



Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC, relativo all'intervento per la realizzazione dell'Ospedale Sicuro - presso l'Ospedale di Gavardo, via Gosa 74.

COMMITTENTE: **AZIENDA SOCIO-SANITARIA TERRITORIALE (ASST) DEL GARDA**

Direttore Generale: Dott. Mario Nicola Francesco Alparone **Responsabile del procedimento:** Ing. Francesca Notartomaso

PROGETTISTA: Raggruppamento Temporaneo d'Impresa
MAIN MANAGEMENT & INGEGNERIA S.r.l. (Capogruppo)
SEINGIM GLOBAL SERVICE S.r.l.



Progettista Responsabile delle integrazioni specialistiche:
Ing. Pietro Lorenzetti
Iscritto all'albo di Bologna n. 6064A

Progettista Prevenzione incendi:
Ing. Eleonora D'Amico
Iscritto all'albo di Messina n. 3872

FASE: **PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**
DISCIPLINA: **ELABORATI GENERALI**
TITOLO: **RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE**

SCALA		Codice commessa	Lotto	Fase	Argomento	Categoria	Elaborato		Rev. Ver.
-		22.28		PFTE	G	01	05		02
R02	17/03/2023	TERZA EMISSIONE					LB	FI	PL
R01	24/02/2023	SECONDA EMISSIONE					LB	FI	PL
R00	10/02/2023	PRIMA EMISSIONE					LB	FI	PL
REV.	Data	Descrizione					Redatto	Verificato	Approvato



0. SOMMARIO

0.	SOMMARIO	0
1.	PREMESSA	1
2.	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	2
3.	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D	3
3.1.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA SISMICA DI BASE	3
3.2.	DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITA SISMICA	4
3.3.	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	4
3.4.	CURVE DI DECADIMENTO	10
3.5.	ANALISI NUMERICA	11

1. PREMESSA

La presente relazione analizza lo studio di risposta sismica locale (Analisi di 3° Livello) con l'obiettivo di definire, attraverso simulazioni numeriche la propagazione del moto sismico sino in superficie.

Per sviluppare tale analisi ci si è basati sui risultati ottenuti dalle indagini sismiche condotte dalla ditta Progeo di Forlì su incarico di ASST del Garda, a cui si rimanda.

In particolare sono condotte le seguenti indagini:

- n°1 misura Down Hole di 40 m di profondità su foro a distruzione preventivamente realizzato;
- n°2 misure HVSR ubicate una presso la bocca foro del sondaggio utilizzato per il Down Hole e a Nord Est dell'edificio (vedasi le mappe presenti sui certificati).

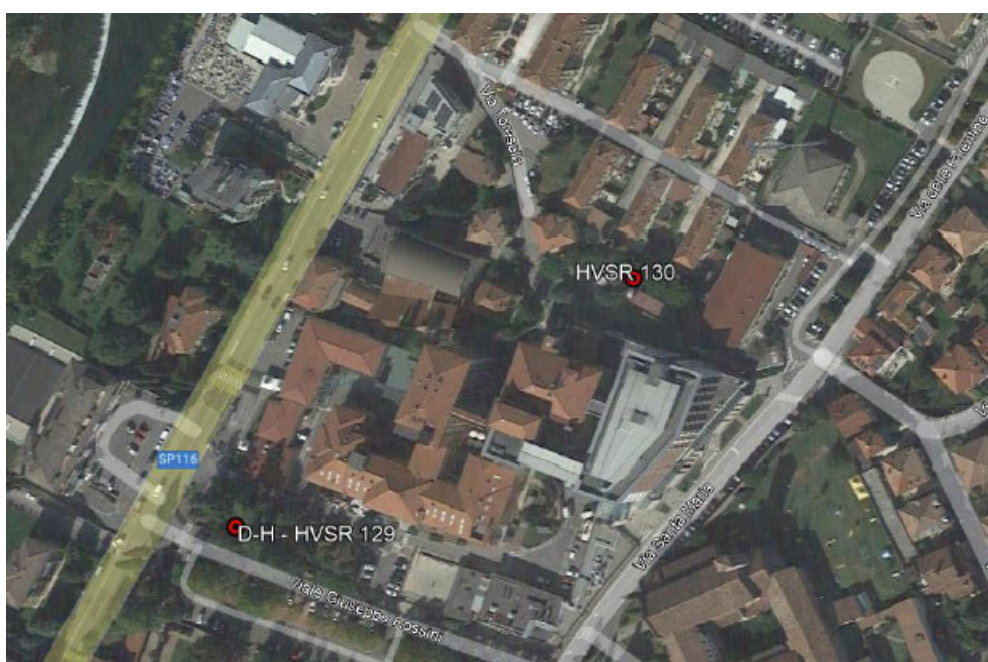


Figura 1 – Planimetria ubicazione indagini

Trattandosi di un polo ospedaliero, la classe d'uso sismica dell'edificio è la III.

Per quanto concerne la vita nominale V_N , trattandosi di edifici esistenti, si farà riferimento a 50 anni (circolare attuativa NTC 2018, art. C2.4.1).

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La Normativa e la documentazione tecnica di riferimento è la seguente:

- D.M. 17 gennaio 2018: "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare del 21/01/2019 n°7: "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17/01/2018
- Raccomandazioni AGI giugno 1977 "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"
- AGI, marzo 2005, "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee Guida"
- UNI EN 1997-1:2005 Eurocodice 7, "Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali"

3. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D

Lo studio di Risposta Sismica Locale (RSL) è finalizzato alla determinazione delle sollecitazioni sismiche attese al livello del piano di posa delle fondazioni (circa -4.0 m) a seguito di azioni sismiche che si propagano a partire da un ipocentro.

Nel caso in esame viene utilizzato un modello numerico 1D, per quanto si assume che il sottosuolo possa essere rappresentato con una geometria monodimensionale. Il software utilizzato è "STRATA", uno dei più diffusi tra i codici di calcolo che eseguono l'analisi della RSL monodimensionale in termini di tensioni totali.

