONTALI, PARALLELI, CONTINUI, DI ESTENSIONE INFINITA, OM COMPORTAMENTO VISCO-ELASTICO CHE GIACCIONO SUL BEDROCK SISMICO. VISTA L'ID DELL'OPERA E IL SITO DI COSTRUZIONE (SITO A MEDIO-ELEVATA SISMICITÀ), SI È DECISO DI ALL'ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE SIA IN TERMINI DI SITO SEMPLIFICATO ( LIVELLO II D'ANALISI), SIA IN TERMINI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE NUMERICA CON LA DEGLI ACCELEROGRAMMI E DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA SPECIFICI PER IL SITO SOTTO FOR MEDI E DI SPETTRI NORMALIZZATI (LIVELLO III DI ANALISI).

### 3.2.3. *Analisi semplificata della risposta sismica locale (livello II di analisi - NTC2018)*

L'ANALISI SEMPLIFICATA DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO SI BASA SULL'INDIVIDU CATEGORIE DI SOTTOSUOLO DI RIFERIMENTO (§ 3.2.2 – TAB. 3.2.II, CATEGORIE DI SOTTOS NTC2018). LA CLASSIFICAZIONE SI EFFETTUA IN BASE AI VALORI DELL'VELOCITÀ EQUIVAL DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO. TALE PARAMETRO VIENE CALCOLATO MEDIANTE ESPRESSIONE:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} h_i / V_{s,i}}$$

DOVE  $h_i$  E  $V_{s,i}$  SONO RISPETTIVAMENTE LO SPESSORE E LA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO ESIMO STRATO; IL NUMERO DI STRATI PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO, DEFINITO COME QUEL FORMAZIONE COSTITUITA DA ROCCIA O TERRENO MOLTO RIGIDO, CARATTERIZZATA DA  $V_S \geq 800$  M/SEC. PER LE FONDAZIONI SUPERFICIALI, LA PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO È RIFERITA D'IMPOSTA DELLE STESSE, MENTRE PER LE FONDAZIONI SU PALI È RIFERITA ALLA TESTA. CASO DI OPERE DI SOSTEGNO DI TERRENI NATURALI, LA PROFONDITÀ È RIFERITA ALLA TESTA. MURI DI SOSTEGNO DI TERRAPIENI LA PROFONDITÀ È RIFERITA AL PIANO D'IMPOSTA DELLA

PER DEPOSITI CON PROFONDITÀ SUBSTRATO SUPERIORE A 30 METRI, LA VELOCITÀ EQUIVALENTE DELLE ONDE DI TAGLIO VSEQ È DEFINITA DAL PARAMETRO VS30, OTTENUTO PONENDO H=30 M NELLA PRECEDENTE ESPRESSIONE E CONSIDERANDO LE PROPRIETÀ DEGLI STRATI DI TERRENO CON LA PROFONDITÀ. LE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO CHE PERMETTONO L'UTILIZZO DELL'APPROCCIO SEMPLIFICATO SONO DEFINITE NELLA TABELLA SEGUENTE (§ 3.2.2 – TAB. 3.2.II, CATEGORIE DI SOTTOSUOLO – NTC2018)

Classe	Descrizione
<b>A</b>	<b>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</b> CARATTERIZZATI DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE SUPERIORI A 800 M/S, EVENTUALMENTE COMPRENDENTI IN SUPERFICIE TERRENE DI CARATTERISTICHE PIÙ SCADENTI CON SPESSORE MASSIMO PARI A 3 M.
<b>B</b>	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</b> , CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 360 M/S E 800 M/S.
<b>C</b>	<b>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</b> CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30 M, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 180 M/S E 360 M/S.
<b>D</b>	<b>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</b> CON LA PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30 M, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 100 M/S E 180 M/S.
<b>E</b>	<b>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</b> , CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO NON SUPERIORE A 30 M.

PER QUESTE CINQUE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, LE AZIONI SISMICHE SONO DEFINITE E DESCRITTE AL § 3.2.3 DELLE NTC2018. PER QUALSIASI CONDIZIONI DI SOTTOSUOLO NON CLASSIFICATE NELLE CATEGORIE PRECEDENTI, È NECESSARIO PREDISPORRE SPECIFICHE ANALISI DI RISPOSTA SISMICA. LA DEFINIZIONE DELLE AZIONI SISMICHE.

PER CONDIZIONI TOPOGRAFICHE COMPLESSE È NECESSARIO PREDISPORRE SPECIFICHE ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE MENTRE PER QUELLE SEMPLICI SI PUÒ ADOTTARE LA CLASSIFICAZIONE SEMPLIFICATA (§ 3.2.2 – TAB. 3.2.III, CATEGORIE TOPOGRAFICHE – NTC2018). LE CATEGORIE TOPOGRAFICHE SI RIFERISCONO A CONFIGURAZIONI GEOMETRICHE PREVALENTEMENTE BIDIMENSIONALI, COME CRESTE O DORSALI ALLUNGATE, E DEVONO ESSERE CONSIDERATE NELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA SE DI ALTEZZA MAGGIORE DI 30 M.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

COME SU INDICATO, NELLE NTC2018, A CIASCUNA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO È ASSOCIATO UN SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO. LA CLASSIFICAZIONE DEI SITI NASCE A LIVELLO NORMATIVO.

IN MANIERA SEMPLIFICATA LE AZIONI SISMICHE SUI SINGOLI EDIFICI E, SECONDO LA STESSA MANIERA, LA COSTRUZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DELL'ACCELERAZIONE, VIENE EFFETTUATA PERMEZZO DI ESPRESSIONI MATEMATICHE IN CUI COMPAIONO COEFFICIENTI TABELLATI LEGATI ALLE DIVERSE CATEGORIE DI SUOLO. LE FORME SPETTRALI DI UNA SPECIFICATA AREA DEL TERRITORIO NAZIONALE, SOTTO LA CATEGORIA ASSOCIATE AI DIVERSI TEMPI DI RITORNO (§ 3.2.3.2.1 NTC2018) VENGONO MODIFICATE ATTRAVERSO IL COEFFICIENTE SISMICO DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA  $S_T$  CHE MODIFICA IL VALORE DELL'INDICE  $S_s$  NELLE TABELLE.

PER SOTTOSUOLO DI CATEGORIA  $S_s$  IL COEFFICIENTE  $C_c$  VALGONO PER LE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, D EDE I COEFFICIENTI  $C_c$  POSSONO ESSERE CALCOLATI, IN FUNZIONE DEI VALORI DI  $T_c^*$  RELATIVI AL SOTTOSUOLO DI CATEGORIA  $S_s$  E DELL'ACCELERAZIONE DI GRAVITÀ  $g$  (TAB. 3.2.IV ESPRESSIONI  $C_c$  – NTC2018), NELLE QUALI IL TEMPO  $T_c$  È ESPRESSO IN SECONDI.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

PER TENER CONTO DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE ED IN ASSENZA DI SPECIFICHE RISPOSTA SISMICA LOCALE, SI UTILIZZANO I VALORI DEL COEFFICIENTE TOPOGRAFICO  $S_T$  SEGUITO (TAB. 3.2.V VALORI MASSIMI DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA – NTC2018), IN FUNZIONE DELLE CATEGORIE TOPOGRAFICHE (§ 3.2.2 – NTC2018) E DELL'UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

LE ESPRESSIONI CHE DEFINISCONO LO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE E VERTICALE (§ 3.2.3.2.1 E § 3.2.3.2.2 – NTC2018) SONO DI SEGUITO RIPORTATE

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

NELLE QUALI  $T$  È IL PERIODO DI VIBRAZIONE E  $a_g$  L'ACCELERAZIONE SISMICA. IL COEFFICIENTE  $S$  CHE TIENE CONTO DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO, DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE MEDIANTE LA RELAZIONE SEGUENTE È L'ATTORE CHE ALTERA LO SPETTRO ELASTICO PER COEFFICIENTI DI SMORZAMENTO DIVERSI DAL CONVENZIONALE 5%, MEDIANTE LA RELAZIONE  $S = 1 + \frac{a_g}{g}$  (ESPRESSO IN PERCENTUALE) È VALUTATO SULLA BASE DI MATERIALI, TIPOLOGIA STRUTTURALE E TIPO DI FONDAZIONE;  $F_o$  QUANTIFICA L'AMPLIFICAZIONE SPETTRALE MASSIMA, SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE, HA VALORE MINIMO PARTENDO DAL PERIODO CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO A VELOCITÀ COSTANTE DELLO SPETTRO DI RIFERIMENTO  $F_o = 1 + \frac{C_c}{C_c^*}$ , ( $C_c^*$  E  $C_c$  SONO DEFINITI IN § 3.2 – NTC2018);  $T_B$  È IL PERIODO CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO DELLO SPETTRO DI RIFERIMENTO A VELOCITÀ COSTANTE ED È DEFINITO COME  $T_B = 0,15 \cdot H$ ,  $H$  È IL PERIODO CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO A SPOSTAMENTO COSTANTE DELLO SPETTRO, ESPRESSO IN SECONDI.  $T_C$  È IL PERIODO CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO A VELOCITÀ COSTANTE DELLO SPETTRO DI RIFERIMENTO, ESPRESSO IN SECONDI.  $T_D$  È IL PERIODO CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO A SPOSTAMENTO COSTANTE DELLO SPETTRO DI RIFERIMENTO, ESPRESSO IN SECONDI.  $T_C$  E  $T_D$  SONO DEFINITI IN § 3.2 – NTC2018.

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

NELLE QUANTITÀ SONO, RISPETTIVAMENTE, IL PERIODO DI VIBRAZIONE E L'ACCELERAZIONE SPETTRALE VERTICALE È IL FATTORE CHE QUANTIFICA L'AMPLIFICAZIONE SPETTRALE MASSIMA DEI TERMINI DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA DEL TERRENO AG SU SITO DI RIFERIMENTO ORIZZONTALE, MEDIANTE LA RELAZIONE:

$$F_v = 1,35 * F_0 * \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

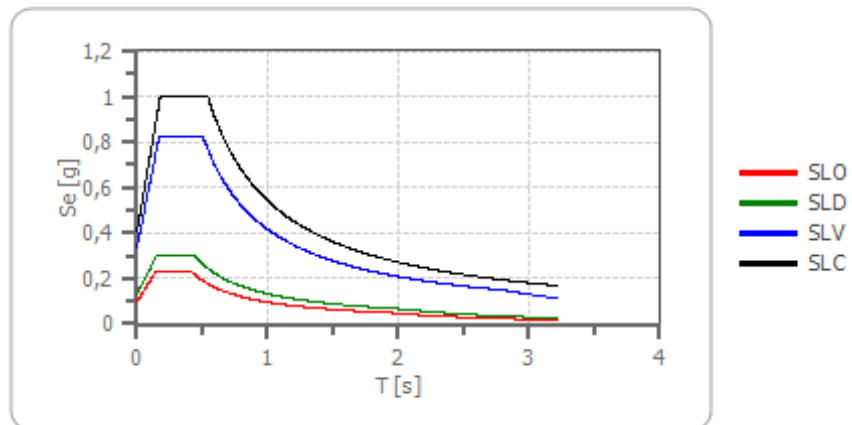
I VALORI DI  $F_0$ ,  $S$ ,  $\eta$  SONO DEFINITI NEL § 3.2.3.2.1 PER LE COMPONENTI ORIZZONTALI; I VALORI DI  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  E  $T_D$ , SALVO PIÙ ACCURATE DETERMINAZIONI, SONO RIPORTATI DI SEGUITO (3.2.VI VALORI DEI PARAMETRI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DELLA COMPONENTE VERTICALE NTC2018).

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

DALLE CONSIDERAZIONI: SUL MODELLO GEOLOGICO E SUL PIANO FONDALE DELLE OPERAZIONI FORNITE DAI PROGETTISTI; DALLE CONSIDERAZIONI SULLA VARIABILITÀ DELLO SPESSORE DELLA ZONA DI ALTERAZIONE SUPERFICIALE; DALLA STIMA DELLA VELOCITÀ EQUIVALENTE DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI CALCOLO -1.20 METRI DAL P.C, HA UN VALORE DI CIRCA PIANO CAMPAGNA VSEQ (CIRCA 406.68 M/SEC), SI PUÒ CONSIDERARE IL SITO IN ESAME APPARTENENTE ALLA **Categoria di sottosuolo C** “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*”. (§ 3.2.2., TAB. 3.2.II). DALLE CONSIDERAZIONI SULLA GEOMETRIA DELL'AREA DI STUDIO FATTE NEL PARAGRAFO **Geologico** sulla risposta sismica locale, SI PUÒ CONSIDERARE LE AREE DI SEDIME RIENTRANTI NELL' **Categoria topografica T1** “*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°*” (§ 3.2.2., TAB. 3.2.III). PER COME PRESCRIVE LA NORMATIVA NTC2018, IN BASE AI DATI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE RIFERITI ALLA PROGETTUALE DI VERIFICA SISMICA ED ALLA CLASSIFICAZIONE DEL SITO, SONO STATI RICAVATI GLI SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI DEI VARI STATI LIMITE CONSIDERANDO IL COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO DEL 5%.

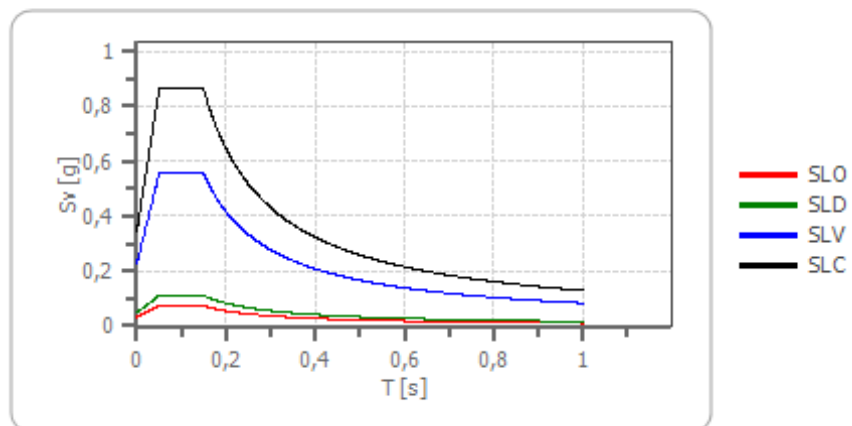
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.5	0,083	2,280	0,303	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,141	0,424	1,931	0,099	0,226
SLD	1.5	0,108	2,296	0,323	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,148	0,445	2,033	0,130	0,298
SLV	1.5	0,304	2,447	0,382	1,100	1,330	1,000	1,100	1,000	0,169	0,508	2,818	0,335	0,820
SLC	1.5	0,404	2,483	0,413	1,000	1,310	1,000	1,000	1,000	0,180	0,541	3,217	0,404	1,004

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.5	0,083	2,280	0,303	1,000	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,032	0,073
SLD	1.5	0,108	2,296	0,323	1,000	1,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,048	0,111
SLV	1.5	0,304	2,447	0,382	1,000	1,330	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,227	0,555
SLC	1.5	0,404	2,483	0,413	1,000	1,310	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,347	0,862

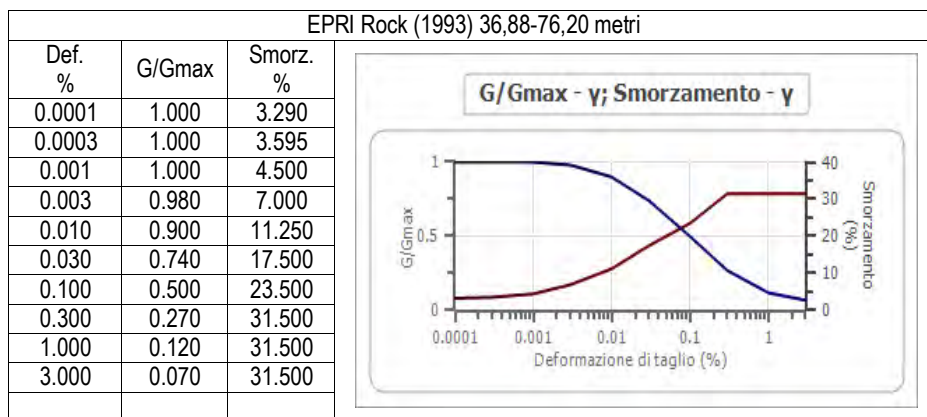
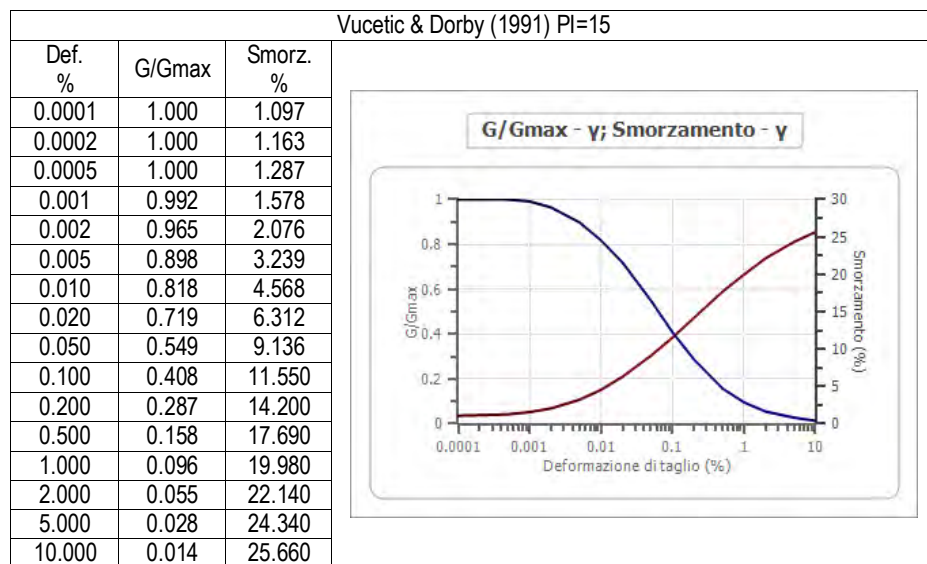
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

