

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte"
con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 1 - Dallo svincolo n. 1 sulla S.S. 115 (compreso) allo svincolo n. 3 sulla S.P. 5 (escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA895**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Marco Leonardi

Ordine dei Geologi della Regione Lazio n° 1541

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Ambrogio Signorelli


Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° A35111

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

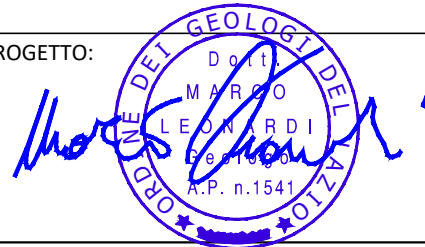
MANDATARIA:

	Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Bela	Dott. Ing. G. Parente
	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
	Dott. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlacchini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piunno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
	Dott. Ing. P. Agnello	

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



**GEOLOGIA
SISMICA**
Relazione sismica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

L O 4 0 8 Z

E

2 1 0 1

NOME FILE

T01GE03GEORE01B

CODICE
ELAB.

T 0 1 G E 0 3 G E O R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

B

-

D

C

B

A

REV.

DESCRIZIONE

Revisione a seguito di Rapporto di Verifica

EMISSIONE

Novembre 2021

GIUGNO 2021

A. Loffredo

A. Loffredo

M. Leonardi

M. Leonardi

N. Granieri

N. Granieri

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	5
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
3.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	7
4	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	9
5	INQUADRAMENTO SISMICO	11
5.1	SISMICITÀ DELL'AREA	11
5.2	SORGENTI SISMOGENETICHE	17
5.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	24
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	27
6.1	INTERPRETAZIONE INDAGINI SISMICHE	27
6.2	ATTRIBUZIONE DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	28
6.3	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	30
6.4	PARAMETRI SISMICI	32
6.5	AZIONI SISMICHE - CAVALCAVIA	32
6.5.1	CAVALCAVIA pk 3+005 (pk 3+005 ex L1 PD)	32
6.5.2	CAVALCAVIA pk 5+204 (pk 5+204 ex L1 PD)	33
7	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	34
8	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)	36
8.1	VIADOTTO VALLONE DELLE COSTE	37
8.1.1	Spettro di risposta elastico in accelerazione locale	37
8.1.2	Caratterizzazione sismica	48

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

8.1.3 RSL – MASW M004	52
8.1.4 RSL – DOWN-HOLE S015-DH.....	58
8.1.5 RSL – DOWN-HOLE SE08.....	63
8.1.6 CONCLUSIONI - Confronti	69
8.2 CAVALCAVIA PK 1+459.....	70
8.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione locale	70
8.2.2 Caratterizzazione sismica.....	86
8.2.3 RSL – DOWN-HOLE SE04.....	88
8.3 CAVALCAVIA PK 12+325 (0+964 EX L2 PD).....	94
8.3.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione locale	94
8.3.2 Caratterizzazione sismica.....	110
8.3.3 RSL – MASW M014	112
8.4 CAVALCAVIA PK 15+818 (PK 4+457 EX L2 PD).....	121
8.4.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione locale	121
8.4.2 Caratterizzazione sismica.....	137
8.4.3 RSL – DOWN-HOLE S059d.....	139

1 PREMESSA

Nel presente studio sono stati raccolti e sintetizzati gli elementi sismici che caratterizzano il territorio interessato dal lotto 1 del progetto "Collegamento Ragusa – Catania: Ammodernamento a n° 4 corsie della S.S. 514 'di Chiaromonte' e della S.S. 194 Ragusana dallo Svincolo con la S.S. 115 allo Svincolo con la S.S. 114", nell'ambito della emissione del Progetto Esecutivo.

Il presente lavoro costituisce un approfondimento del Progetto Definitivo e tiene conto anche di tutte le osservazioni rimesse dai vari Enti a cui è stato presentato il Progetto. Si tenga conto che il lotto 1 oggetto di studio costituisce l'accorpamento dei lotti denominati 1 e 2 nel Progetto Definitivo.