3.1. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA SISMICA DI BASE

Il primo step della determinazione della risposta sismica locale è la determinazione dell'accelerazione massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale per gli Stati Limite di progetto. Dall'applicazione presente al link <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>, inserendo le coordinate nel sistema di riferimento WGS84, ovvero Lat. 45.588200° N – Lng 10.439700° E, e sulla base dei parametri relativi alla scelta progettuale.

Vulnerabilità sismica stato di fatto

- Vita nominale, $V_N = 50$ anni;
- Classe d'uso III;
- Coefficiente d'uso, $C_u = 1.5$;
- Periodo di riferimento, $V_R = 50 \cdot 1.5 = 75$ anni.

Vulnerabilità sismica stato di progetto

- Vita nominale, $V_N = 50$ anni;
- Classe d'uso IV;
- Coefficiente d'uso, $C_u = 2.0$;
- Periodo di riferimento, $V_R = 50 \cdot 2.0 = 100$ anni.

Si ottengono i seguenti set di parametri fondamentali.

Tabella 1. Parametri sismici (cat. sottosuolo A, cat. topografica T1, $V_R = 75$ anni, $C_u = 1.5$)

STATO LIMITE	P_{VR} (%)	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c^* (s)
Collasso (SLC)	5	1462	0.237	2.462	0.280
Salvaguardia vita (SLV)	10	712	0.184	2.451	0.272
Danno (SLD)	63	75	0.070	2.454	0.253
Operatività (SLO)	81	45	0.053	2.529	0.235

Tabella 2. Parametri sismici (cat. sottosuolo A, cat. topografica T1, $V_R = 100$ anni, $C_u = 2.0$)

STATO LIMITE	P_{VR} (%)	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c^* (s)
Collasso (SLC)	5	1950	0.261	2.468	0.283
Salvaguardia vita (SLV)	10	949	0.205	2.453	0.276
Danno (SLD)	63	101	0.080	2.457	0.256
Operatività (SLO)	81	60	0.062	2.483	0.246

L'accelerazione indicata per lo stato limite di analisi è il valore al quale bisognerà successivamente scalare gli accelerogrammi di input.

3.2. DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITA SISMICA

Con il termine disaggregazione si fa riferimento ad una metodologia utilizzata per definire la coppia magnitudo-distanza delle sorgenti sismogenetiche. Si riportano di seguito i contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale per ognuno degli stati limiti, ottenuti attraverso la pagina web-gis realizzata dall'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>. In Figura 2 si riportano i dati di disaggregazione.

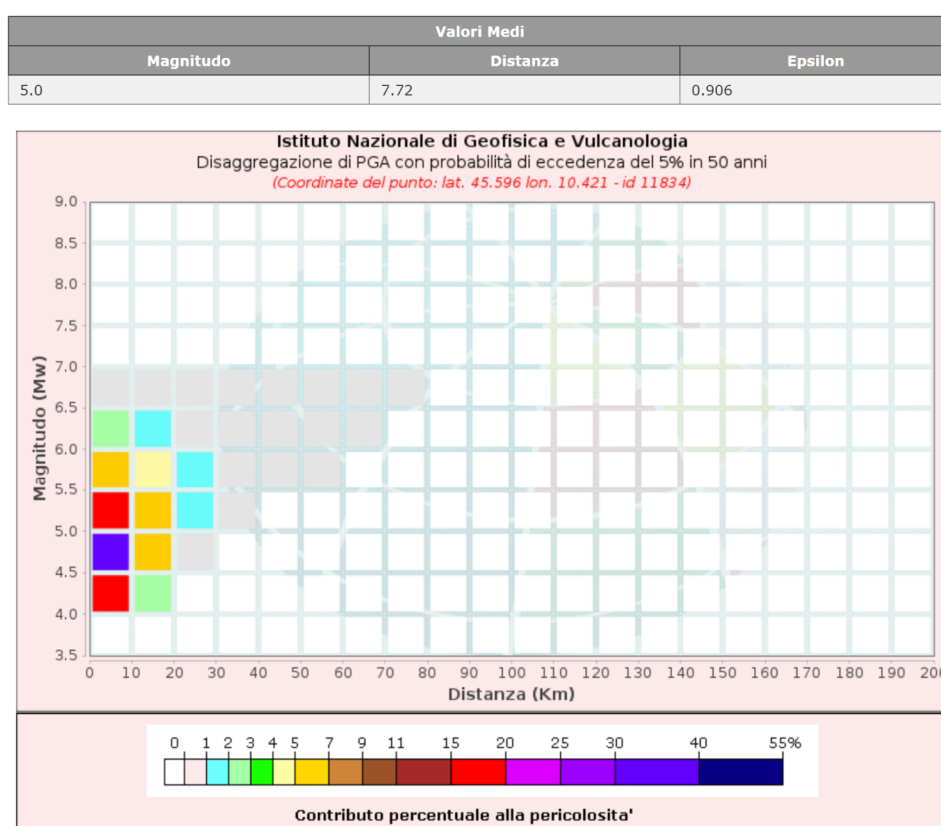


Figura 2 – Dati di disaggregazione

3.3. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La scelta degli accelerogrammi di riferimento, da usare come input sismico, è uno degli step necessari nella strutturazione della modellazione numerica di RSL.