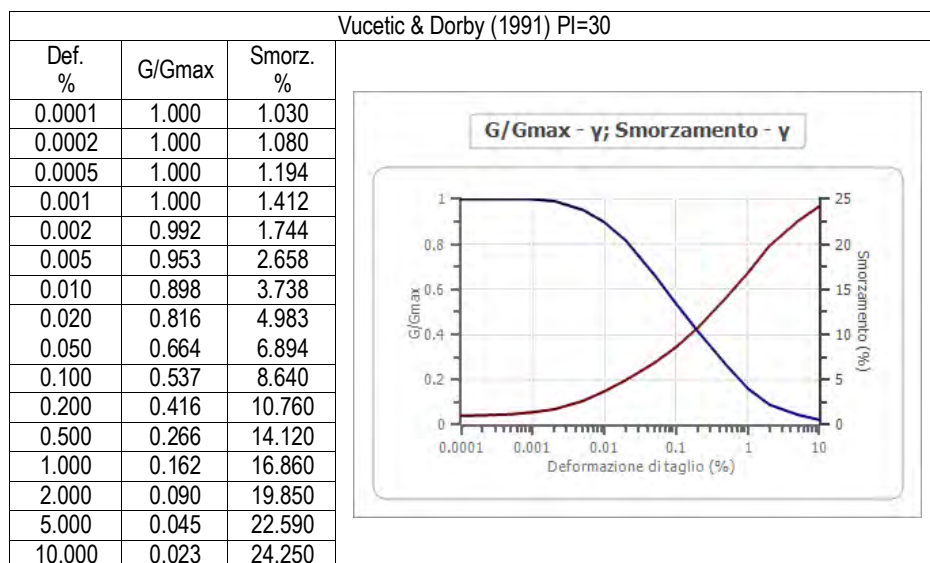




3.2.4. *Analisi Numerica della Risposta Sismica Locale (Livello III di analisi), calcolo degli accelerogrammi e degli spettri di risposta in superficie.*

LA COLONNA DI TERRENO UTILIZZATA PER LE SIMULAZIONI, RIFERITA AL PIANO DI AFFIDAMENTO (METRI DAL P.C.), È SUDDIVISA, RISPETTIVAMENTE IN 4 STRATI DEFINITI A PARTIRE DALLA STRATIGRAFIA GEOLOGICA DI RIFERIMENTO GIÀ RIPORTATA NELLA PRESENTE RELAZIONE (PARAGRAFO 3.2.1. *Stratigrafia del sito e relativi parametri elasto-dinamici*). NON ESSENDO STATE EFFETTUATE SPECIFICHE INDAGINI DI LABORATORIO PER LA DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI DECADECIMENTO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE A TAGLIO (G) E DEL COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO, SONO STATE ADOPERATE CURVE SPERIMENTALI MEDIE PER TERRENI DELLO STESSO TIPO NELLA PRESENTI. LA SCELTA È RICADUTA SULLE CURVE: SEED ET AL. (1986), EPRI SAND (1993) E VUCETIC & DORBY (1991). IN PARTICOLARE I PARAMETRI CHE DEFINISCONO LE CURVE UTILIZZATE PER I VARI STRATI SONO RIPORTATE DI SEGUITO.





COME INPUT SISMICO SONO STATI ADOPERATI IL SET DI ACCELEROGRAMMI SPETTRO C PRECEDENTEMENTE INDIVIDUATI (7 NATURALI – REXEL). TUTTI GLI ACCELEROGRAMMI UT ANALISI SONO STATI SCALATI AL VALORE DI PGA ATTESO AL SITO IN RIFERIMENTO AD OG CONSIDERATO, CIÒ IN ACCORDO CON LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZ DALLE NTC2018. LA PROCEDURA DI CALCOLO ADOPERATA È QUELLA MONODIMENSIONALE PROCEDURA DI CALCOLO ADOPERATA È QUELLA MONODIMENSIONALE (SOFTWARE RSLIII DE SRL). LE FASI PROCEDURALI E L’ALGORITMO CHE REGOLA LE ANALISI DEL SOFTWARE I SINTETICAMENTE, DI SEGUITO RIPORTATE

#### ALGORITMO E PROCEDURA DI CALCOLO DEL SOFTWARE RSLIII

LA PROCEDURA DI CALCOLO ADOPERATA DA RSL PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONE DI TRASFERIME COME BASE DI PARTENZA UNO O PIÙ ACCELEROGRAMMI, OD UNO SPETTRO DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE, E DELLA STRATIGRAFIA DEL SITO ATTRAVERSO I SEGUENTI PARAMETRI GEOTECNICI PER OGNI STRATO:

- PESO PER UNITÀ DI VOLUME;
- VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO;
- COEFFICIENTE DI SPINTA LATERALE;
- MODULO DI TAGLIO INIZIALE (OPZIONALE);
- SPESSORE;
- INDICE DI PLASTICITÀ.

LA NON LINEARITÀ DEL CALCOLO È INTRODOTTA DAL MODELLO DI DEFORMAZIONE AL TAGLIO E DEL COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO DALLA DEFORMAZIONE. SCHEMATICAMENTE LA PROCEDURA È RISPETTIVAMENTE LA SEGUENTE:

1. VALUTAZIONE DELLO SPETTRO DI FOURIER DELL'ACCELEROGRAMMA (OMESSA NEL CASO SI DEBBA ANALIZZARE LO SPETTRO);
2. RICERCA DI UN ERRORE RELATIVO PICCOLO SEGUENDO LA PROCEDURA DI:
  - 2.1. STIMA DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO;
  - 2.2. VALUTAZIONE DELLA DEFORMAZIONE INDOTTA IN CIASCUNO STRATO;
  - 2.3. CORREZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE AL TAGLIO E DEL COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO IN CIASCUNO STRATO;

LE OPERAZIONI 2.1, 2.2 E 2.3 SONO RIPETUTE FINO A QUANDO LA DIFFERENZA DI DEFORMAZIONE TRA UN'ITERAZIONE E LA PRECEDENTE NON RIMANE AL DI SOTTO DI UNA SOGLIA RITENUTA ACCETTABILE;

3. TRASFORMAZIONE INVERSA DI FOURIER DELLO SPETTRO PRECEDENTEMENTE CALCOLATO ED OPPORTUNAMENTE PESATO PER MEZZO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO CALCOLATA.

ATTRAVERSO QUESTA PROCEDURA È POSSIBILE “TRASFERIRE” L'ACCELEROGRAMMA DAL BEDROCK IN CUI SI È REGISTRATA LA DEFORMAZIONE PER CIASCUNO STRATO VIENE CORRETTA SULLA BASE DEL RAPPORTO FRA DEFORMAZIONE E ACCELERAZIONE COME SUGGERITO DALLA LETTERATURA SCIENTIFICA, OVVERO

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

DOVE  $M$  RAPPRESENTA LA MAGNITUDO DEL SISMA.

PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO, RSL CONSIDERA UN SUOLO VARIAMENTE STRATIFICATO DA  $N$  STRATI ORIZZONTALI DI CUI L' $N$ -ESIMO È IL LETTO DI ROCCIA (BEDROCK). PONENDO COME IPOTESI CHE

OGNI STRATO SI COMPORTI COME UN SOLIDO DI KELVIN-VOIGT  $\left[ K + i\eta \frac{\partial}{\partial t} \right]$ , LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI

TAGLIO CHE ATTRAVERSANO GLI STRATI VERTICALMENTE PUÒ ESSERE DEFINITA DALL'EQUAZIONE DELL'ONDA

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

DOVE  $u$  RAPPRESENTA LO SPOSTAMENTO,  $G$  IL MODULO DI DEFORMAZIONE AL TAGLIO,  $\eta$  LA VISCOSITÀ. PER ONDE ARMONICHE LO SPOSTAMENTO PUÒ ESSERE SCRITTO COME:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

CHE SOSTITUITA NELLA (1) PONE

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = -\omega^2 U \quad (3)$$

DOVE  $\omega$  RAPPRESENTA LA FREQUENZA ANGOLARE. LA (3) PUÒ ESSERE RISCritta COME

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = -\omega^2 U \quad (4)$$

AVENDO PO  $G^* = G + i\omega\eta$ , OVVERO IL MODULO DI DEFORMAZIONE AL TAGLIO COMPLESSO. A QUESTO PUÒ ESSERE ULTERIORMENTE RISCritto COME

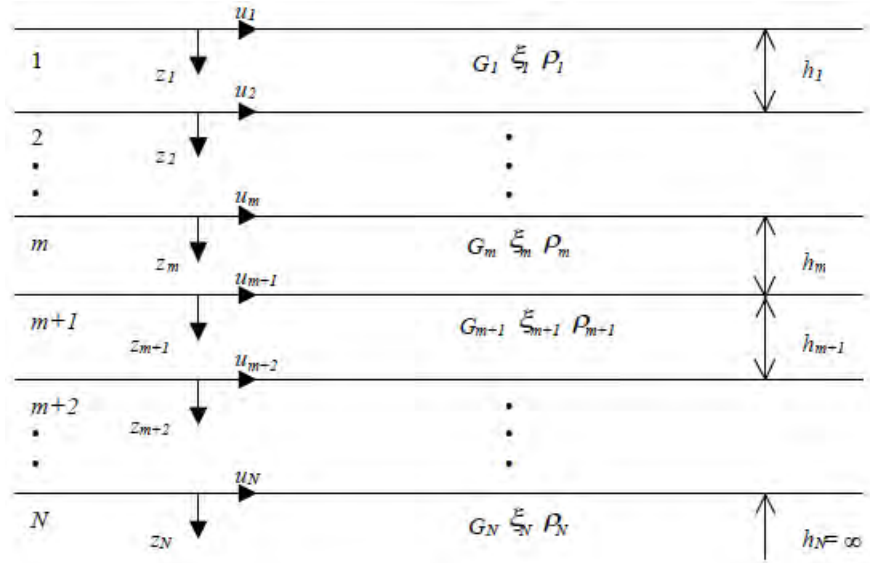
$$G^* = G(1 + 2i\beta) \quad (5)$$

AVENDO POSTO

$$\beta = \frac{\eta\omega}{2G} \quad (6)$$

DOVE  $\beta$  RAPPRESENTA IL COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO. CIÒ POSTO, E FATTA CONVENZIONE CHE  $i = \sqrt{-1}$ , INDICA LA NATURA COMPLESSA DELLA VARIABILI IN GIOCO, LA SOLUZIONE DELL'EQUAZIONE GENERICA È LA SEGUENTE:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$



ESEMPIO DI STRATIGRAFIA PER RIFERIMENTO.

DOVE E E F DIPENDONO DALLE CONDIZIONI AL CONTORNO E RAPPRESENTANO L'AMPIEZZA D'ONDA COMPLESSA RISPETTIVAMENTE VERSO L'ALTO (-Z) E VERSO IL FONDO (+Z). IL NUMERO D'ONDA COMPLESSO DATO DALLA SEGUENTE ESPRESSIONE:

$$k^* = \sqrt{\frac{\rho^*}{G^*}} \quad (8)$$

IL TAGLIO INVECE È DATO DA:

$$(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i \cdot t} = ik^* G^* \left[ E e^{i(t + k^* z)} + F e^{i(t - k^* z)} \right] e^{i \cdot t} \quad (9)$$

PER IL GENERICO STRATO NE GLI SPOSTAMENTI, RISPETTIVAMENTE IN SOMMITÀ (Z = 0) ED AL FONDO (Z = h\_m), SONO:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i \cdot t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i \cdot t} \quad (11)$$

POICHÉ DEVE ESSERE RISPETTATA LA CONGRUENZA SULLO SPOSTAMENTO ALL'INTERFACCIA TRA GLI STRATI, LO SPOSTAMENTO IN SOMMITÀ AD UNO STRATO DEVE ESSERE UGUALE ALLO SPOSTAMENTO SUL FONDO IMMEDIATAMENTE SOPRA, SE NE DEDUCE CHE:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

USANDO LA (10), (11) E LA (12), NE CONSEGUO CHE

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

IL TAGLIO IN SOMMITÀ ED AL FONDO DEVE ESSERE DATO DA:

$$u_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i \cdot t} \quad (14)$$

$$u_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i \cdot t} \quad (15)$$

POICHÉ FRA UNO STRATO E L'ALTRO IL TAGLIO DEVE ESSERE CONTINUO SI HA

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

OVVERO

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

SOMMANDO LA (13) ALLA (17) E SOTTRAENDO SI OTTENGONO

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m \left( 1 + \frac{1}{\alpha_m^*} \right) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m \left( 1 - \frac{1}{\alpha_m^*} \right) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m \left( 1 - \frac{1}{\alpha_m^*} \right) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m \left( 1 + \frac{1}{\alpha_m^*} \right) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

DOVE  $\alpha_m^*$  RAPPRESENTA IL COEFFICIENTE DI IMPEDENZA COMPLESSO AL CONFINAMENTO STRATI DALLA SEGUENTE ESPRESSIONE:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

POICHÉ IN SUPERFICIE IL TAGLIO È NULLO,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i \omega t} = 0$$

SI DEDUCE CHE  $F_1 = E_1$ .

LE EQUAZIONI (18) E (19) POSSONO ESSERE SUCCESSIVAMENTE APPLICATE AGLI STRATI SUCCESSIVI DA 2 A  $n$ . FUNZIONE DI TRASFERIMENTO CHE LEGA GLI SPOSTAMENTI IN SOMMITÀ DEGLI STRATI DALLA SEGUENTE ESPRESSIONE:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

$A_{mn}$  RAPPRESENTA LA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO, OVVERO LA FUNZIONE CHE METTE IN RELAZIONE IL DEFORMAZIONE TRA I PUNTI

IN PRATICA LO STATO DEFORMATIVO DI UNA STRATIGRAFIA RIMANE DEFINITO UNA VOLTA NOTA LA DEFORMAZIONE QUALSIASI PUNTO. INOLTRE, POICHÉ LA VELOCITÀ E L'ACCELERAZIONE SONO LEGATI ALLO SPOSTAMENTO,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i \omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t)$$

(22)

LA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO PUÒ ESSERE ESPRESSA ANCHE IN FUNZIONE DELLE VELOCITÀ E DELL'ACCELERAZIONE AL TETTO DEGLI STRATI

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

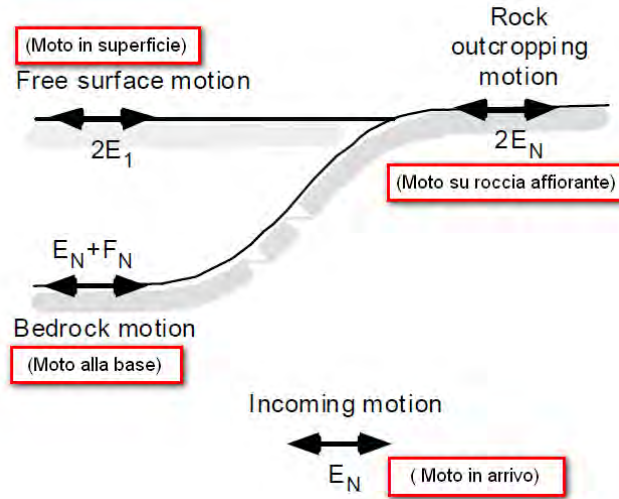
LA DEFORMAZIONE TANGENZIALE RIMANE DEFINITA ALL'INTERFACCIA

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i \omega t} \quad (24)$$

E LA CORRISPONDENTE TENSIONE TANGENZIALE, DALLA SEGUENTE ESPRESSIONE:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

AI FINI DI UNA CORRETTA INTERPRETAZIONE DEL PROBLEMA DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE, RISULTA UTILE LA RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DI FIGURA 2 IN CUI È RIPORTATA LA TERMINOLOGIA UTILIZZATA PER LO STUDIO SISMICO DI UN DEPOSITO CHE POGGIA SU UN BASAMENTO ROCCIOSO.



SCHEMA DI RIFERIMENTO E TERMINOLOGIA UTILIZZATA.