L'obiettivo della presente relazione è la definizione delle azioni di progetto in termini di accelerazione massima al suolo per il sito oggetto di intervento.

A tal scopo inizialmente vengono definite le normative di riferimento, a livello nazionale e regionale e viene descritta la sismicità del territorio, mediante un'analisi critica della sismicità storica, la raccolta dati e le informazioni provenienti dagli studi geologici allegati ai PRG dei territori comunali interessati dal tracciato e delle mappe di pericolosità del territorio pubblicate dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti GNDT e dall'Istituto Nazionale di Geologia e Vulcanologia.

Successivamente viene definita l'azione sismica di progetto, tenendo conto degli stati limite sismici prescritti dalla normativa, in termini di accelerazione massima prevista al suolo, e della categoria di suolo dei terreni, definita in base ai risultati delle prospezioni sismiche

Si è proceduto a fornire una caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione interessati dal viadotto con le seguenti finalità:

- definire la categoria del suolo di fondazione lungo il tracciato ottenuta considerando i dati relativi alle indagini eseguite in questa fase progettuale;
- caratterizzare la pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno);
- definire per ogni comune i parametri spettrali che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione $S_e(T)$, dai quali viene poi ricavato dal progettista lo spettro di progetto $S_d(T)$ caratteristico del tipo d'opera seguendo le modalità riportate nel D.M. 14 gennaio 2008.

Il presente documento inoltre riferisce sulle prove geofisiche condotte a supporto degli studi di caratterizzazione sismica di supporto all'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) del sottosuolo.

L'analisi di Risposta Sismica Locale mediante analisi 1D permette di definire una realistica risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali (sia sepolte sia topografiche).

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto e la verifica delle strutture sono stati svolti nel rispetto delle seguenti norme:

- Legge 05.11.71 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- OPCM n. 3519 del 28.04.2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 14.01.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" (G.U. n.29 del 04.02.2008).
- Circolare 02.02.2009, n. 617 C.S.LL.PP., contenente le istruzioni per le l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14.01.2008 (G.U. n.47 del 26.02.2009).
- Gruppo di lavoro MS (2008). Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, Dipartimento della protezione civile, Roma;
- G. Lanzo, A. Pagliaroli. Selection of real accelerograms for the seismic response analysis of the historical town of Nicastro (Southern Italy) during the March 1638 Calabria earthquake. Elsevier 2007;
- G. Modoni, A. Gazzellone (2010). Simplified theoretical analysis of the seismic response of artificially compacted gravels. Proc. V Int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, San Diego, USA, Paper No. 1.28a;
- DEEPSOIL v. 6.1 (Y. Hashash, 2014)
- REXEL v. 3.5 (Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures)
- STRATA v0.7.0 (Kottke A.R., Rathje E.M.; 2008)
- O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico";
- Studio di microzonazione sismica per i comuni del centro Italia colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016 così come previsto con l'ordinanza n° 24 del 12 maggio 2017 del Commissario Straordinario
- Zaho B., Horike M.; 2003: Simulation of High-Frequency Strong Vertical Motions using Microtremor Horizontal-to Vertical Ratios. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 93, No. 6, pp. 2546–2553
- G. Peruzzi, D. Albarello (2016). Stimatori approssimati della componente verticale del moto nelle valutazioni di risposta sismica locale.

3 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'intervento si inserisce nel settore sud-orientale della Sicilia, in un territorio caratterizzato da un'elevata variabilità dovuta sia alle caratteristiche geomorfologiche - che alternano i rilievi carbonatici ai vasti altopiani terrazzati più recenti, sia per l'antica storia insediativa che, nelle diverse epoche, ne ha connotato il paesaggio grazie alla costante azione dell'uomo, e che ancora oggi si incentra principalmente nelle attività di tipo agricolo.