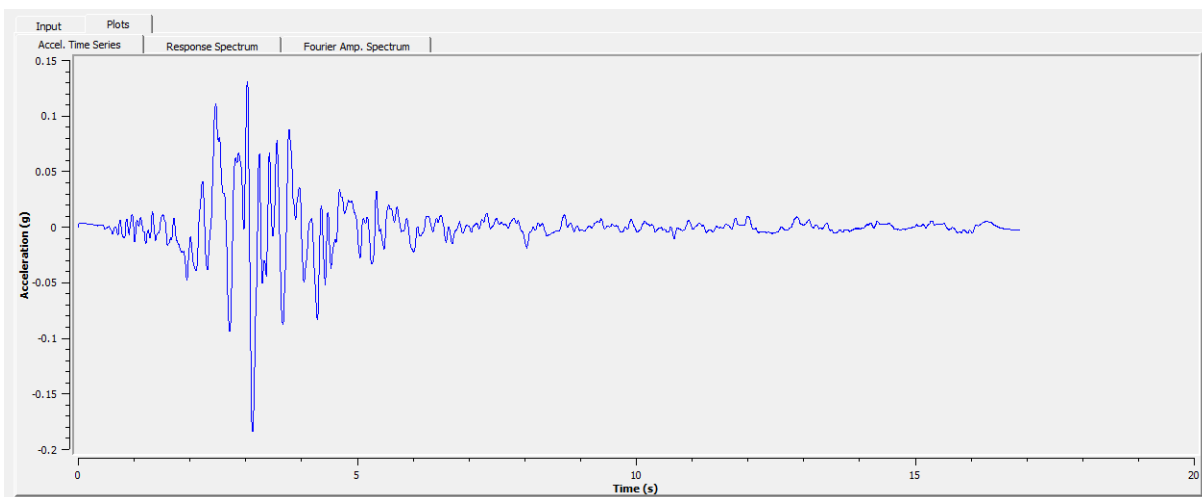
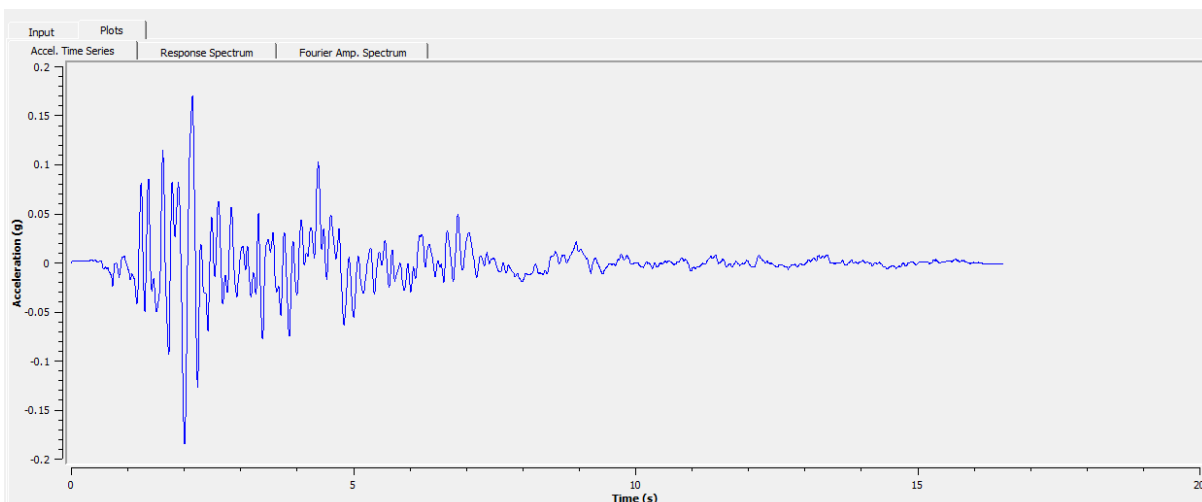
Per l'estrazione degli accelerogrammi di input è stata utilizzata l'applicazione REXELite sviluppata da Iervolino et al. (2008) presso il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. L'uso e diffusione di REXELite sono gratuiti. Il codice esegue la ricerca, sulla base delle registrazioni di eventi naturali archiviati, di una settupla di accelerogrammi spettro-compatibili in accelerazione orizzontale. I database di riferimento sono: European Strong Motion (EMS) Database, Italian Accelerometric Archive (ITACA) e Selected Input Motions for Displacement-Based Assessment and Design (SIMBAD). L'estrazione degli accelerogrammi è stata eseguita inserendo le coordinate del sito, la categoria di sottosuolo