LE ONDE DI TAGLIO SI PROPAGANO VERTICALMENTE ATTRAVERSO IL BEDROCK CON AMPIEZZA PARI AD  $E_N$  E, NEL BEDROCK, SOTTO IL DEPOSITO DEGLI STRATI DI TERRENO, IL MOTO HA UN'AMPIEZZA PARI A  $E_N + F_N$ . AFFIORANTE, POICHÉ LE TENSIONI TANGENZIALI SONO IN MOTTO, IL MOTO AVRÀ AMPIEZZA PARI A  $2E_N$ . FUNZIONE DI TRASFERIMENTO DAL BEDROCK AL BEDROCK-AFFIORANTE È LA SEGUENTE:

$$A_{NN}(\gamma) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

Questa funzione, nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un valore aggiornato di  $G$  da cui si valuta  $V_s$  e si ricomincia la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente è ritenuta accettabile. Il modello operato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

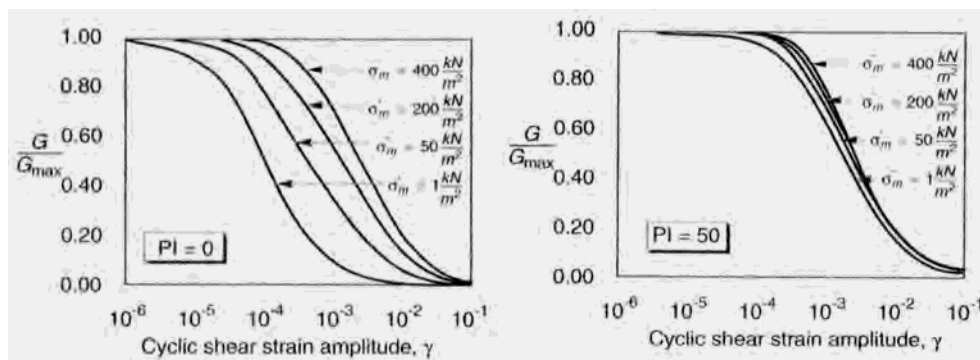
$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.41} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

DOV'  $G_{max}$  È DATO DALLA RELAZIONE

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

DOV'  $\rho$  È LA DENSITÀ DEL TERRENO E  $V_s$  È LA VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO NELLO STESSO. LA RELAZIONE FORNISCE IL VALORE IN  $G_{max}$  ALLA PRIMA ITERAZIONE.

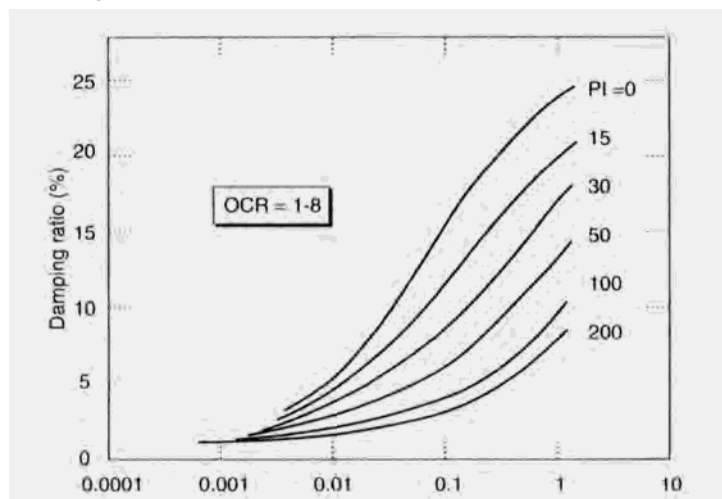


INFLUENZA DELLA PRESSIONE DI CONFINAMENTO E DELLA PLASTICITÀ SUL MODULO DI DEFORMAZIONE

PER QUANTO RIGUARDA INVECE IL COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO DEL MODELLO INTRODOTTO DALLA (24) SI HA:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.3})}{2} \left[ 0.586 \left( \frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

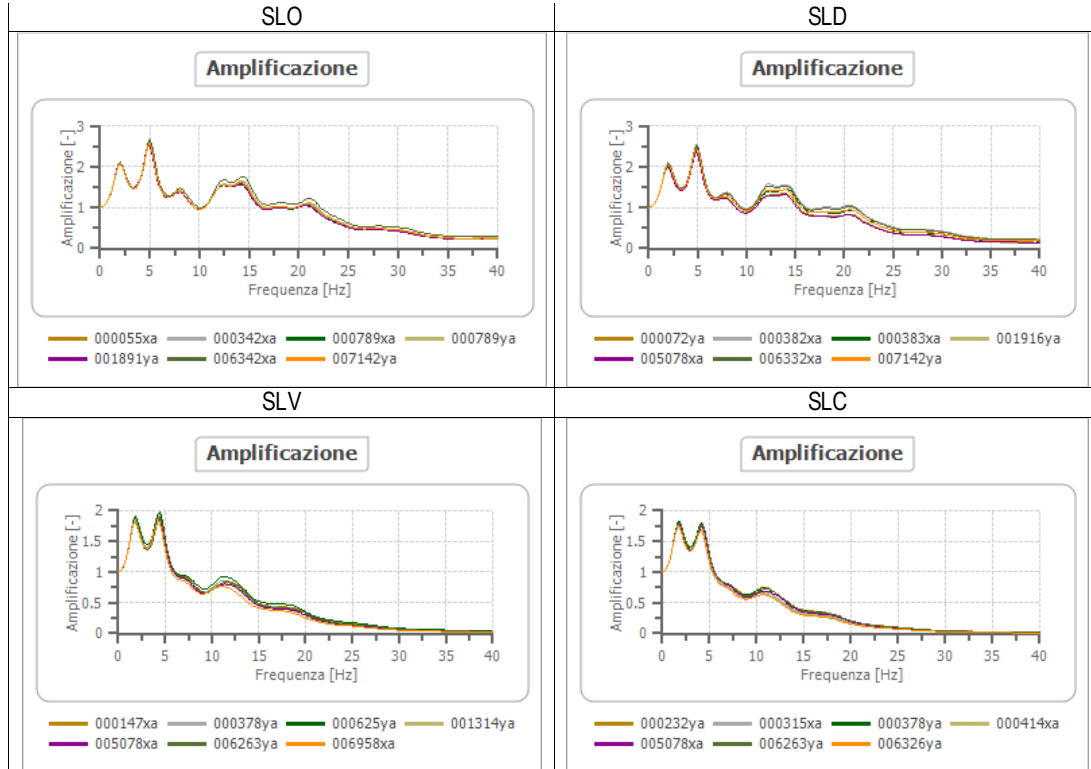
DA CUI SI DEDUCE CHE  $\xi$  DEVE ESSERE RICALCOLATO AD OGNI ITERAZIONE.



INFLUENZA DELLA PLASTICITÀ SUL COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO.

LA STRATIGRAFIA DEL SITO, I PARAMETRI ELASTO DINAMICI E OGNI ACCELEROGRAMMA DETERMINANO, PER OGNI STATO LIMITE CONSIDERATO, UN'AMPLIFICAZIONE DEL SEGNALE SISMICO DAL BEDROCK ALLA SUPERFICIE, CON RIFERIMENTO AL PIANO DI CALCOLO, ESPRIMIBILE, MEDIANTE LE SEGUENTI FUNZIONI DI AMPLIFICAZIONE CHE ESPRIMONO IL FATTORE AMPLIFICATIVO A DIVERSE FREQUENZE DA CUI È COMPOSTO IL SEGNALE ACCELEROMETRICO.





APPLICANDO LE FUNZIONI AMPLIFICAZIONE ALLA STRATIGRAFIA DAL BEDROCK AL PIANO DI FONDAZIONE, SI OTTENGONO I SET DI ACCELEROGRAMMI RIFERITI AL BEDROCK, OTTENUTI IN PRECEDENZA, SI OTTENGONO I SET DI ACCELEROGRAMMI SCALATI ALLA SUPERFICIE (INTESO COME PIANO FONDALE OPERE), NELLE DUE DIREZIONI ORTOGONALI DEL MOTO (N-S, E-W, CONSIDERATE UGUALI). RELATIVAMENTE AGLI ACCELEROGRAMMI RIFERITI ALLA COMPONENTE ORIZZONTALE PER OGNI STATO LIMITE CONSIDERATO, LE DUE DIREZIONI ORTOGONALI DEL MOTO (N-S, E-W, CONSIDERATE UGUALI). RELATIVAMENTE AGLI ACCELEROGRAMMI SCALATI IN SUPERFICIE, È STATO RICAIVATO LO SPETTRO DI RISPONDA MEDIO. PER LA DEFINIZIONE DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA NORMALIZZATI (§ 2.5.3.3.2, 2.5.4.3.1, 2.5.4.3.3, 3.2.3 – ICMZS). DAGLI SPETTRI MEDI, DEGLI ACCELEROGRAMMI SCALATI IN SUPERFICIE MEDIANTE L'ANALISI NUMERICA, PER OGNI STATO LIMITE, RIFERITI AL BEDROCK, SI OTTENGONO I SET DI ACCELEROGRAMMI SCALATI IN SUPERFICIE (S) IN ACCELERAZIONE E PSEUDO VELOCITÀ SAB(T), SAS(T), SVB(T), SVS(T), SONO STATI CALCOLATI I FATTORI DI AMPLIFICAZIONE FA ED FV ATTRAVERSO LE SEGUENTI LEGGI

$$FA = \frac{SA_{ms}}{SA_{mb}}; \quad FV = \frac{SV_{ms}}{SV_{mb}};$$

DOVE:  $SA_{MB}$ ,  $SA_{MS}$  SONO RISPETTIVAMENTE IL VALORE MEDIO DELLO SPETTRO DI ACCELERAZIONE (SAB(T), SAS(T)) NELL'INTORNO DI  $T_A$  (PERIODO PROPRIO IN CUI È MASSIMO IL VALORE DELLO SPETTRO);  $SV_{MB}$ ,  $SV_{MS}$  SONO RISPETTIVAMENTE IL VALORE MEDIO DELLO SPETTRO DI PSEUDO VELOCITÀ (SVB(T), SVS(T)) NELL'INTORNO DI  $T_V$  (PERIODO PROPRIO IN CUI È MASSIMO IL VALORE DELLO SPETTRO).

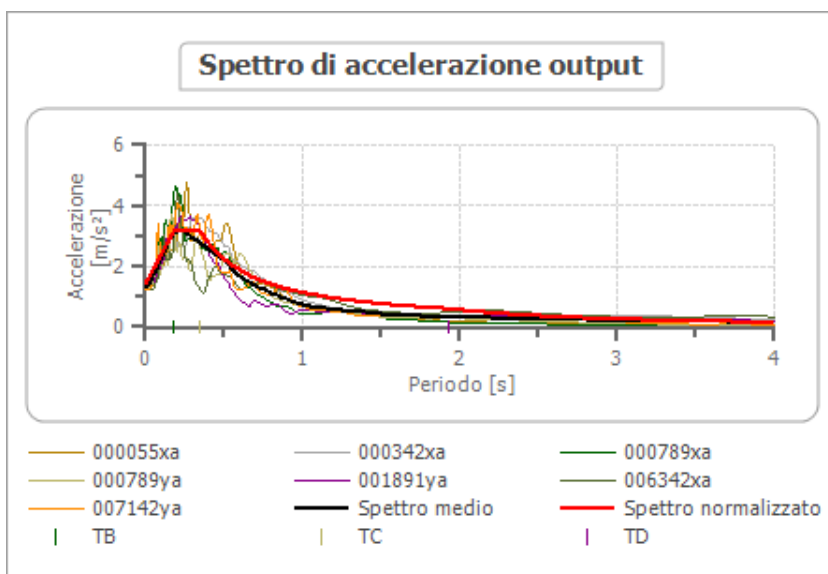
$$SA_m = \frac{1}{T_A} \int_{0.5 \cdot T_A}^{1.5 \cdot T_A} SA(T) dT \quad SV_m = \frac{1}{0.4 \cdot T_V} \int_{0.8 \cdot T_V}^{1.2 \cdot T_V} SV(T) dT$$

		SLO	SLD	SLV	SLC
TAI	[S]	0,250	0,240	0,260	0,310
TVI	[S]	3,400	0,820	1,650	0,760
TA0	[S]	0,220	0,230	0,280	0,350
TV0	[S]	0,520	0,600	0,540	0,640
SAMI	[M/S²]	1,759	2,371	7,127	9,558
SVMI	[M/S]	0,106	0,142	0,485	0,736
SAMO	[M/S²]	2,960	3,840	10,547	13,967
SVMO	[M/S]	0,176	0,240	0,760	1,180
FA	[-]	1,682	1,619	1,480	1,461
FV	[-]	1,652	1,688	1,568	1,605
TB	[S]	0,180	0,180	0,220	0,260
TC	[S]	0,350	0,360	0,440	0,520
TD	[S]	1,932	2,032	2,816	3,216
SA(0)	[M/S²]	1,397	1,817	4,610	5,915
SA(TB)	[M/S²]	3,185	4,172	11,280	14,686

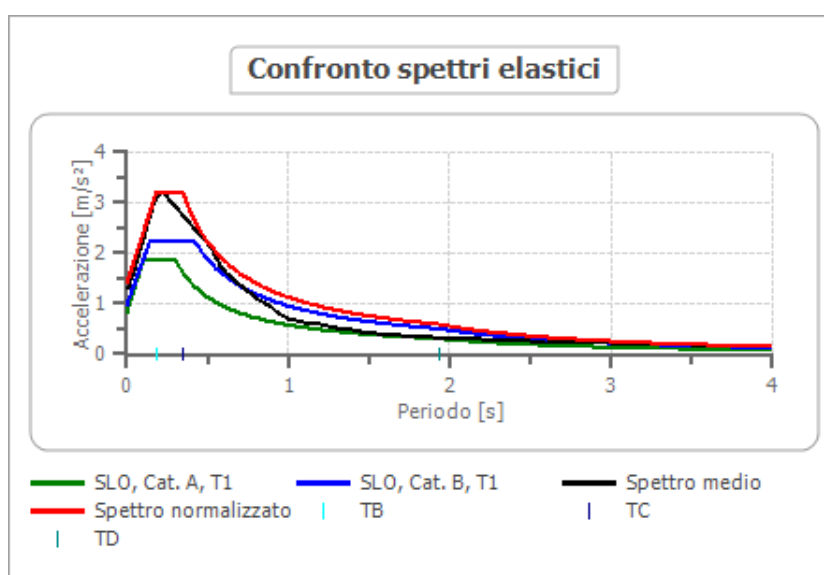
IL CODICE DI CALCOLO RSLIII, PER OGNI STATO LIMITE, HA RESTITUITO I DATI, SIA IN FORMA TABELLARE CHE DI GRAFICO, DEI VALORI DEI PARAMETRI DELLA SCELTA DI ACCERAZIONE SISMICA ORIZZONTALE MASSIMA IN  $(m/sec^2)$  ATTI A DEFINIRE GLI SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI (MEDI E NORMALIZZATI) DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE IN SUPERFICIE. INOLTRE SONO MESSI A CONFRONTO SIA TRA LORO SIA CON GLI SPETTRI RICAVATI CON L'APPROCCIO SEMPRE CONFORME AL NTC2018

SLO - SPETTRO DI RISPOSTA MEDIO - ORIZZONTALE

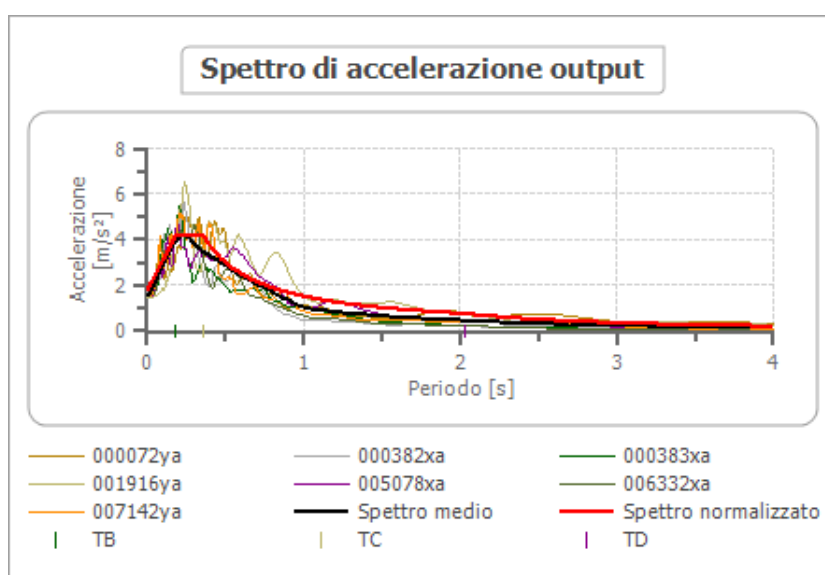
PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]
0.00	1.3111	0.26	3.0905	0.52	2.1155	0.98	0.7505	2.25	0.2732
0.01	1.3112	0.27	3.0526	0.53	2.0628	1.00	0.7137	2.30	0.2664
0.02	1.4325	0.28	3.0139	0.54	2.0049	1.05	0.6780	2.35	0.2594
0.03	1.5107	0.29	2.9754	0.55	1.9425	1.10	0.6433	2.40	0.2522
0.04	1.6100	0.30	2.9377	0.56	1.8767	1.15	0.6098	2.50	0.2447
0.05	1.7077	0.31	2.9008	0.57	1.8088	1.20	0.5775	2.60	0.2370
0.06	1.8125	0.32	2.8642	0.58	1.7402	1.25	0.5467	2.70	0.2292
0.07	1.9208	0.33	2.8275	0.60	1.6722	1.30	0.5174	2.80	0.2213
0.08	2.0328	0.34	2.7902	0.62	1.6061	1.35	0.4900	2.90	0.2135
0.09	2.1468	0.35	2.7522	0.64	1.5425	1.40	0.4645	3.00	0.2057
0.10	2.2621	0.36	2.7135	0.66	1.4817	1.45	0.4411	3.10	0.1981
0.11	2.3773	0.37	2.6743	0.68	1.4240	1.50	0.4199	3.20	0.1907
0.12	2.4916	0.38	2.6349	0.70	1.3691	1.55	0.4009	3.30	0.1834
0.13	2.6037	0.39	2.5958	0.72	1.3167	1.60	0.3840	3.40	0.1763
0.14	2.7120	0.40	2.5572	0.74	1.2663	1.65	0.3692	3.50	0.1693
0.15	2.8147	0.41	2.5194	0.76	1.2177	1.70	0.3562	3.60	0.1622
0.16	2.9093	0.42	2.4827	0.78	1.1705	1.75	0.3448	3.70	0.1551
0.17	2.9932	0.43	2.4471	0.80	1.1244	1.80	0.3349	3.80	0.1478
0.18	3.0639	0.44	2.4126	0.82	1.0793	1.85	0.3261	3.90	0.1403
0.19	3.1192	0.45	2.3792	0.84	1.0351	1.90	0.3183	4.00	0.1325
0.20	3.1578	0.46	2.3463	0.86	0.9917	1.95	0.3113		
0.21	3.1793	0.47	2.3135	0.88	0.9492	2.00	0.3047		
0.22	3.1845	0.48	2.2798	0.90	0.9075	2.05	0.2984		
0.23	3.1755	0.49	2.2442	0.92	0.8668	2.10	0.2922		
0.24	3.1547	0.50	2.2057	0.94	0.8270	2.15	0.2860		
0.25	3.1254	0.51	2.1630	0.96	0.7882	2.20	0.2797		