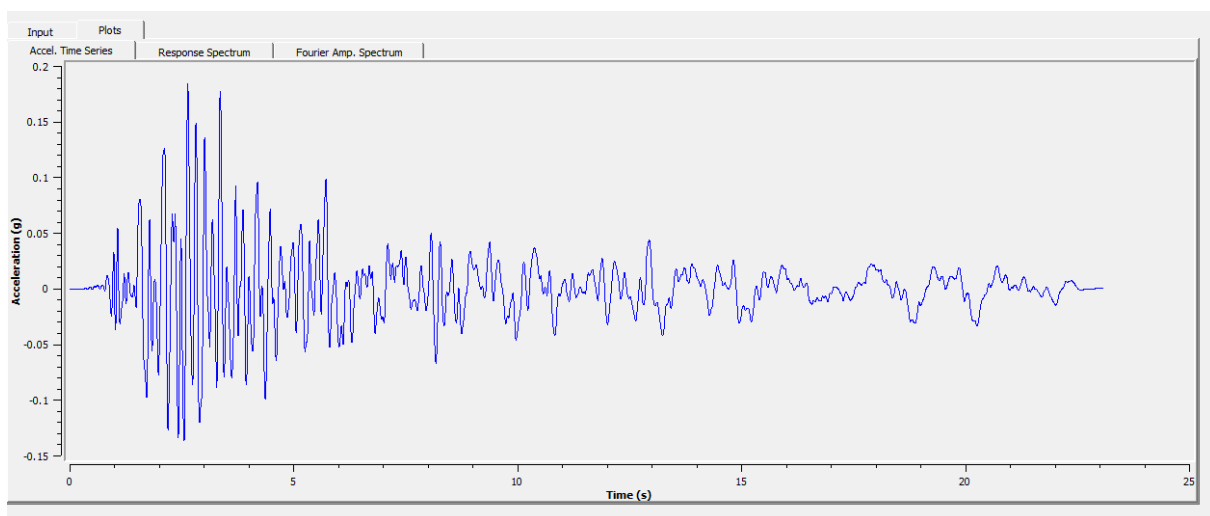
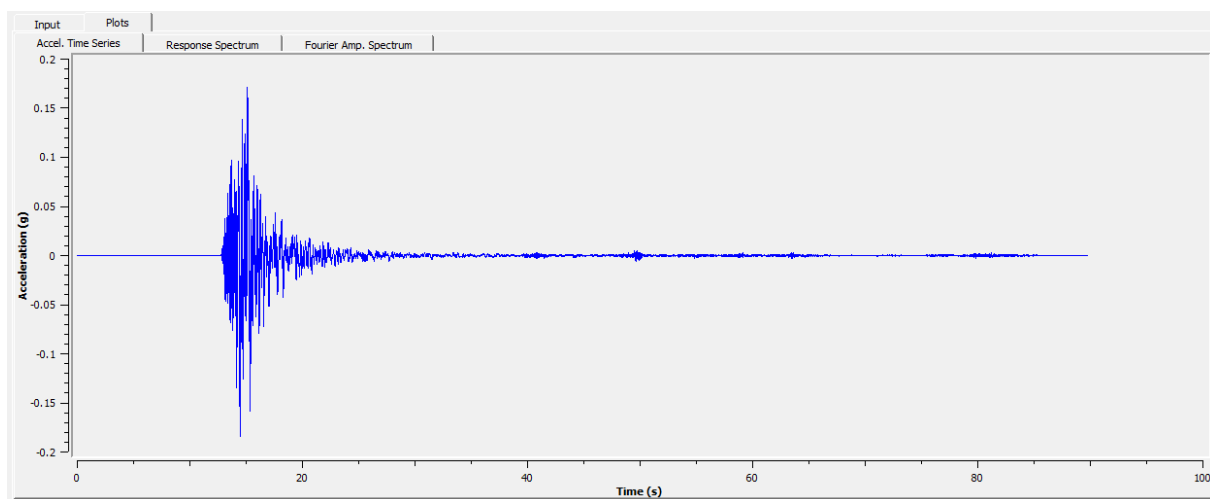
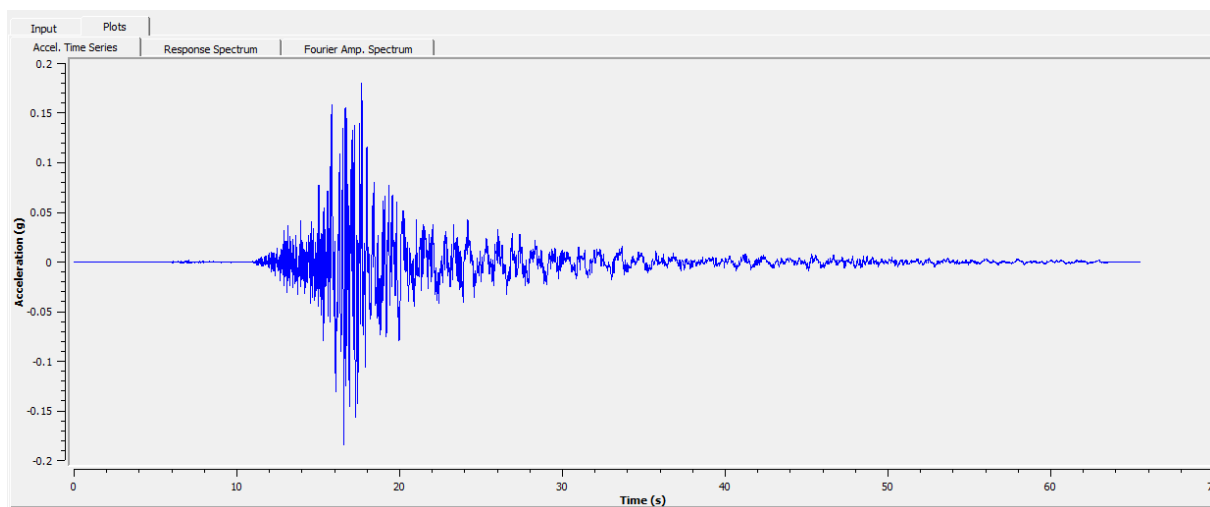
(A) in condizione pianeggiante (T1), la vita nominale, la classe d'uso e lo stato limite. Poi si inseriscono gli intervalli in termini di magnitudo e distanza e i limiti di tolleranza per lo spettro di riferimento. La verifica di spettro-compatibilità è stata eseguita con l'aiuto del software In-Spector (Acunzo G., Pagliaroli A., Scasserra G. (2014). *In-Spector: un software di supporto alla selezione di accelerogrammi naturali spettrocompatibili per analisi geotecniche e strutturali*. 33° Convegno Nazionale GNGTS, Bologna 25-27 novembre 2014, volume 2, 107-114, ISBN: 978-88-940442-2-5).

I 7 accelerogrammi selezionati vengono poi scalati all'accelerazione indicata per lo stato limite SLV.

Classe d'Uso III

	Name	Description	Type	PGA (g)	PGV (cm/s)	Scale Factor
1	☒ WAVEFORMS_SET_1\E.SRC0.00.HNE.D.IT-1976-0027.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.18	10.54	1.37
2	☒ WAVEFORMS_SET_1\E.SRC0.00.HNE.D.IT-1976-0030.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.18	15.11	0.74
3	☒ WAVEFORMS_SET_1\IT.ACC.00.HGN.D.EMSC-20170118_0000037.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.18	10.55	5.61
4	☒ WAVEFORMS_SET_1\IT.MRM.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.18	10.51	1.39
5	☒ WAVEFORMS_SET_1\IT.SLA.00.HNN.D.IT-1981-0001.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.18	9.76	8.24
6	☒ WAVEFORMS_SET_1\KO.DEMR..HNE.D.EMSC-20151006_0000093.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.18	15.18	3.82
7	☒ WAVEFORMS_SET_1\SM.101.00.HN2.D.IS-2000-0048.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.18	14.96	3.43