SLO - SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO - ORIZZONTALE									
PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]
0.00	1.3967	0.26	3.1845	0.52	2.1434	0.98	1.1373	2.25	0.4954
0.01	1.4961	0.27	3.1845	0.53	2.1030	1.00	1.1146	2.30	0.4846
0.02	1.5954	0.28	3.1845	0.54	2.0641	1.05	1.0615	2.35	0.4743
0.03	1.6947	0.29	3.1845	0.55	2.0265	1.10	1.0133	2.40	0.4644
0.04	1.7940	0.30	3.1845	0.56	1.9903	1.15	0.9692	2.50	0.4458
0.05	1.8933	0.31	3.1845	0.57	1.9554	1.20	0.9288	2.60	0.4287
0.06	1.9927	0.32	3.1845	0.58	1.9217	1.25	0.8917	2.70	0.4128
0.07	2.0920	0.33	3.1845	0.60	1.8577	1.30	0.8574	2.80	0.3981
0.08	2.1913	0.34	3.1845	0.62	1.7977	1.35	0.8256	2.90	0.3843
0.09	2.2906	0.35	3.1845	0.64	1.7415	1.40	0.7961	3.00	0.3715
0.10	2.3900	0.36	3.0961	0.66	1.6888	1.45	0.7687	3.10	0.3595
0.11	2.4893	0.37	3.0124	0.68	1.6391	1.50	0.7431	3.20	0.3483
0.12	2.5886	0.38	2.9331	0.70	1.5923	1.55	0.7191	3.30	0.3378
0.13	2.6879	0.39	2.8579	0.72	1.5480	1.60	0.6966	3.40	0.3278
0.14	2.7873	0.40	2.7865	0.74	1.5062	1.65	0.6755	3.50	0.3185
0.15	2.8866	0.41	2.7185	0.76	1.4666	1.70	0.6556	3.60	0.3096
0.16	2.9859	0.42	2.6538	0.78	1.4290	1.75	0.6369	3.70	0.3012
0.17	3.0852	0.43	2.5921	0.80	1.3932	1.80	0.6192	3.80	0.2933
0.18	3.1845	0.44	2.5332	0.82	1.3593	1.85	0.6025	3.90	0.2858
0.19	3.1845	0.45	2.4769	0.84	1.3269	1.90	0.5866	4.00	0.2786
0.20	3.1845	0.46	2.4230	0.86	1.2960	1.95	0.5716		
0.21	3.1845	0.47	2.3715	0.88	1.2666	2.00	0.5573		
0.22	3.1845	0.48	2.3221	0.90	1.2384	2.05	0.5437		
0.23	3.1845	0.49	2.2747	0.92	1.2115	2.10	0.5308		
0.24	3.1845	0.50	2.2292	0.94	1.1857	2.15	0.5184		
0.25	3.1845	0.51	2.1855	0.96	1.1610	2.20	0.5066		

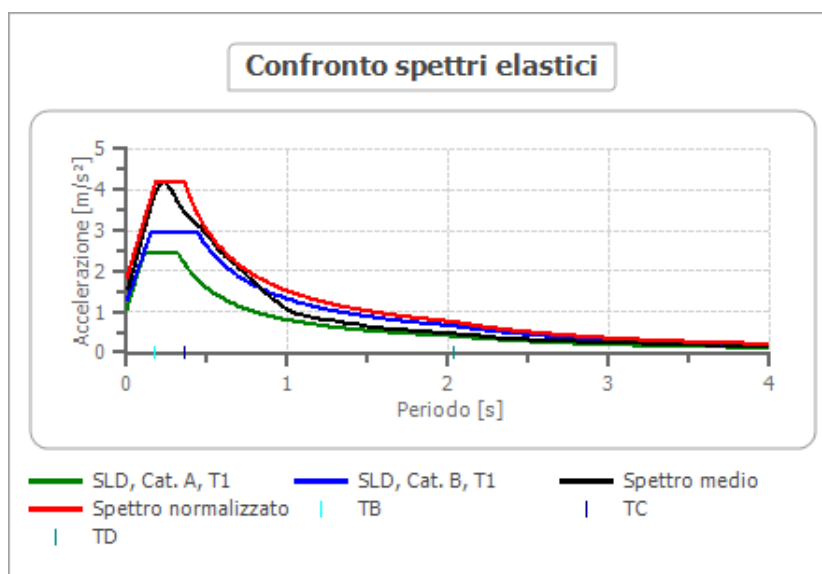


SLD - SPETTRO DI RISPOSTA MEDIO - ORIZZONTALE									
PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]
0.00	1.5761	0.26	4.0969	0.52	2.7893	0.98	1.0955	2.25	0.3740
0.01	1.5762	0.27	4.0426	0.53	2.7426	1.00	1.0389	2.30	0.3581
0.02	1.7602	0.28	3.9787	0.54	2.6946	1.05	0.9853	2.35	0.3420
0.03	1.8756	0.29	3.9087	0.55	2.6449	1.10	0.9350	2.40	0.3261
0.04	2.0197	0.30	3.8355	0.56	2.5928	1.15	0.8878	2.50	0.3102
0.05	2.1563	0.31	3.7621	0.57	2.5380	1.20	0.8437	2.60	0.2945
0.06	2.2994	0.32	3.6907	0.58	2.4801	1.25	0.8027	2.70	0.2792
0.07	2.4434	0.33	3.6230	0.60	2.4190	1.30	0.7647	2.80	0.2644
0.08	2.5898	0.34	3.5601	0.62	2.3546	1.35	0.7295	2.90	0.2501
0.09	2.7371	0.35	3.5026	0.64	2.2873	1.40	0.6971	3.00	0.2364
0.10	2.8846	0.36	3.4504	0.66	2.2175	1.45	0.6673	3.10	0.2235
0.11	3.0312	0.37	3.4032	0.68	2.1457	1.50	0.6400	3.20	0.2113
0.12	3.1758	0.38	3.3602	0.70	2.0725	1.55	0.6150	3.30	0.1999
0.13	3.3173	0.39	3.3205	0.72	1.9985	1.60	0.5920	3.40	0.1891
0.14	3.4544	0.40	3.2829	0.74	1.9242	1.65	0.5710	3.50	0.1789
0.15	3.5854	0.41	3.2465	0.76	1.8499	1.70	0.5515	3.60	0.1693
0.16	3.7085	0.42	3.2103	0.78	1.7759	1.75	0.5333	3.70	0.1601
0.17	3.8217	0.43	3.1735	0.80	1.7025	1.80	0.5161	3.80	0.1512
0.18	3.9226	0.44	3.1354	0.82	1.6298	1.85	0.4996	3.90	0.1427
0.19	4.0090	0.45	3.0960	0.84	1.5578	1.90	0.4837	4.00	0.1343
0.20	4.0786	0.46	3.0551	0.86	1.4868	1.95	0.4680		
0.21	4.1297	0.47	3.0128	0.88	1.4170	2.00	0.4525		
0.22	4.1610	0.48	2.9694	0.90	1.3486	2.05	0.4370		
0.23	4.1724	0.49	2.9252	0.92	1.2819	2.10	0.4214		
0.24	4.1644	0.50	2.8805	0.94	1.2173	2.15	0.4057		
0.25	4.1385	0.51	2.8352	0.96	1.1550	2.20	0.3899		



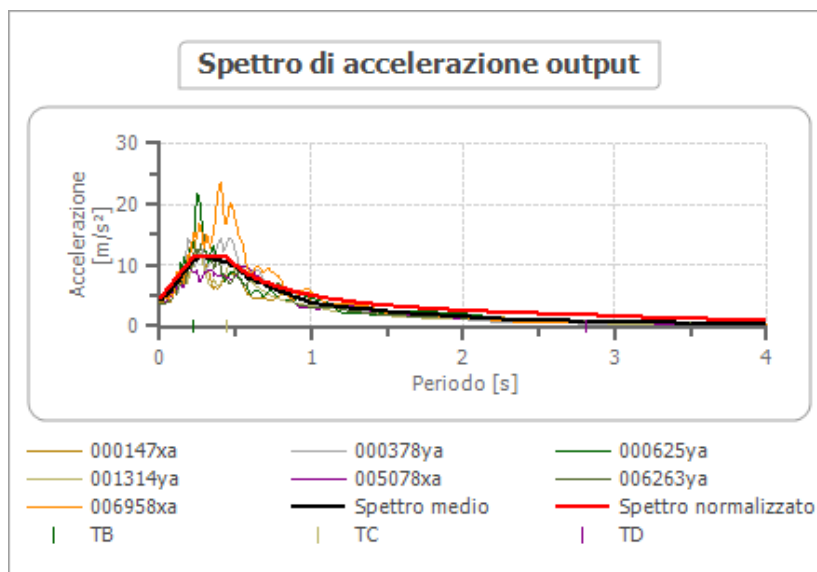
SLD - SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO - ORIZZONTALE

PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]
0.00	1.8173	0.26	4.1724	0.52	2.8886	0.98	1.5327	2.25	0.6676
0.01	1.9481	0.27	4.1724	0.53	2.8341	1.00	1.5021	2.30	0.6531
0.02	2.0789	0.28	4.1724	0.54	2.7816	1.05	1.4305	2.35	0.6392
0.03	2.2098	0.29	4.1724	0.55	2.7310	1.10	1.3655	2.40	0.6259
0.04	2.3406	0.30	4.1724	0.56	2.6823	1.15	1.3062	2.50	0.6008
0.05	2.4715	0.31	4.1724	0.57	2.6352	1.20	1.2517	2.60	0.5777
0.06	2.6023	0.32	4.1724	0.58	2.5898	1.25	1.2017	2.70	0.5563
0.07	2.7332	0.33	4.1724	0.60	2.5035	1.30	1.1554	2.80	0.5365
0.08	2.8640	0.34	4.1724	0.62	2.4227	1.35	1.1126	2.90	0.5180
0.09	2.9948	0.35	4.1724	0.64	2.3470	1.40	1.0729	3.00	0.5007
0.10	3.1257	0.36	4.1724	0.66	2.2759	1.45	1.0359	3.10	0.4845
0.11	3.2565	0.37	4.0597	0.68	2.2089	1.50	1.0014	3.20	0.4694
0.12	3.3874	0.38	3.9528	0.70	2.1458	1.55	0.9691	3.30	0.4552
0.13	3.5182	0.39	3.8515	0.72	2.0862	1.60	0.9388	3.40	0.4418
0.14	3.6491	0.40	3.7552	0.74	2.0298	1.65	0.9103	3.50	0.4292
0.15	3.7799	0.41	3.6636	0.76	1.9764	1.70	0.8836	3.60	0.4172
0.16	3.9107	0.42	3.5764	0.78	1.9257	1.75	0.8583	3.70	0.4060
0.17	4.0416	0.43	3.4932	0.80	1.8776	1.80	0.8345	3.80	0.3953
0.18	4.1724	0.44	3.4138	0.82	1.8318	1.85	0.8119	3.90	0.3851
0.19	4.1724	0.45	3.3379	0.84	1.7882	1.90	0.7906	4.00	0.3755
0.20	4.1724	0.46	3.2654	0.86	1.7466	1.95	0.7703		
0.21	4.1724	0.47	3.1959	0.88	1.7069	2.00	0.7510		
0.22	4.1724	0.48	3.1293	0.90	1.6690	2.05	0.7327		
0.23	4.1724	0.49	3.0655	0.92	1.6327	2.10	0.7153		
0.24	4.1724	0.50	3.0041	0.94	1.5980	2.15	0.6986		
0.25	4.1724	0.51	2.9452	0.96	1.5647	2.20	0.6828		



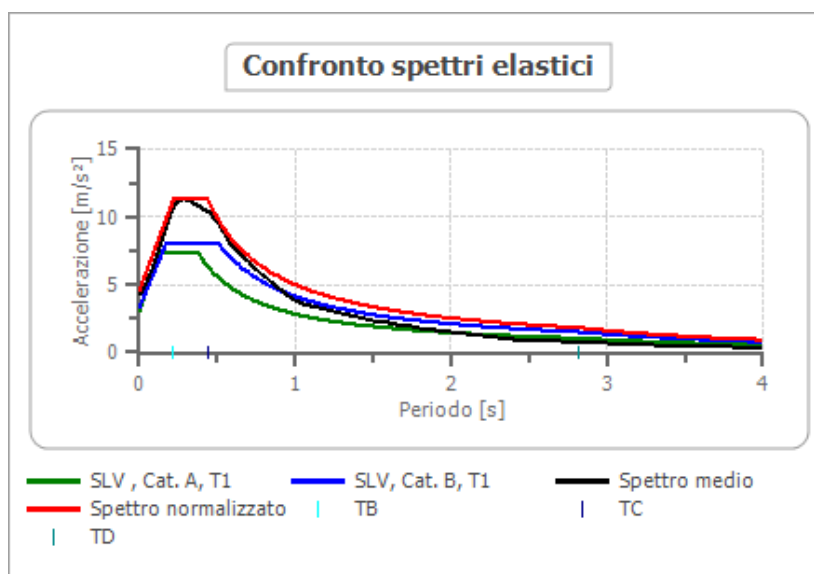
SLV - SPETTRO DI RISPOSTA MEDIO - ORIZZONTALE

PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]
0.00	4.2660	0.26	11.2035	0.52	9.2982	0.98	3.9699	2.25	1.1345
0.01	4.2657	0.27	11.2569	0.53	9.1048	1.00	3.8001	2.30	1.0703
0.02	4.5657	0.28	11.2797	0.54	8.9013	1.05	3.6340	2.35	1.0078
0.03	4.7569	0.29	11.2761	0.55	8.6895	1.10	3.4721	2.40	0.9470
0.04	4.9992	0.30	11.2507	0.56	8.4712	1.15	3.3146	2.50	0.8883
0.05	5.2364	0.31	11.2085	0.57	8.2484	1.20	3.1620	2.60	0.8318
0.06	5.4934	0.32	11.1541	0.58	8.0228	1.25	3.0146	2.70	0.7776
0.07	5.7636	0.33	11.0920	0.60	7.7961	1.30	2.8729	2.80	0.7258
0.08	6.0514	0.34	11.0258	0.62	7.5695	1.35	2.7371	2.90	0.6766
0.09	6.3560	0.35	10.9584	0.64	7.3443	1.40	2.6075	3.00	0.6301
0.10	6.6772	0.36	10.8918	0.66	7.1211	1.45	2.4842	3.10	0.5862
0.11	7.0136	0.37	10.8272	0.68	6.9006	1.50	2.3673	3.20	0.5450
0.12	7.3629	0.38	10.7647	0.70	6.6832	1.55	2.2567	3.30	0.5063
0.13	7.7222	0.39	10.7039	0.72	6.4689	1.60	2.1521	3.40	0.4702
0.14	8.0876	0.40	10.6434	0.74	6.2580	1.65	2.0532	3.50	0.4366
0.15	8.4547	0.41	10.5816	0.76	6.0503	1.70	1.9595	3.60	0.4053
0.16	8.8185	0.42	10.5166	0.78	5.8458	1.75	1.8706	3.70	0.3763
0.17	9.1736	0.43	10.4461	0.80	5.6444	1.80	1.7858	3.80	0.3493
0.18	9.5145	0.44	10.3680	0.82	5.4462	1.85	1.7046	3.90	0.3244
0.19	9.8357	0.45	10.2803	0.84	5.2509	1.90	1.6264	4.00	0.3013
0.20	10.1321	0.46	10.1811	0.86	5.0587	1.95	1.5508		
0.21	10.3992	0.47	10.0691	0.88	4.8695	2.00	1.4774		
0.22	10.6332	0.48	9.9432	0.90	4.6833	2.05	1.4058		
0.23	10.8315	0.49	9.8030	0.92	4.5002	2.10	1.3358		
0.24	10.9925	0.50	9.6484	0.94	4.3202	2.15	1.2673		
0.25	11.1161	0.51	9.4798	0.96	4.1434	2.20	1.2002		