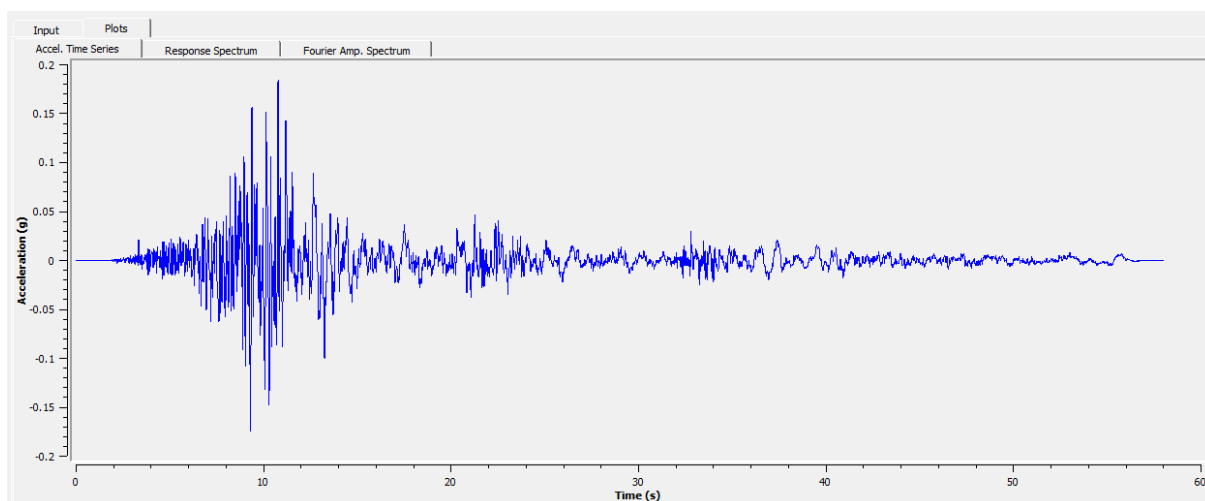
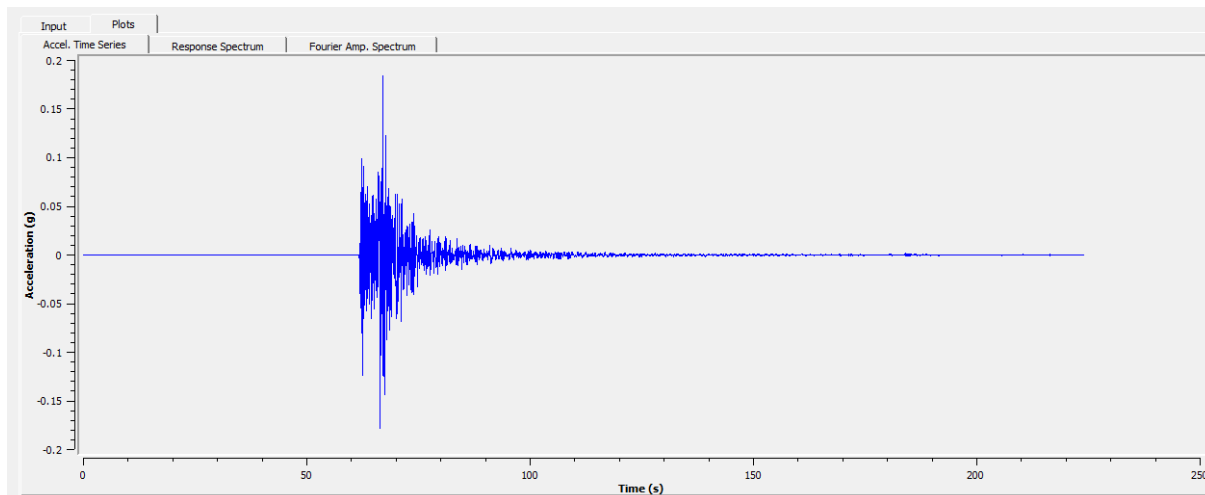
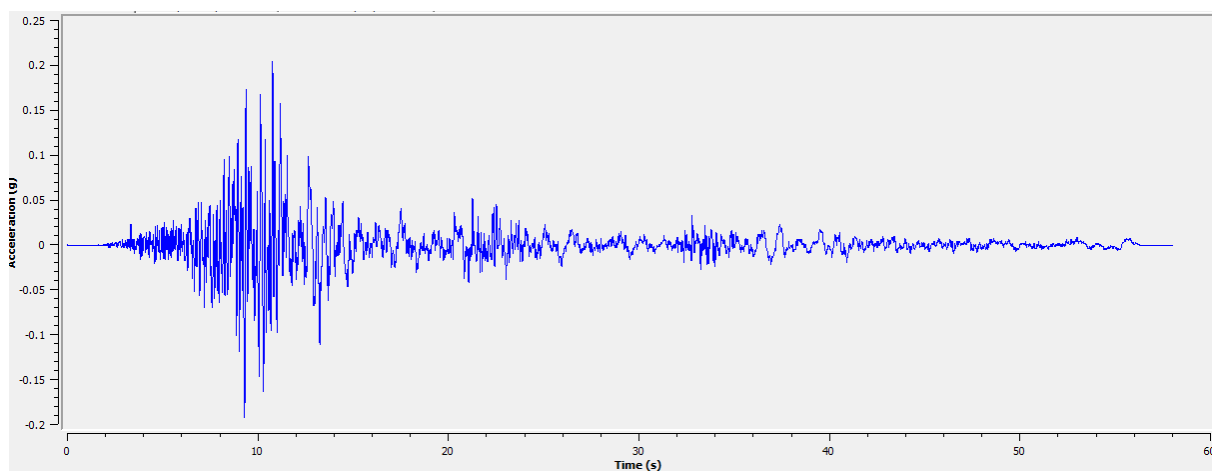
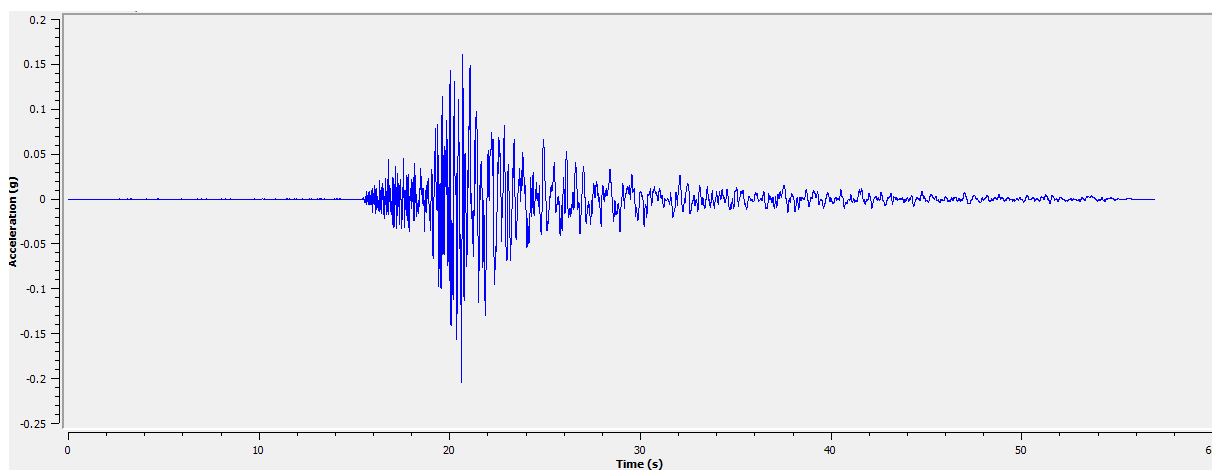