SLV - SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO - ORIZZONTALE

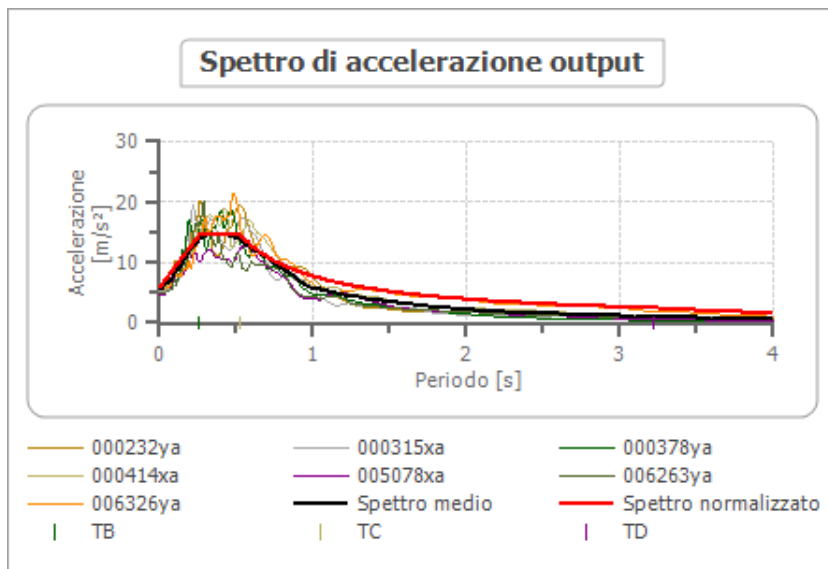
PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]
0.00	4.6096	0.26	11.2797	0.52	9.5443	0.98	5.0643	2.25	2.2058
0.01	4.9128	0.27	11.2797	0.53	9.3643	1.00	4.9631	2.30	2.1579
0.02	5.2160	0.28	11.2797	0.54	9.1908	1.05	4.7267	2.35	2.1119
0.03	5.5191	0.29	11.2797	0.55	9.0237	1.10	4.5119	2.40	2.0679
0.04	5.8223	0.30	11.2797	0.56	8.8626	1.15	4.3157	2.50	1.9852
0.05	6.1255	0.31	11.2797	0.57	8.7071	1.20	4.1359	2.60	1.9089
0.06	6.4287	0.32	11.2797	0.58	8.5570	1.25	3.9704	2.70	1.8382
0.07	6.7319	0.33	11.2797	0.60	8.2718	1.30	3.8177	2.80	1.7725
0.08	7.0351	0.34	11.2797	0.62	8.0049	1.35	3.6763	2.90	1.7114
0.09	7.3383	0.35	11.2797	0.64	7.7548	1.40	3.5450	3.00	1.6544
0.10	7.6414	0.36	11.2797	0.66	7.5198	1.45	3.4228	3.10	1.6010
0.11	7.9446	0.37	11.2797	0.68	7.2986	1.50	3.3087	3.20	1.5510
0.12	8.2478	0.38	11.2797	0.70	7.0901	1.55	3.2020	3.30	1.5040
0.13	8.5510	0.39	11.2797	0.72	6.8931	1.60	3.1019	3.40	1.4597
0.14	8.8542	0.40	11.2797	0.74	6.7068	1.65	3.0079	3.50	1.4180
0.15	9.1574	0.41	11.2797	0.76	6.5303	1.70	2.9194	3.60	1.3786
0.16	9.4606	0.42	11.2797	0.78	6.3629	1.75	2.8360	3.70	1.3414
0.17	9.7637	0.43	11.2797	0.80	6.2038	1.80	2.7573	3.80	1.3061
0.18	10.0669	0.44	11.2797	0.82	6.0525	1.85	2.6827	3.90	1.2726
0.19	10.3701	0.45	11.0290	0.84	5.9084	1.90	2.6121	4.00	1.2408
0.20	10.6733	0.46	10.7893	0.86	5.7710	1.95	2.5452		
0.21	10.9765	0.47	10.5597	0.88	5.6398	2.00	2.4815		
0.22	11.2797	0.48	10.3397	0.90	5.5145	2.05	2.4210		
0.23	11.2797	0.49	10.1287	0.92	5.3946	2.10	2.3634		
0.24	11.2797	0.50	9.9261	0.94	5.2798	2.15	2.3084		
0.25	11.2797	0.51	9.7315	0.96	5.1698	2.20	2.2559		





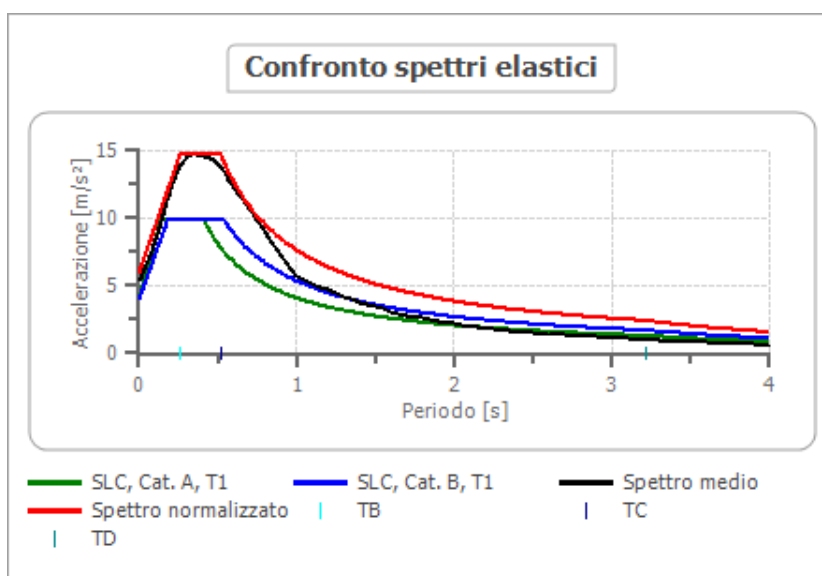
SLC - SPETTRO DI RISPOSTA MEDIO - ORIZZONTALE

PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]
0.00	5.4801	0.26	13.8597	0.52	13.7856	0.98	6.0053	2.25	1.7681
0.01	5.4798	0.27	14.0568	0.53	13.6350	1.00	5.7162	2.30	1.6920
0.02	5.8363	0.28	14.2239	0.54	13.4641	1.05	5.4372	2.35	1.6173
0.03	6.0614	0.29	14.3618	0.55	13.2722	1.10	5.1686	2.40	1.5437
0.04	6.3447	0.30	14.4718	0.56	13.0594	1.15	4.9110	2.50	1.4712
0.05	6.6178	0.31	14.5559	0.57	12.8258	1.20	4.6646	2.60	1.3996
0.06	6.9099	0.32	14.6166	0.58	12.5723	1.25	4.4297	2.70	1.3292
0.07	7.2124	0.33	14.6566	0.60	12.3000	1.30	4.2065	2.80	1.2598
0.08	7.5305	0.34	14.6788	0.62	12.0104	1.35	3.9952	2.90	1.1919
0.09	7.8632	0.35	14.6860	0.64	11.7055	1.40	3.7956	3.00	1.1254
0.10	8.2111	0.36	14.6813	0.66	11.3871	1.45	3.6076	3.10	1.0606
0.11	8.5732	0.37	14.6672	0.68	11.0574	1.50	3.4311	3.20	0.9978
0.12	8.9483	0.38	14.6461	0.70	10.7187	1.55	3.2658	3.30	0.9371
0.13	9.3344	0.39	14.6198	0.72	10.3730	1.60	3.1111	3.40	0.8787
0.14	9.7291	0.40	14.5897	0.74	10.0226	1.65	2.9665	3.50	0.8228
0.15	10.1294	0.41	14.5567	0.76	9.6695	1.70	2.8315	3.60	0.7695
0.16	10.5319	0.42	14.5211	0.78	9.3154	1.75	2.7054	3.70	0.7188
0.17	10.9330	0.43	14.4828	0.80	8.9620	1.80	2.5874	3.80	0.6708
0.18	11.3286	0.44	14.4410	0.82	8.6108	1.85	2.4768	3.90	0.6256
0.19	11.7149	0.45	14.3945	0.84	8.2632	1.90	2.3728	4.00	0.5830
0.20	12.0878	0.46	14.3419	0.86	7.9201	1.95	2.2747		
0.21	12.4436	0.47	14.2812	0.88	7.5826	2.00	2.1816		
0.22	12.7788	0.48	14.2104	0.90	7.2515	2.05	2.0928		
0.23	13.0903	0.49	14.1275	0.92	6.9276	2.10	2.0076		
0.24	13.3755	0.50	14.0303	0.94	6.6115	2.15	1.9255		
0.25	13.6324	0.51	13.9169	0.96	6.3039	2.20	1.8458		



SLC - SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO - ORIZZONTALE

PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]	PERIODO [S]	ACC. [M/S <sup>2</sup> ]
0.00	5.9146	0.26	14.6860	0.52	14.6860	0.98	7.7926	2.25	3.3941
0.01	6.2520	0.27	14.6860	0.53	14.4089	1.00	7.6367	2.30	3.3203
0.02	6.5894	0.28	14.6860	0.54	14.1421	1.05	7.2731	2.35	3.2497
0.03	6.9267	0.29	14.6860	0.55	13.8850	1.10	6.9425	2.40	3.1820
0.04	7.2641	0.30	14.6860	0.56	13.6370	1.15	6.6406	2.50	3.0547
0.05	7.6014	0.31	14.6860	0.57	13.3978	1.20	6.3640	2.60	2.9372
0.06	7.9388	0.32	14.6860	0.58	13.1668	1.25	6.1094	2.70	2.8284
0.07	8.2762	0.33	14.6860	0.60	12.7279	1.30	5.8744	2.80	2.7274
0.08	8.6135	0.34	14.6860	0.62	12.3173	1.35	5.6568	2.90	2.6334
0.09	8.9509	0.35	14.6860	0.64	11.9324	1.40	5.4548	3.00	2.5456
0.10	9.2883	0.36	14.6860	0.66	11.5708	1.45	5.2667	3.10	2.4635
0.11	9.6256	0.37	14.6860	0.68	11.2305	1.50	5.0912	3.20	2.3865
0.12	9.9630	0.38	14.6860	0.70	10.9096	1.55	4.9269	3.30	2.3142
0.13	10.3003	0.39	14.6860	0.72	10.6066	1.60	4.7730	3.40	2.2461
0.14	10.6377	0.40	14.6860	0.74	10.3199	1.65	4.6283	3.50	2.1819
0.15	10.9751	0.41	14.6860	0.76	10.0483	1.70	4.4922	3.60	2.1213
0.16	11.3124	0.42	14.6860	0.78	9.7907	1.75	4.3639	3.70	2.0640
0.17	11.6498	0.43	14.6860	0.80	9.5459	1.80	4.2426	3.80	2.0097
0.18	11.9872	0.44	14.6860	0.82	9.3131	1.85	4.1280	3.90	1.9581
0.19	12.3245	0.45	14.6860	0.84	9.0914	1.90	4.0193	4.00	1.9092
0.20	12.6619	0.46	14.6860	0.86	8.8799	1.95	3.9163		
0.21	12.9992	0.47	14.6860	0.88	8.6781	2.00	3.8184		
0.22	13.3366	0.48	14.6860	0.90	8.4853	2.05	3.7252		
0.23	13.6740	0.49	14.6860	0.92	8.3008	2.10	3.6365		
0.24	14.0113	0.50	14.6860	0.94	8.1242	2.15	3.5520		
0.25	14.3487	0.51	14.6860	0.96	7.9549	2.20	3.4712		



DALLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO NORMALIZZATO (RICAVATO DALLO SPETTRO M  
RICAVATI I PARAMETRI ESSENZIALI CHE LO DEFINISCONO (PARAMETRI CHE CARATTERIZZ  
PER COME DEFINITI NELLE NTC2018). I PARAMETRI CHE DEFINISCONO GLI SPETTRI E  
ORIZZONTALI DERIVATI DALLO STUDIO NUMERICO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE SONO I SE

PARAMETRI CHE DEFINISCONO LO SPETTRO ELASTICO NORMALIZZATO ORIZZONTALE IN SUPERFICIE da Studio RSL livello III				
Spettro Pericolosità sismica di base livello II NTC2008 (Bedrock)	Coordinale ED50: Lat.: <b>39,404300°</b> ; Lon.: <b>16,154500°</b>			
	Categoria di sottosuolo: <b>A</b> ; Categoria topografica: <b>T1</b>			
Modifiche da introdurre ai parametri dello spettro di partenza				
	SLO	SLD	SLV	SLC
AG/G O AG [G]	0,083	0,108	0,304	0,404
AG [M/S²]	0,814	1,059	2,982	3,963
FO	2,280	2,296	2,447	2,483
T*C [S]	0,303	0,323	0,382	0,413
CC	1,155	1,115	1,152	1,259
SS	1,716	1,716	1,546	1,493
ST	1,000	1,000	1,000	1,000
S	1,716	1,716	1,546	1,493
ξ [%]	5,000	5,000	5,000	5,000
η	1,000	1,000	1,000	1,000
TB [S] - ORIZ.	0,180	0,180	0,220	0,260
TC [S] - ORIZ.	0,350	0,360	0,440	0,520
TD [S] - ORIZ.	1,932	2,032	2,816	3,216
SA(0) [G]	0,142	0,185	0,470	0,603
SA(TB) [G]	0,325	0,425	1,150	1,497
SA(0) [M/S²]	1,397	1,817	4,610	5,915
SA(TB) [M/S²]	3,185	4,172	11,281	14,687

LE ESPRESSIONI CHE LEGANO TRA LORO TALI PARAMETRI E CHE DEFINISCONO LO SPETT  
ELASTICO DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE (§ 3.2.3.2.1 – NTC2018) SONO DI SEGUITO RIPOR

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

IN TALI ESPRESSIONI Se SONO, RISPETTIVAMENTE, IL PERIODO DI VIBRAZIONE E L'ACCELERAZIONE SPETTRALE ORIZZONTALE CHE TIENE CONTO DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE MEDIANTE LA ESPRESSIONE SEGUENTE: IL FATTORE CHE ALTERA LO SPETTRO ELASTICO PER COEFFICIENTI DI SMORZAMENTO CONVENZIONALI DIVERSI DAL 5%, MEDIANTE LA RELAZIONE  $\eta^{1/2} \geq 0,55$ ; (ESPRESSO IN PERCENTUALE) È VALUTATO SULLA BASE DI MATERIALI, TIPOLOGIA STRUTTURALE E FONDAZIONE; È IL FATTORE CHE QUANTIFICA L'AMPLIFICAZIONE SPETTRALE MASSIMA, SU RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE, AL PERIODO CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO A VELOCITÀ COSTANTE DELLO SPETTRO, DATO DA  $T_B$ ;  $T_B$  È IL PERIODO CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO DELLO SPETTRO AD ACCELERAZIONE COSTANTE CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO A SPOSTAMENTO COSTANTE DELLO SPETTRO, ESPRESSO IN SECONDI. TALE APPROCCIO SERVE PER POTER RICAVALRE, CON LA STESSA METODOLOGIA ADOTTATA DALLE NTC2018, LA RISPOSTA VERTICALE IN FUNZIONE DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA ORIZZONTALE. TALE METODOLOGIA HA A DISPOSIZIONE DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA VERTICALI CHE, RISPETTO A QUELLI VERIFICATI DIRETTAMENTE DALLO STUDIO NUMERICO, SONO PIÙ CAUTELATIVI E QUINDI CONSIGLIATI PER LA PROGETTAZIONE. CON TALE APPROCCIO LE ESPRESSIONI CHE DEFINISCONO LO SPETTRO ELASTICO DELLA COMPONENTE VERTICALE § 3.2.3.2.2 – NTC2018) SONO DI SEGUITO RIPORTATE.

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

I VALORI DI  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $S$ ,  $\eta$  SONO STATI DEFINITI IN PRECEDENZA, MENTRE I VALORI DI  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  SONO RIPORTATI DI SEGUITO (TAB. 3.2.VI VALORI DEI PARAMETRI DELLO SPETTRO DI RIFERIMENTO ELASTICO DELLA COMPONENTE VERTICALE - NTC2018).