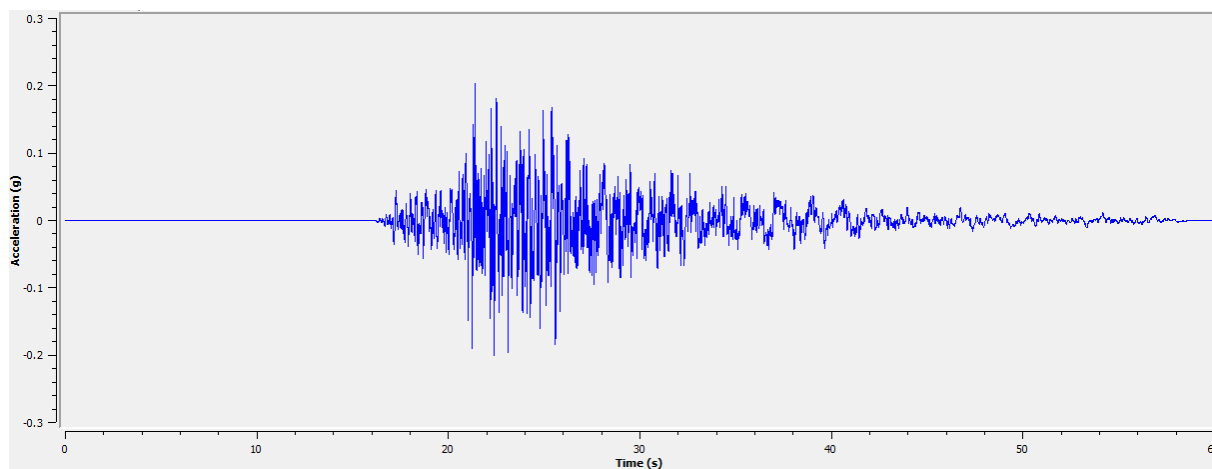
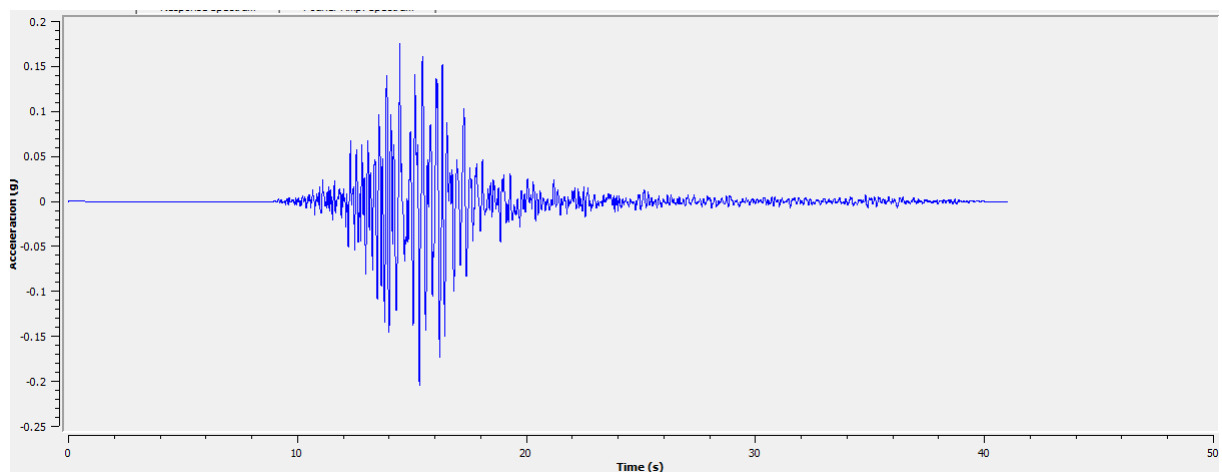
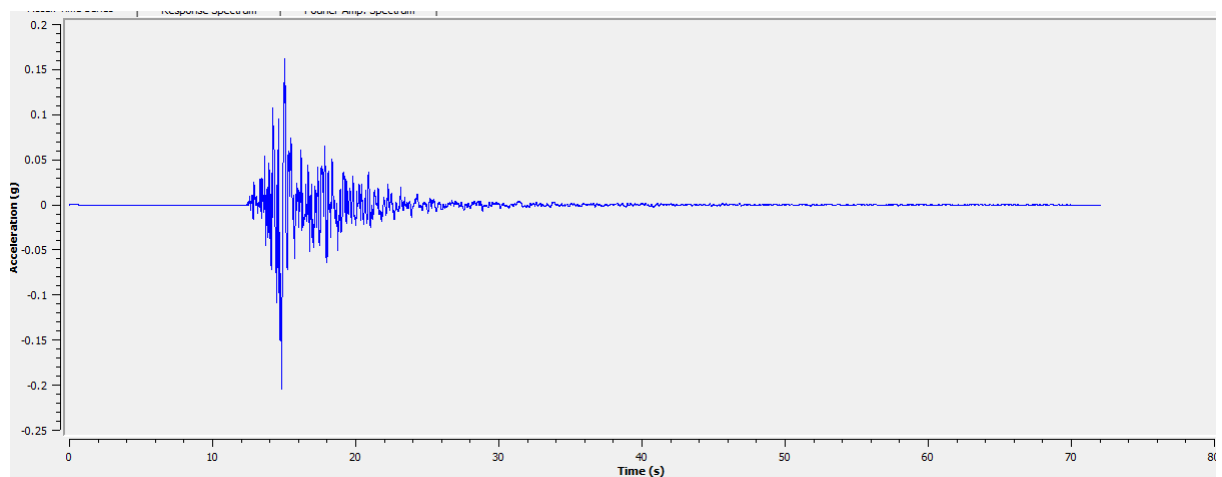
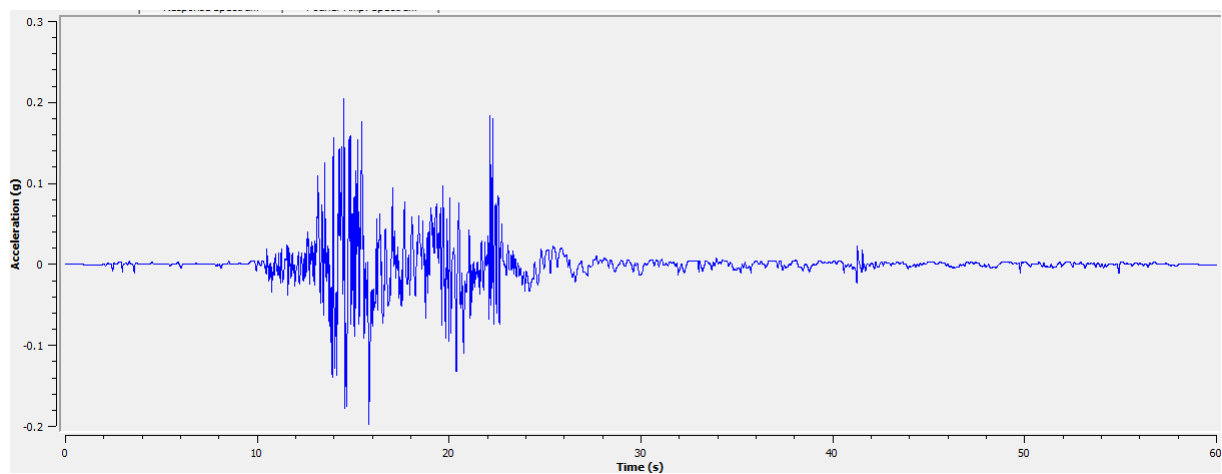


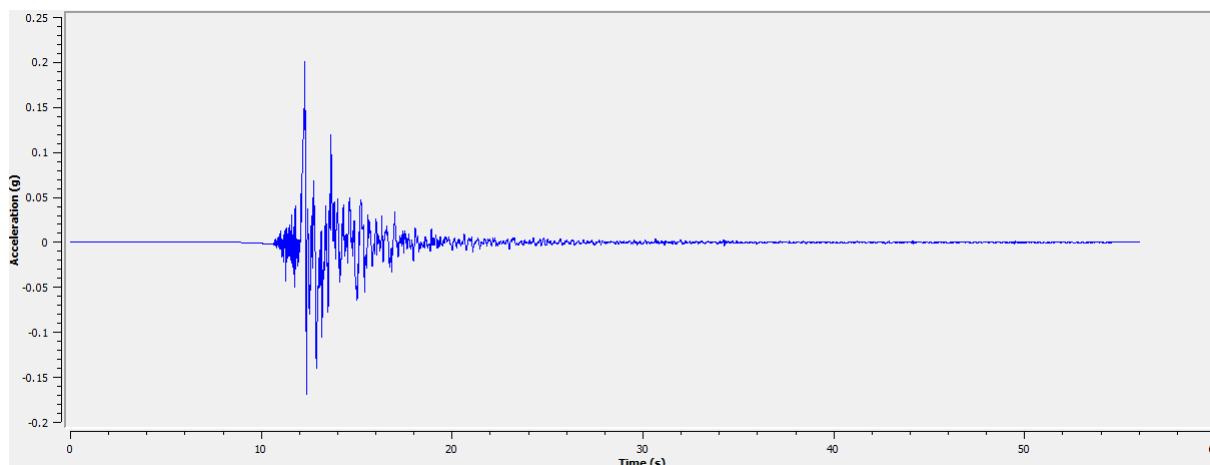
Figura 3 – Accelerogrammi di input scalati per SLV (estratti da Strata)