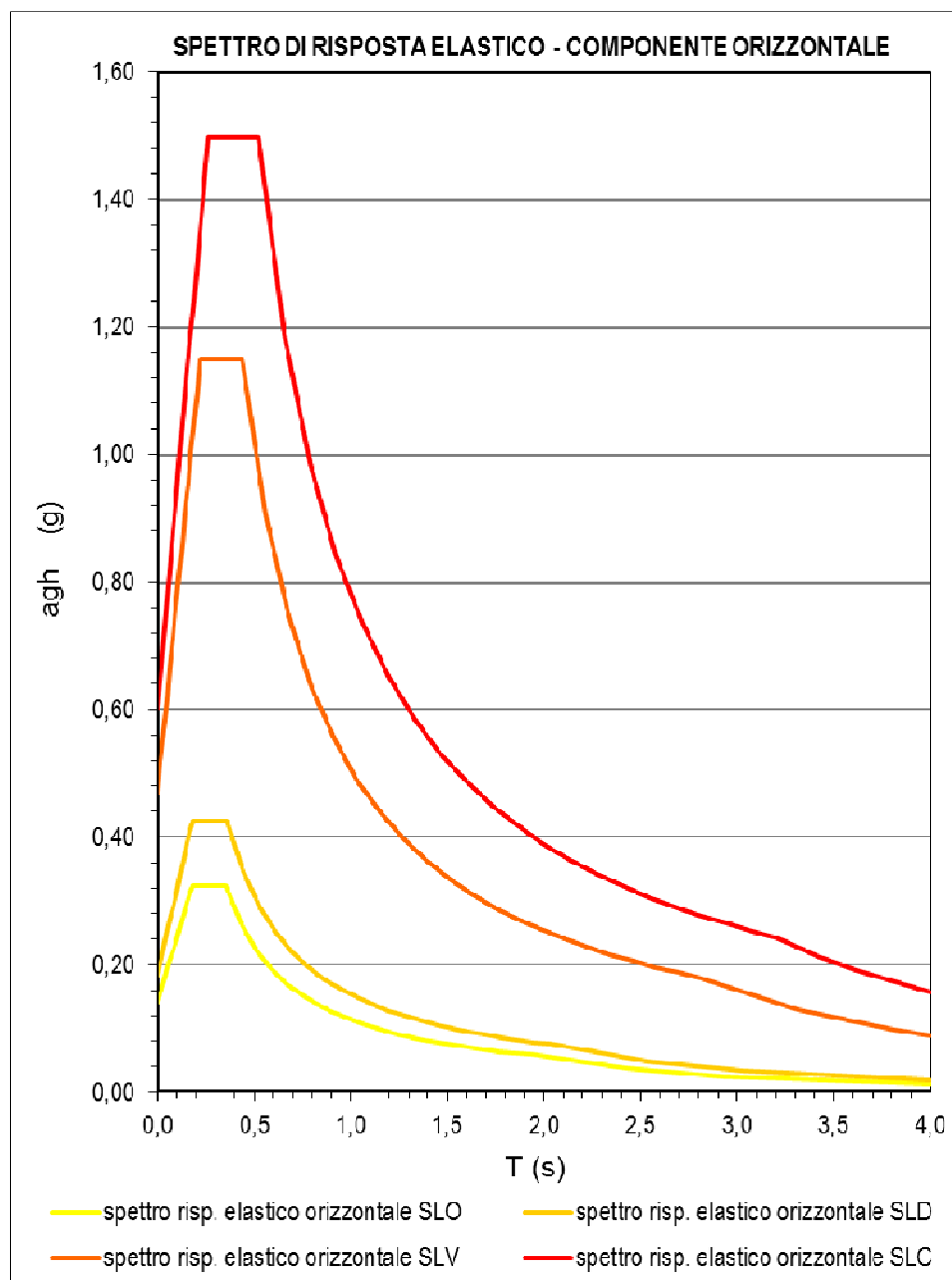
Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

T ED S<sub>ve</sub> SONO, RISPETTIVAMENTE, IL PERIODO DI VIBRAZIONE E L'ACCELERAZIONE S  
 VERTICALE E IL FATTORE CHE QUANTIFICA L'AMPLIFICAZIONE SPETTRALE MASSIMA, IN T  
 ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA DEL TERRENO IN SOSTA DEL SOSTRATO RIGIDO ORIZZONTALE,  
 MEDIANTE LA RELAZIONE:

$$F_V = 1,35 * F_0 * \left( \frac{ag}{g} \right)^{0,5}$$

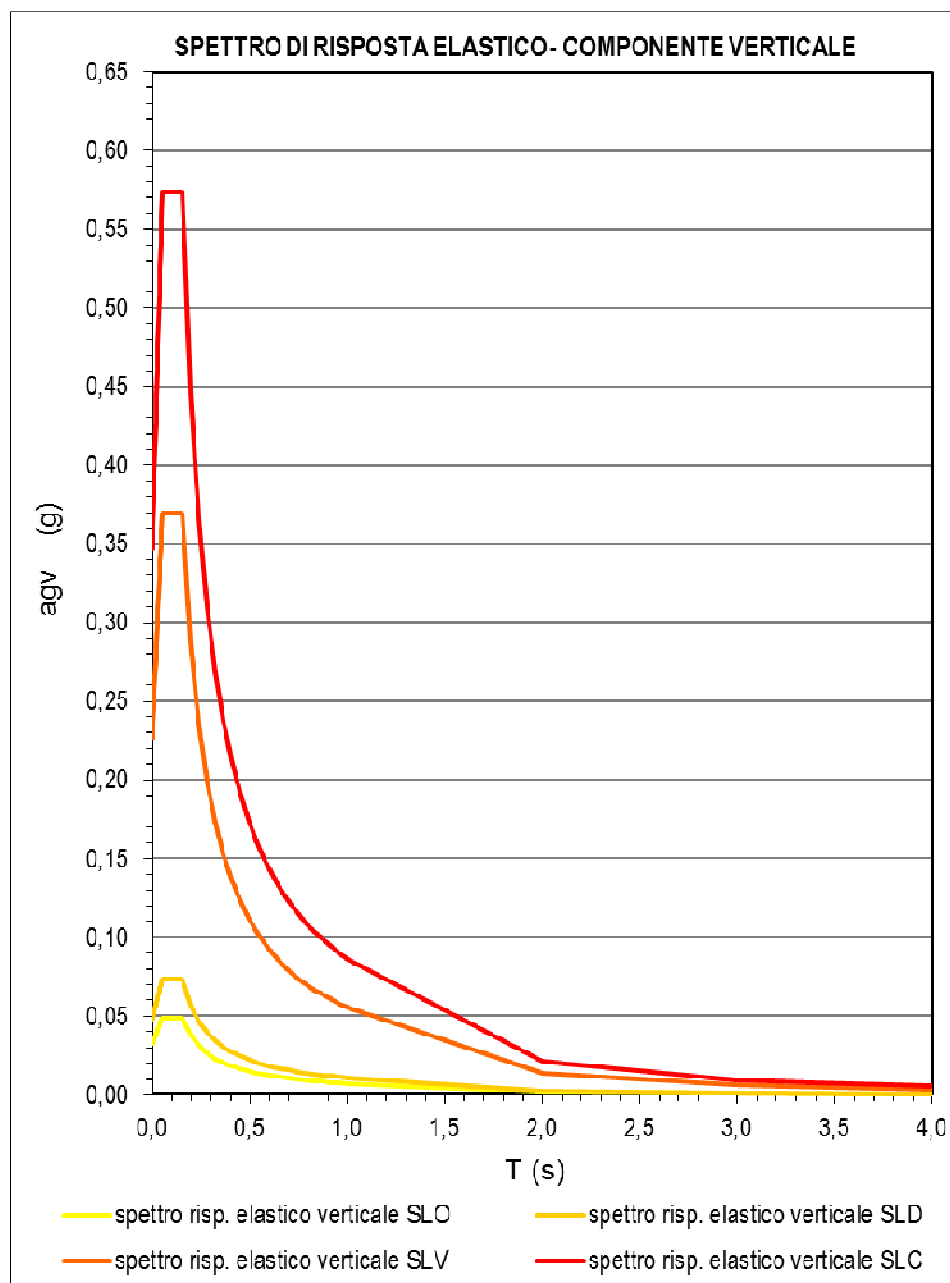
L'APPLICAZIONE DELLE ESPRESSIONI PRECEDENTI, PER OGNI STATO LIMITE, HA RESTIT  
 SIA IN FORMA TABELLARE CHE DI GRAFICO, DEI VALORI DEI PARAMETRI DEL TEMPO  
 DELL'ACCELERAZIONE SISMICA IN SOSTA DEL SOSTRATO RIGIDO ORIZZONTALE, IN A  
 ELASTICI (NORMALIZZATI) DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE E VERTICALE IN SUPERFICIE.

SLO - ORIZZONTALE		SLD - ORIZZONTALE		SLV - ORIZZONTALE		SLC - ORIZZONTALE	
T (s)	ag (g)	T (s)	ag (g)	T (s)	ag (g)	T (s)	ag (g)
0,000	0,142	0,000	0,185	0,000	0,470	0,000	0,603
0,013	0,155	0,013	0,202	0,016	0,518	0,019	0,667
0,026	0,168	0,026	0,220	0,031	0,567	0,037	0,731
0,039	0,181	0,039	0,237	0,047	0,616	0,056	0,795
0,051	0,194	0,051	0,254	0,063	0,664	0,074	0,858
0,064	0,208	0,064	0,271	0,079	0,713	0,093	0,922
0,077	0,221	0,077	0,288	0,094	0,761	0,111	0,986
0,090	0,234	0,090	0,305	0,110	0,810	0,130	1,050
0,103	0,247	0,103	0,322	0,126	0,858	0,149	1,114
0,116	0,260	0,116	0,340	0,141	0,907	0,167	1,178
0,129	0,273	0,129	0,357	0,157	0,956	0,186	1,242
0,141	0,286	0,141	0,374	0,173	1,004	0,204	1,306
0,154	0,299	0,154	0,391	0,189	1,053	0,223	1,369
0,167	0,312	0,167	0,408	0,204	1,101	0,241	1,433
0,180	0,325	0,180	0,425	0,220	1,150	0,260	1,497
0,223	0,325	0,225	0,425	0,275	1,150	0,325	1,497
0,265	0,325	0,270	0,425	0,330	1,150	0,390	1,497
0,308	0,325	0,315	0,425	0,385	1,150	0,455	1,497
0,350	0,325	0,360	0,425	0,440	1,150	0,520	1,497
0,429	0,265	0,444	0,345	0,559	0,905	0,655	1,189
0,508	0,224	0,527	0,290	0,678	0,747	0,790	0,986
0,587	0,193	0,611	0,251	0,796	0,635	0,924	0,842
0,666	0,171	0,694	0,220	0,915	0,553	1,059	0,735
0,746	0,152	0,778	0,197	1,034	0,489	1,194	0,652
0,825	0,138	0,862	0,178	1,153	0,439	1,329	0,586
0,904	0,126	0,945	0,162	1,272	0,398	1,464	0,532
0,983	0,116	1,029	0,149	1,390	0,364	1,598	0,487
1,062	0,107	1,112	0,138	1,509	0,335	1,733	0,449
1,141	0,100	1,196	0,128	1,628	0,311	1,868	0,417
1,220	0,093	1,280	0,120	1,747	0,290	2,003	0,389
1,299	0,087	1,363	0,112	1,866	0,271	2,138	0,364
1,378	0,082	1,447	0,106	1,984	0,255	2,272	0,343
1,457	0,078	1,530	0,100	2,103	0,241	2,407	0,323
1,537	0,074	1,614	0,095	2,222	0,228	2,542	0,306
1,616	0,070	1,698	0,090	2,341	0,216	2,677	0,291
1,695	0,067	1,781	0,086	2,460	0,206	2,812	0,277
1,774	0,064	1,865	0,082	2,578	0,196	2,946	0,264
1,853	0,061	1,948	0,079	2,697	0,188	3,081	0,253
1,932	0,059	2,032	0,075	2,816	0,180	3,216	0,242
2,432	0,037	2,532	0,049	3,316	0,130	3,416	0,215
2,932	0,026	3,032	0,034	3,816	0,098	3,616	0,191
4,000	0,014	4,000	0,019	4,000	0,089	4,000	0,156



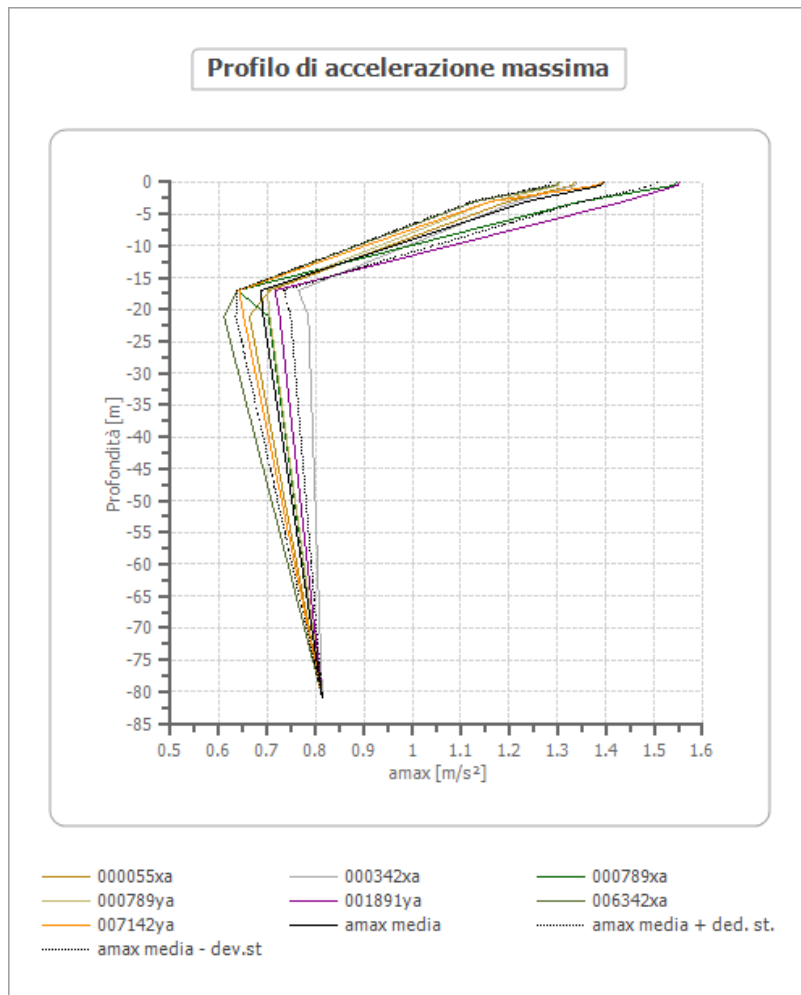
SLO - VERTICALE		SLD - VERTICALE		SLV - VERTICALE		SLC - VERTICALE	
T (s)	ag (g)	T (s)	ag (g)	T (s)	ag (g)	T (s)	ag (g)
0,000	0,032	0,000	0,048	0,000	0,226	0,000	0,347
0,004	0,033	0,004	0,050	0,004	0,236	0,004	0,363
0,007	0,035	0,007	0,052	0,007	0,247	0,007	0,379
0,011	0,036	0,011	0,053	0,011	0,257	0,011	0,395
0,014	0,037	0,014	0,055	0,014	0,267	0,014	0,412
0,018	0,038	0,018	0,057	0,018	0,277	0,018	0,428
0,021	0,039	0,021	0,059	0,021	0,287	0,021	0,444
0,025	0,041	0,025	0,061	0,025	0,298	0,025	0,460
0,029	0,042	0,029	0,062	0,029	0,308	0,029	0,476
0,032	0,043	0,032	0,064	0,032	0,318	0,032	0,493
0,036	0,044	0,036	0,066	0,036	0,328	0,036	0,509
0,039	0,045	0,039	0,068	0,039	0,338	0,039	0,525
0,043	0,047	0,043	0,070	0,043	0,349	0,043	0,541
0,046	0,048	0,046	0,071	0,046	0,359	0,046	0,558
0,050	0,049	0,050	0,073	0,050	0,369	0,050	0,574
0,075	0,049	0,075	0,073	0,075	0,369	0,075	0,574
0,100	0,049	0,100	0,073	0,100	0,369	0,100	0,574
0,125	0,049	0,125	0,073	0,125	0,369	0,125	0,574
0,150	0,049	0,150	0,073	0,150	0,369	0,150	0,574
0,193	0,038	0,193	0,057	0,193	0,288	0,193	0,447
0,235	0,031	0,235	0,047	0,235	0,236	0,235	0,366
0,278	0,027	0,278	0,040	0,278	0,200	0,278	0,310
0,320	0,023	0,320	0,034	0,320	0,173	0,320	0,269
0,363	0,020	0,363	0,030	0,363	0,153	0,363	0,237
0,405	0,018	0,405	0,027	0,405	0,137	0,405	0,213
0,448	0,016	0,448	0,025	0,448	0,124	0,448	0,192
0,490	0,015	0,490	0,022	0,490	0,113	0,490	0,176
0,533	0,014	0,533	0,021	0,533	0,104	0,533	0,162
0,575	0,013	0,575	0,019	0,575	0,096	0,575	0,150
0,618	0,012	0,618	0,018	0,618	0,090	0,618	0,139
0,660	0,011	0,660	0,017	0,660	0,084	0,660	0,130
0,703	0,010	0,703	0,016	0,703	0,079	0,703	0,123
0,745	0,010	0,745	0,015	0,745	0,074	0,745	0,116
0,788	0,009	0,788	0,014	0,788	0,070	0,788	0,109
0,830	0,009	0,830	0,013	0,830	0,067	0,830	0,104
0,873	0,008	0,873	0,013	0,873	0,063	0,873	0,099
0,915	0,008	0,915	0,012	0,915	0,061	0,915	0,094
0,958	0,008	0,958	0,011	0,958	0,058	0,958	0,090
1,000	0,007	1,000	0,011	1,000	0,055	1,000	0,086
2,000	0,002	2,000	0,003	2,000	0,014	2,000	0,022
3,000	0,001	3,000	0,001	3,000	0,006	3,000	0,010
4,000	0,000	4,000	0,001	4,000	0,003	4,000	0,005