Classe d'Uso IV

	Name	Description	Type	PGA (g)	PGV (cm/s)	Scale Factor
1	☒ WAVEFORMS_SET_1\IT.LSS.00.HGE.D.EMSC-20170118_0000034.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.20	9.72	14.51
2	☒ WAVEFORMS_SET_1\IT.SDN.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.20	10.11	11.85
3	☒ WAVEFORMS_SET_1\SM.101.00.HN2.D.IS-2000-0048.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.20	16.58	3.80
4	☒ WAVEFORMS_SET_1\SM.102.00.HN3.D.IS-2000-0053.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.20	27.01	3.37
5	☒ WAVEFORMS_SET_1\SM.112.00.HN3.D.IS-2008-0054.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.20	20.93	0.61
6	☒ WAVEFORMS_SET_1\SM.502.00.HN2.D.IS-2000-0048.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.20	8.92	0.55
7	☒ WAVEFORMS_SET_1\SM.502.00.HN3.D.IS-2000-0053.ACC.MP.ASC		Outcrop (2A)	0.20	22.29	0.24







3.4. CURVE DI DECADIMENTO

Le curve di decadimento possono essere specificate in STRATA attraverso modelli da letteratura scientifica implementati nel codice oppure possono essere definite direttamente dall'utente. Le curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato ($G/G_{\max} - \gamma\%$) e del rapporto di smorzamento ($D\% - \gamma\%$) incluse di default in STRATA sono:

- Darendeli and Stokoe (2001), con valori in funzione.
 - Sforzo efficace;
 - IP;
 - OCR;
 - Frequenza d'eccitazione;
 - Numero cicli.
- EPRI (1993)
 - Basato sull'IP - 10, 30, 50 e 70.
 - Basato sulla profondità - 0-20, 20-50, 50-120, 120-250, 250-500, e 500-1000 ft.
- GEI (1993) - 0-50, 50-100, 100-250, 250-500, and >500 ft.
- GeoMatrix (Coppersmith, 1991) - 0-50, 50-150 e >150 ft.
- Idriss (1990) - argille e sabbie.
- Imperial Valley Soils (Turner and Stokoe, 1983) - 0-300 e >300 ft.
- Iwasaki (1976) - 0.25 e 1.0 atm.
- Peninsular Range (Silva et al., 1997) - 0-50 e 50-500 ft.
- Seed and Idriss (1970)
 - Per $G/G_{\max}$: sabbia media e superiore.
 - For D: sabbia media e inferiore.
- Vucetic and Dobry (1991) - IP di 0, 15, 30, 50, 100 e 200.

A titolo esemplificativo, si riportano di seguito le curve ottenute dal progetto EPRI (1993) (Electric Power Research Institute), implementate in STRATA per la profondità 20-50 ft.

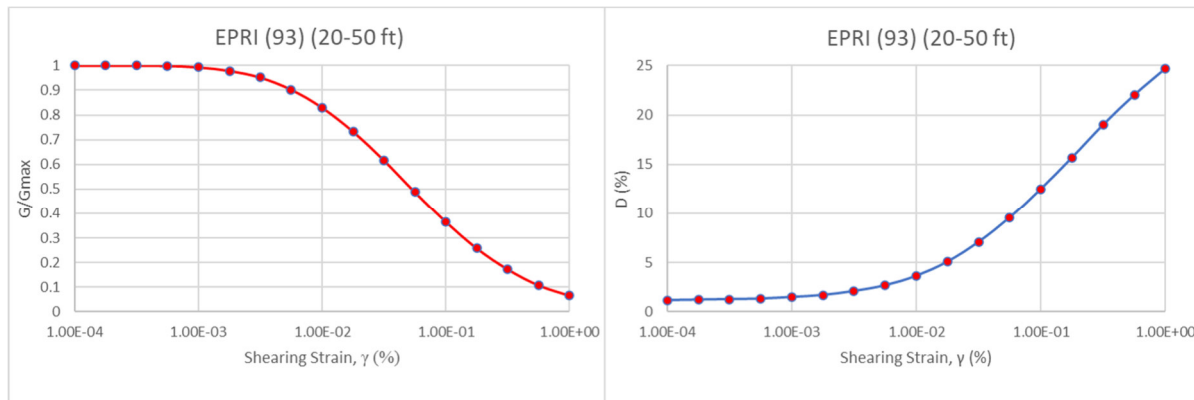


Figura 4 – Curve di decadimento proposte dal modello empirico EPRI (1993)

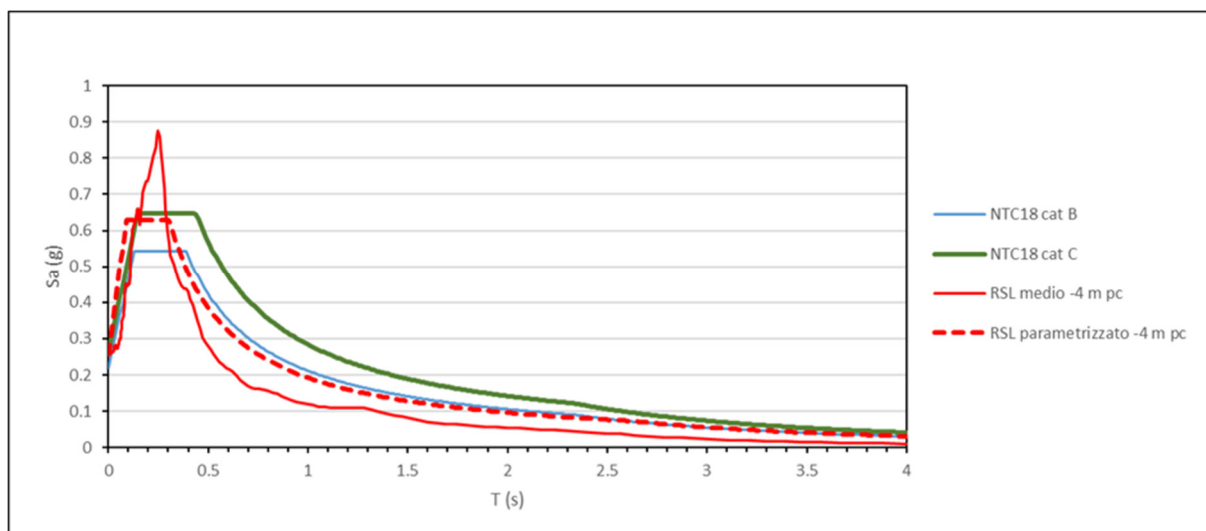
3.5. ANALISI NUMERICA

Per l'analisi numerica in STRATA è stato utilizzato il metodo lineare equivalente (moduli di rigidità G e smorzamento D variabili in funzione della deformazione).

Si è riportato nel programma i sismostrati individuati dalle prove Down Hole e HVSR eseguiti dalla ditta Progeo, a cui si rimanda.

Di seguito si riporta lo spettro normalizzato (linea rossa tratteggiata) da utilizzarsi per il progetto.

Classe d'Uso III



Classe d'Uso IV