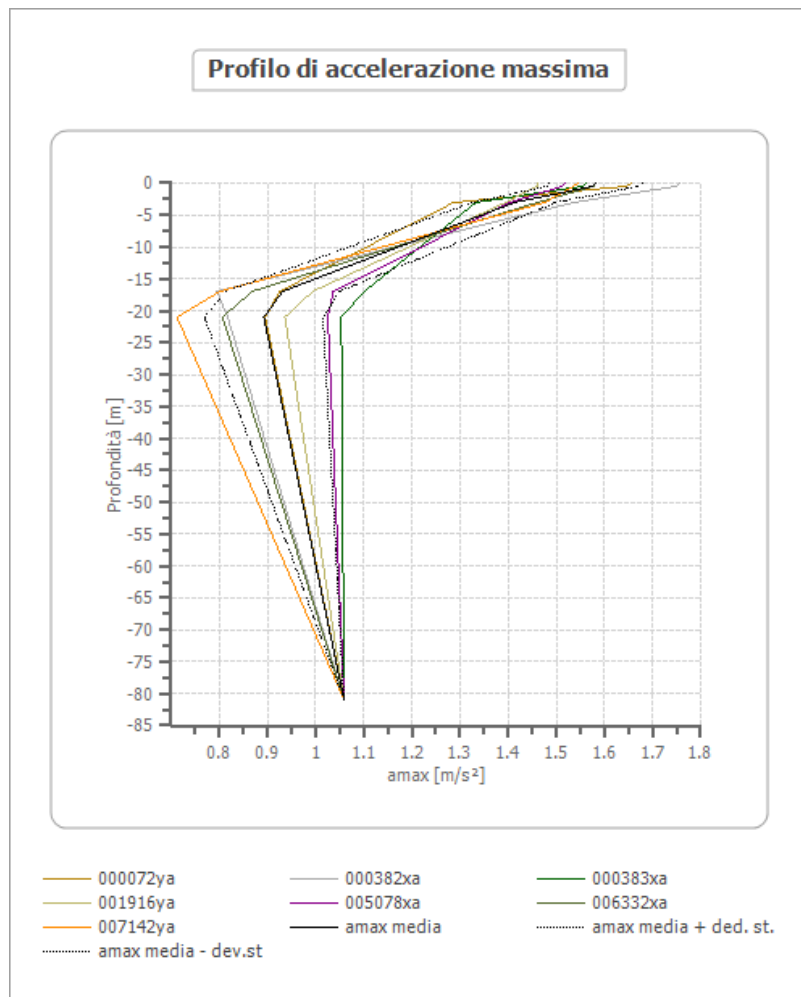


NEI GRAFICI SEGUENTI È RIPORTATA LA VARIAZIONE DELL'ACCELERAZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE CON LA PROFONDITÀ. DAI GRAFICI RISULTA EVIDENTE COME L'AUMENTO SIGNIFICATIVO DI ACCELERAZIONE SISMICA DAL BEDROCK ALLA SUPERFICIE SIA DOVUTO ESSENZIALMENTE AL SOTTOSUOLO SOFT, NEI PRIMI 17.0 METRI DAL P.C.

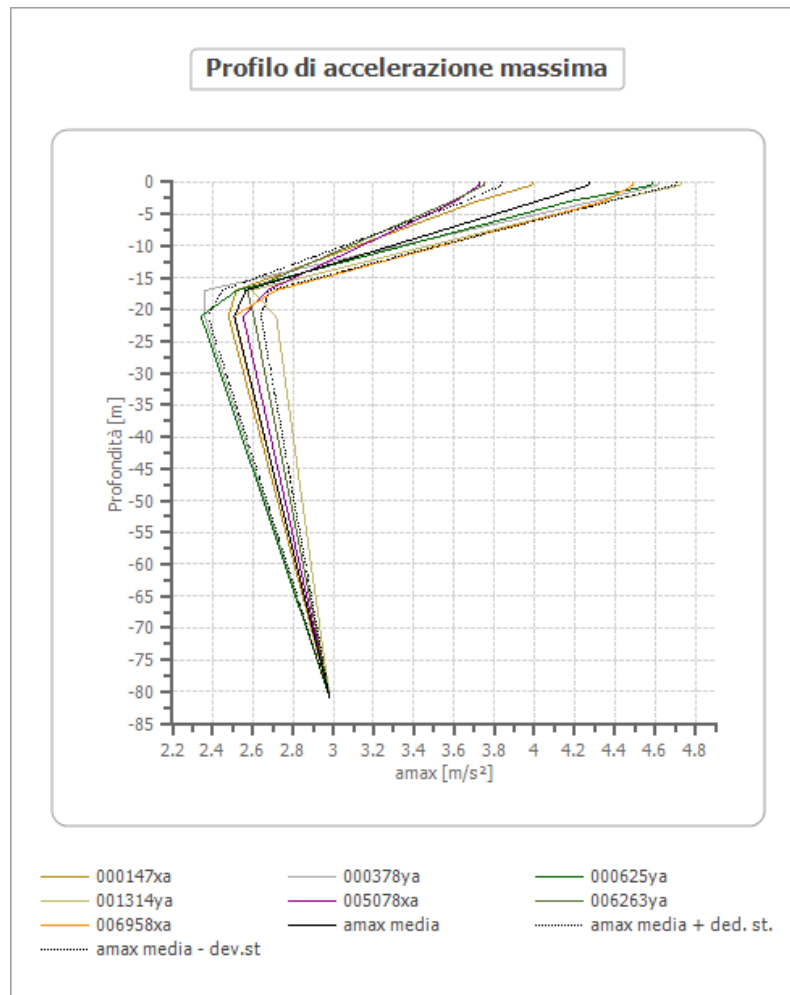
PROFILO DI AMAX -- SLO						
	0.0 [M]	0.5 [M]	3.0 [M]	17.0 [M]	21.0 [M]	81.0 [M]
000055XA [M/S <sup>2</sup> ]	1.335	1.330	1.197	0.705	0.663	0.814
000342XA [M/S <sup>2</sup> ]	1.339	1.336	1.214	0.765	0.785	0.814
000789XA [M/S <sup>2</sup> ]	1.548	1.541	1.347	0.639	0.703	0.814
000789YA [M/S <sup>2</sup> ]	1.305	1.301	1.161	0.700	0.706	0.814
001891YA [M/S <sup>2</sup> ]	1.552	1.548	1.437	0.717	0.726	0.814
006342XA [M/S <sup>2</sup> ]	1.302	1.296	1.130	0.639	0.610	0.814
007142YA [M/S <sup>2</sup> ]	1.394	1.381	1.161	0.641	0.651	0.814
MEDIA [M/S <sup>2</sup> ]	1.396	1.390	1.235	0.687	0.692	0.814
DEV. ST. [M/S <sup>2</sup> ]	0.109	0.109	0.114	0.048	0.057	0.000



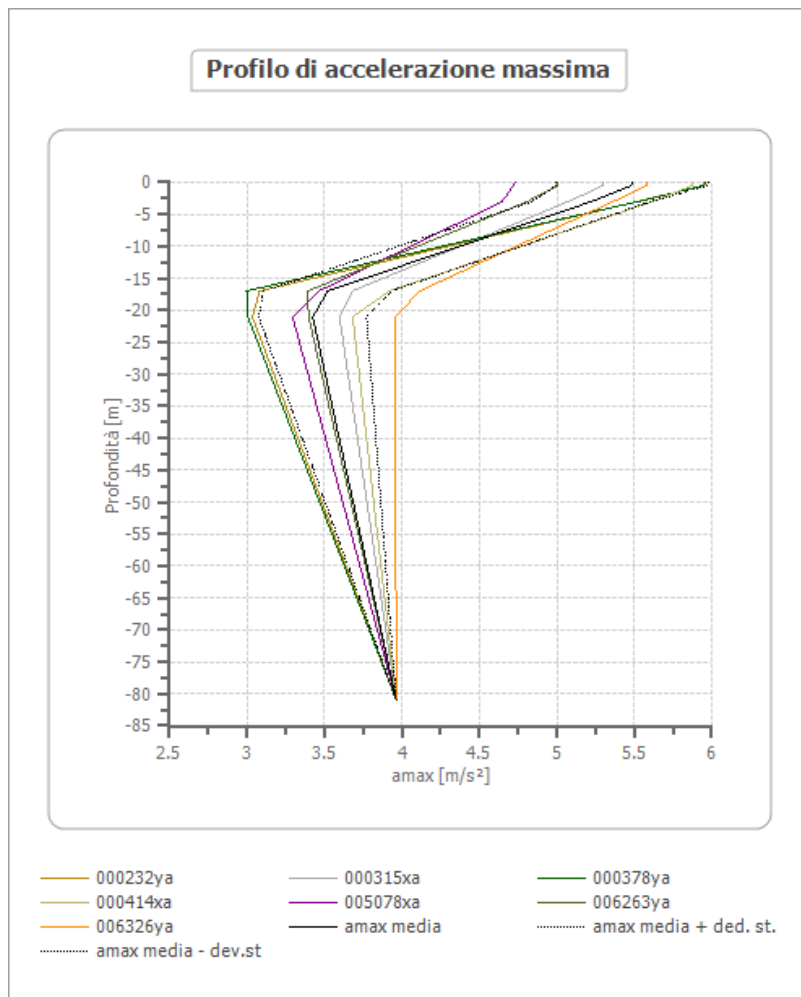
PROFILO DI AMAX -- SLD						
	0.0 [M]	0.5 [M]	3.0 [M]	17.0 [M]	21.0 [M]	81.0 [M]
000072YA [M/S <sup>2</sup> ]	1.656	1.643	1.287	0.926	0.895	1.059
000382XA [M/S <sup>2</sup> ]	1.756	1.750	1.536	0.795	0.817	1.059
000383XA [M/S <sup>2</sup> ]	1.561	1.554	1.333	1.101	1.053	1.059
001916YA [M/S <sup>2</sup> ]	1.461	1.459	1.395	0.994	0.936	1.059
005078XA [M/S <sup>2</sup> ]	1.517	1.512	1.404	1.037	1.025	1.059
006332XA [M/S <sup>2</sup> ]	1.581	1.577	1.461	0.869	0.806	1.059
007142YA [M/S <sup>2</sup> ]	1.546	1.536	1.477	0.802	0.712	1.059
MEDIA [M/S <sup>2</sup> ]	1.582	1.576	1.413	0.932	0.892	1.059
DEV. ST. [M/S <sup>2</sup> ]	0.097	0.095	0.086	0.118	0.123	0.000



PROFILO DI AMAX -- SLV						
	0.0 [M]	0.5 [M]	3.0 [M]	17.0 [M]	21.0 [M]	81.0 [M]
000147XA [M/S <sup>2</sup> ]	3.992	3.985	3.712	2.517	2.479	2.982
000378YA [M/S <sup>2</sup> ]	4.619	4.611	4.292	2.361	2.360	2.982
000625YA [M/S <sup>2</sup> ]	4.589	4.579	4.173	2.522	2.343	2.982
001314YA [M/S <sup>2</sup> ]	4.732	4.724	4.358	2.592	2.717	2.982
005078XA [M/S <sup>2</sup> ]	3.730	3.724	3.605	2.671	2.552	2.982
006263YA [M/S <sup>2</sup> ]	3.754	3.750	3.587	2.574	2.604	2.982
006958XA [M/S <sup>2</sup> ]	4.491	4.488	4.345	2.715	2.506	2.982
MEDIA [M/S <sup>2</sup> ]	4.273	4.266	4.010	2.565	2.509	2.982
DEV. ST. [M/S <sup>2</sup> ]	0.432	0.431	0.359	0.116	0.132	0.000



PROFILO DI AMAX -- SLC						
	0.0 [M]	0.5 [M]	3.0 [M]	17.0 [M]	21.0 [M]	81.0 [M]
000232YA [M/S <sup>2</sup> ]	5.950	5.940	5.515	3.082	3.035	3.963
000315XA [M/S <sup>2</sup> ]	5.303	5.297	5.071	3.680	3.597	3.963
000378YA [M/S <sup>2</sup> ]	5.958	5.948	5.518	2.997	3.006	3.963
000414XA [M/S <sup>2</sup> ]	5.881	5.875	5.615	3.919	3.683	3.963
005078XA [M/S <sup>2</sup> ]	4.727	4.719	4.645	3.463	3.294	3.963
006263YA [M/S <sup>2</sup> ]	5.009	5.004	4.806	3.390	3.397	3.963
006326YA [M/S <sup>2</sup> ]	5.583	5.578	5.359	4.113	3.958	3.963
MEDIA [M/S <sup>2</sup> ]	5.487	5.480	5.218	3.521	3.424	3.963
DEV. ST. [M/S <sup>2</sup> ]	0.490	0.489	0.382	0.413	0.348	0.000



#### 4. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.

AL PASSAGGIO DAL TETTO DEI DEPOSITI RIGIDI (BEDROCK SISMICO) ALLA SUPERFICIE DI COPERTURA, LE ONDE SISMICHE INTERAGISCONO CON I TERRENI PRODUCENDO, IN FONDAMENTALI SPECIFICHE CONDIZIONI LOCALI, FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE DEL MOTO SISMICO CHE CONDIZIONANO LA RISPOSTA SISMICA LOCALE. PER VALUTARE TALE RISPOSTA SI È FATTO RICORSO A DUE DIVERSE METODOLOGIE DI CALCOLO, AL FINE DI CONFRONTARE NUMERICAMENTE I RISULTATI OTTENUTI. IN PARTICOLARE LA RISPOSTA SISMICA LOCALE È STATA DETERMINATA SECONDO UN METODO SEMPLIFICATO (NTC2018 - LIVELLO II DI ANALISI) E CON UN'ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (LIVELLO III DI ANALISI). L'ANALISI DEI DATI È RAPPRESENTATA COMPIUTAMENTE IN ALLEGATO PRECEDENTI CON GRAFICI, TABELLE NUMERICHE E CONFRONTO TRA GLI SPETTRI OTTENUTI CON L'ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE PER OGNI STATO LIMITE CONSIDERATO.

PER LE VERIFICHE SISMICHE DA EFFETTUARE, SE SPECIFICATAMENTE RICHIESTI, VENGONO PRESENTATI I FILE RIFERITI AL BEDROCK ED ALLA SUPERFICIE DEGLI ACCELEROGRAMMI. PER I DATI RELATIVI AL BEDROCK INSERIRE NEL *Forma Informativo per l'analisi strutturale ed il monitoraggio degli interventi* in Calabria SISMICA, VERRÀ FORNITA LA TABELLA RIGUARDANTE I DATI DEI TERREMOTI ADOTTA TIPO PER IL CALCOLO NELLE VARIE DIREZIONI PER COME SPECIFICATO NELLA SCHEDA: SCHEDA SISMICA (F1\_EQK\_AGN) RELATIVA AGLI ACCELEROGRAMMI NATURALI.

CAMPO	TIPO	VAL. MIN	VAL. MAX	MISURA	STATO	NOTE	DESCRIZIONE
ID	intero	1	4		essenziale	1	identificatore ordinale dello stato limite
GRUPPO	intero	1	100		essenziale	2	indice del gruppo di accelerogrammi di appartenenza
DIR	intero	1	3		essenziale	3	direzioni sismiche (1=X, 2=Y, 3=Z)
SORGENTE	stringa	-	-		essenziale		luogo dell'evento sismico
STAZIONE	stringa	-	-		essenziale		luogo di registrazione dell'evento
DATA	stringa	-	-	[gg/mm/aaaa]	essenziale		data della registrazione
ORARIO	stringa	-	-	[hh:min]	essenziale		ora della registrazione
SUOLO	stringa	-	-	[A, B, ..., S1, S2]	essenziale		caratterizzazione del suolo ai sensi delle NTC08
MW	decimale	0	10		essenziale	4	magnitudo momento
PGA	decimale	0	5,6	[g]	essenziale	3, 4	accelerazione di picco registrata al suolo, in unità [g]
RMAX	decimale	0	1E+05	[km]	essenziale		distanza massima epicentrale
SCALA	decimale	0,1	100		essenziale	5	fattore di scala utilizzato per gli spettri elastici relativi allo SL considerato

## NOTE:

1) E' necessario indicare lo stato limite per il quale è preso in considerazione l'accelerogramma. I valori ammessi per ID sono i seguenti: 1) Stato Limite di Operatività (SLO), 2) Stato Limite di Danno (SLD), 3) Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), 4) Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC). Ciascuno stato limite potrà essere associato ad un particolare insieme di registrazioni, per cui le registrazioni prese in considerazione per un determinato stato limite potranno differire da quelle per un altro stato limite.

2) Per gruppo di appartenenza deve intendersi la coppia o la terna di valori registrati di PGA. Generalmente quando si fa riferimento a tre gruppi di registrazioni si parla di spettri ottenuti dall'involuppo dei massimi, mentre, con sette gruppi, di involuppo dei valori medi. La numerazione dei gruppi deve essere sequenziale a partire dal valore 1, così da indicare la sequenza 1, 2, 3, ... associata ad ogni stato limite sismico preso in considerazione. Ciascuno stato limite dovrà presentare lo stesso numero di gruppi.

3) Generalmente le registrazioni fanno riferimento alle due componenti di accelerazione orizzontale del suolo; qualora sia necessario considerare anche la componente sismica verticale l'accelerazione del suolo corrispondente potrà essere identificata, allo stesso modo, dalla relativa registrazione, se disponibile. Nel caso in cui la registrazione non dovesse riportare la componente verticale dell'accelerazione, lo spettro corrispondente sarà ottenuto correlando opportunamente i valori accelerometrici degli spettri orizzontali; in ogni caso, anche quando la registrazione del segnale accelerometrico dovesse limitarsi alle sole due componenti orizzontali, è necessario riportare i dati del rilevamento relativi alla terza direzione, assegnandone però una  $PGA = 0$ .

4) I valori registrati sono riferiti al segnale accelerometrico in arrivo alla stazione di rilevamento

5) Il fattore di scala è impiegato per tarare lo spettro di accelerazione registrato ai valori di compatibilità con gli spettri NTC. Nel caso di spettri verticali ottenuti per correlazione di quelli orizzontali, il fattore di scala dovrà essere determinato in virtù dei segnali accelerometrici corrispondenti agli spettri orizzontali appartenenti allo stesso gruppo.

PER QUANTO RIGUARDA GLI SPETTRI ELABORATI E DEPOSITATI, DICHIAREMO DI AVERLI PRODOTTI E PRODOTTI MANIFESTAMENTE RICHIESTI, VERRANNO FORNITI CON LE SPECIFICHE TECNICHE RICHIESTE DAL SISTEMA (FILE ASCII NOMEFILE.TXT). IL FORMATO STANDARD DEI FILE DI TESTO PER IL SISTEMA SISMICA RICHIEDE IL SEGUENTE SPECIFICATO NELLA SCHEDA SPETTRO SISMICO (F1\_EQK\_SPE):

CAMPO	TIPO	VAL. MIN	VAL. MAX	MISURA	STATO	NOTE	DESCRIZIONE
T	decimale	0,00	25,00	[s]	essenziale		periodo
SA/G	decimale	0,00	3,00		essenziale		accelerazione spettrale corrispondente al periodo $T_i$ in unità [g]

ULTERIORI VINCOLI PER IL FILE SONO: I PUNTI SPETTRALI DEBBONO RISPETTARE UNA SEQUENZA CRESCENTE SECONDO I PERIODI; L'INCREMENTO DEL PERIODO, TRA PUNTI CONSECUTIVI, DEVE RISULTARE INFERIORE O UGUALE A 0.02 S; IN OGNI CASO IL NUMERO DI PUNTI SPETTRALI DEVE ESSERE SUPERIORE A 400.

PER QUANTO RIGUARDA GLI SPETTRI MEDI E NORMALIZZATI SI PUÒ FARE RIFERIMENTO AGLI VALORI NUMERICHE RIPOSTATE NELLA PRESENTE RELAZIONE. **Non si consiglia, a vantaggio di sicurezza) l'uso degli spettri di risposta elastici normalizzati della componente orizzontale e verticale. SI RAMMENTA CHE ESSI NON SONO SPETTRI DI PROGETTO MA SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA. Sinteticamente si può concludere che lo spettro di risposta elastico di normativa (Categoria di sottosuolo B, Categoria topografica T1) non è adeguato ad esprimere la reale accelerazione al piano fondale delle opere per periodi: SLO  $T < 0.58$  sec; SLD  $T < 0.60$  sec; SLV  $0.17 < T < 0.80$  sec; SLC  $0.18 < T < 0.98$  sec. Per periodi diversi gli spettri elastici di normativa risultano comparabili.**

QUALORA LE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO ED ULTIMI NON VENGANO EFFETTUATE TRAMITE L'USO DI ADEGUATI ACCELEROGRAMMI ED ANALISI DINAMICHE AL PASSO, POSSONO ESSERE USATI GLI SPETTRI DI PROGETTO PER COME PREVISTO DALLA NORMATIVA (§ 3.2.3.4 “SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER LO STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ SLO” E § 3.2.3.5 “SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE DI DANNO SLD, DI SALVAGUARDIA DELLA VITA E DI PREVENZIONE DEL COLLASSO SLC” – NTC2018). LA PROCEDURA PREVEDE CHE:

- (§ 3.2.3.4 “SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER LO STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ SLO” – NTC2018) PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLO) LO SPETTRO DI PROGETTO EQUIVALE ALLO SPETTRO ELASTICO QUINDI GLI SPETTRI DI PROGETTO SONO, COME CONSIGLIATO, LO SPETTRO NORMALIZZATO DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI E VERTICALI, RELATIVO ALL'SLO, RIPOSTATO SIA GRAFICAMENTE CHE IN VERSIONE NUMERICA NEL PRESENTE STUDIO.
- (§ 3.2.3.5 “SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE DI DANNO SLD, DI SALVAGUARDIA DELLA VITA SLV E DI PREVENZIONE DEL COLLASSO SLC” – NTC2018) PER LE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE (SLD, SLV ED SLC) LO SPETTRO DI PROGETTO DEVE TENERE CONTO DELLE CAPACITÀ DISSIPATIVE ANELASTICHE DELLE STRUTTURE E DELLA RIDUZIONE DELLE FORZE ELASTICHE. QUINDI TALE SPETTRO EQUIVALE, COME CONSIGLIATO, ALLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO NORMALIZZATO DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI E VERTICALI, FORNITO NEL PRESENTE STUDIO, CON LE ORDINATE EVENTUALMENTE MOLTIPLICATE DA UN FATTORE INVERSAMENTE PROPORZIONALE AL FATTORE DI STRUTTURA  $Q$  PER CUI SONO DEFINITE NEL CAPITOLO 7 DELLE NTC2018.

ALTRE CONSIDERAZIONI RIGUARDO LA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DELL'AREA DI INTERESSE CHE NON VI SONO PERICOLOSITÀ SISMICHE DI SITO LEGATE AD EFFETTI COOSISMICI. QUINDI



CONCLUDERE CHE L'AREA È SOGGETTA SOLO AD AMPLIFICAZIONE SUPERFICIALE DELL'INP  
COME DEFINITO NEL PRESENTE STUDIO.

DI SEGUITO VENGONO RIPORTATI I DATI RELATIVI ALLA SCHEDA F1\_EQK\_AGN. TAI  
VENGONO FORNITI GIA COMPILATI PER LA DIREZIONE X (DIR 1), Y (DIR 2) E Z (DIR 3). SI RICOR  
CHE ID 1, 2, 3 E 4 SI RIFERISCONO RISPETTIVAMENTE A SLO, SLD, SLV E SLC, SARA CURA D  
PROGETTISTA ESTRAPOLARE I SOLI DATI DI INTERESSE IN FUNZIONE DEGLI ID E DIR CHE S  
CARICARE NEL SISTEMA. SI RICORDA CHE LA SCHEDA F1\_EQK\_AGN ACCETTA UN MASSIM  
STATI LIMITE CIOE TRE ID, QUINDI DAI DATI SOTTO RIPORTATI BISOGNA SCIEGLIERE QUAL  
INOLTRE MENTRE LE DIREZIONI X E Y (DIR 1 E 2) VANNO SEMPRE CARICATE, LA DIREZIONE Z  
VA CARICATA SOLO SE È STATA APPLICATA LA VERIFICA VERTICALE.

ID	GRUPPO	DIR	SORGENTE	STAZIONE	DATA	ORARIO	SUOLO	MW	PGA	RMAX	SCALA
					[gg/mm/aaaa]	[h:m]			[g]	[km]	
4	1	1	Montenegro (aftershock)	ST77	24/05/1979	0:00	B	6,2	0,055	20	7,30
4	1	2	Montenegro (aftershock)	ST77	24/05/1979	0:00	B	6,2	0,055	20	7,30
4	1	3	Montenegro (aftershock)	ST77	24/05/1979	0:00	B	6,2	0,055	20	0,00
4	2	1	Campano Lucano (aftershock)	ST97	16/01/1981	0:00	B	5,2	0,020	15	19,72
4	2	2	Campano Lucano (aftershock)	ST97	16/01/1981	0:00	B	5,2	0,020	15	19,72
4	2	3	Campano Lucano (aftershock)	ST97	16/01/1981	0:00	B	5,2	0,020	15	0,00
4	3	1	Lazio Abruzzo	ST152	07/05/1984	0:00	C	5,9	0,113	16	3,55
4	3	2	Lazio Abruzzo	ST152	07/05/1984	0:00	C	5,9	0,113	16	3,55
4	3	3	Lazio Abruzzo	ST152	07/05/1984	0:00	C	5,9	0,113	16	0,00
4	4	1	Kalamata	ST163	13/09/1986	0:00	B	5,9	0,239	11	1,68
4	4	2	Kalamata	ST163	13/09/1986	0:00	B	5,9	0,239	11	1,68
4	4	3	Kalamata	ST163	13/09/1986	0:00	B	5,9	0,239	11	0,00
4	5	1	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	18	29,80
4	5	2	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	18	29,80
4	5	3	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	18	0,00
4	6	1	South Iceland	ST2484	17/06/2000	0:00	B	6,5	0,511	7	0,79
4	6	2	South Iceland	ST2484	17/06/2000	0:00	B	6,5	0,511	7	0,79
4	6	3	South Iceland	ST2484	17/06/2000	0:00	B	6,5	0,511	7	0,00
4	7	1	South Iceland (aftershock)	ST2496	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,116	14	3,47
4	7	2	South Iceland (aftershock)	ST2496	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,116	14	3,47
4	7	3	South Iceland (aftershock)	ST2496	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,116	14	0,00
3	1	1	Friuli (aftershock)	ST28	15/09/1976	0:00	B	6,0	0,141	14	2,15
3	1	2	Friuli (aftershock)	ST28	15/09/1976	0:00	B	6,0	0,141	14	2,15
3	1	3	Friuli (aftershock)	ST28	15/09/1976	0:00	B	6,0	0,141	14	0,00
3	2	1	Lazio Abruzzo	ST152	07/05/1984	0:00	C	5,9	0,113	16	2,67
3	2	2	Lazio Abruzzo	ST152	07/05/1984	0:00	C	5,9	0,113	16	2,67

3	2	3	Lazio Abruzzo	ST152	07/05/1984	0:00	C	5,9	0,113	16	0,00
3	3	1	Umbria Marche (aftershock)	ST223	06/10/1997	0:00	C	5,5	0,079	20	3,83
3	3	2	Umbria Marche (aftershock)	ST223	06/10/1997	0:00	C	5,5	0,079	20	3,83
3	3	3	Umbria Marche (aftershock)	ST223	06/10/1997	0:00	C	5,5	0,079	20	0,00
3	4	1	Ano Liosia	ST1101	07/09/1999	0:00	B	6,0	0,108	17	2,80
3	4	2	Ano Liosia	ST1101	07/09/1999	0:00	B	6,0	0,108	17	2,80
3	4	3	Ano Liosia	ST1101	07/09/1999	0:00	B	6,0	0,108	17	0,00
3	5	1	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	18	22,42
3	5	2	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	18	22,42
3	5	3	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	18	0,00
3	6	1	South Iceland	ST2484	17/06/2000	0:00	B	6,5	0,511	7	0,59
3	6	2	South Iceland	ST2484	17/06/2000	0:00	B	6,5	0,511	7	0,59
3	6	3	South Iceland	ST2484	17/06/2000	0:00	B	6,5	0,511	7	0,00
3	7	1	Izmit (aftershock)	ST772	31/08/1999	0:00	C	5,1	0,014	14	21,30
3	7	2	Izmit (aftershock)	ST772	31/08/1999	0:00	C	5,1	0,014	14	21,30
3	7	3	Izmit (aftershock)	ST772	31/08/1999	0:00	C	5,1	0,014	14	0,00
2	1	1	Friuli (aftershock)	ST20	13/05/1976	0:00	A	4,5	0,011	A	9,29
2	1	2	Friuli (aftershock)	ST20	13/05/1976	0:00	A	4,5	0,011	A	9,29
2	1	3	Friuli (aftershock)	ST20	13/05/1976	0:00	A	4,5	0,011	A	0,00
2	2	1	Lazio Abruzzo (aftershock)	ST140	11/05/1984	0:00	A	5,5	0,025	A	4,19
2	2	2	Lazio Abruzzo (aftershock)	ST140	11/05/1984	0:00	A	5,5	0,025	A	4,19
2	2	3	Lazio Abruzzo (aftershock)	ST140	11/05/1984	0:00	A	5,5	0,025	A	0,00
2	3	1	Lazio Abruzzo (aftershock)	ST153	11/05/1984	0:00	A	5,5	0,020	A	5,35
2	3	2	Lazio Abruzzo (aftershock)	ST153	11/05/1984	0:00	A	5,5	0,020	A	5,35
2	3	3	Lazio Abruzzo (aftershock)	ST153	11/05/1984	0:00	A	5,5	0,020	A	0,00
2	4	1	Ierissos (foreshock)	ST1328	14/06/1983	0:00	A	4,4	0,023	A	4,69
2	4	2	Ierissos (foreshock)	ST1328	14/06/1983	0:00	A	4,4	0,023	A	4,69
2	4	3	Ierissos (foreshock)	ST1328	14/06/1983	0:00	A	4,4	0,023	A	0,00
2	5	1	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	A	7,96
2	5	2	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	A	7,96
2	5	3	Mt. Hengill Area	ST2496	04/06/1998	0:00	A	5,4	0,013	A	0,00
2	6	1	South Iceland (aftershock)	ST2483	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,528	A	0,20
2	6	2	South Iceland (aftershock)	ST2483	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,528	A	0,20
2	6	3	South Iceland (aftershock)	ST2483	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,528	A	0,00
2	7	1	Bingol	ST539	01/05/2003	0:00	A	6,3	0,297	A	0,36
2	7	2	Bingol	ST539	01/05/2003	0:00	A	6,3	0,297	A	0,36
2	7	3	Bingol	ST539	01/05/2003	0:00	A	6,3	0,297	A	0,00
1	1	1	Friuli	ST20	06/05/1976	0:00	A	6,5	0,356	23	0,23
1	1	2	Friuli	ST20	06/05/1976	0:00	A	6,5	0,356	23	0,23
1	1	3	Friuli	ST20	06/05/1976	0:00	A	6,5	0,356	23	0,23
1	2	1	Cazulas	ST124	24/06/1984	0:00	A	4,9	0,015	24	5,43
1	2	2	Cazulas	ST124	24/06/1984	0:00	A	4,9	0,015	24	5,43

1	2	3	Cazulas	ST124	24/06/1984	0:00	A	4,9	0,015	24	5,43
1	3	1	Umbria Marche (aftershock)	ST225	12/10/1997	0:00	A	5,2	0,025	22	3,31
1	3	2	Umbria Marche (aftershock)	ST225	12/10/1997	0:00	A	5,2	0,025	22	3,31
1	3	3	Umbria Marche (aftershock)	ST225	12/10/1997	0:00	A	5,2	0,025	22	3,31
1	4	1	Umbria Marche (aftershock)	ST225	12/10/1997	0:00	A	5,2	0,019	22	4,35
1	4	2	Umbria Marche (aftershock)	ST225	12/10/1997	0:00	A	5,2	0,019	22	4,35
1	4	3	Umbria Marche (aftershock)	ST225	12/10/1997	0:00	A	5,2	0,019	22	4,35
1	5	1	Kranidia	ST1320	25/10/1984	0:00	A	5,5	0,025	23	3,19
1	5	2	Kranidia	ST1320	25/10/1984	0:00	A	5,5	0,025	23	3,19
1	5	3	Kranidia	ST1320	25/10/1984	0:00	A	5,5	0,025	23	3,19
1	6	1	South Iceland (aftershock)	ST2556	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,106	20	0,78
1	6	2	South Iceland (aftershock)	ST2556	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,106	20	0,78
1	6	3	South Iceland (aftershock)	ST2556	21/06/2000	0:00	A	6,4	0,106	20	0,78
1	7	1	Bingol	ST539	01/05/2003	0:00	A	6,3	0,297	14	0,28
1	7	2	Bingol	ST539	01/05/2003	0:00	A	6,3	0,297	14	0,28
1	7	3	Bingol	ST539	01/05/2003	0:00	A	6,3	0,297	14	0,28

MONTALTO UFFUGO LÌ LUGLIO 2018

IL GEOLOGO

DOTT. GEOL. FRANCO DI BIASE