Il progetto interessa il territorio provinciale di Ragusa, procedendo da sud verso nord, risultano interessati i territori dei seguenti comuni:

- Ragusa;
- Chiaramonte Gulfi (RG);
- Licodia Eubea (CT);



Figura 3-1

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di interesse progettuale si inserisce in un settore del Plateau Ibleo caratterizzato da successioni costituite da sequenze prevalentemente carbonatiche di età Miocenico-Quaternarie, cui si intercalano orizzonti di vulcaniti basiche, talora di notevole potenza (Figura 3.2).

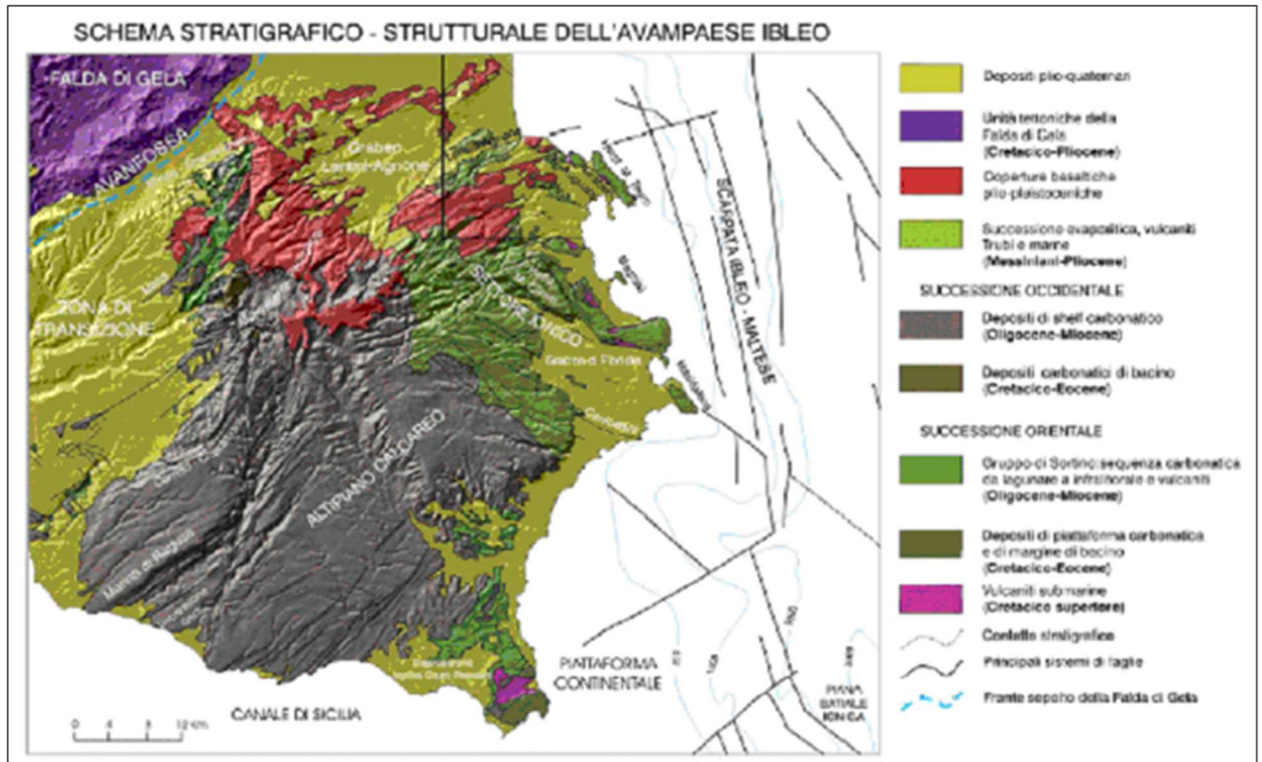


Figura 3-2 Schema stratigrafico-strutturale dell'Avampese Ibleo

Le successioni terziarie presentano due sviluppi delle facies differenti dalle aree orientali a quelle occidentali. Essi riflettono ed in parte ereditano condizioni tettonico-sedimentarie già delineatesi dopo le fasi tettoniche cretaceo-eoceniche.

Le successioni terziarie presenti nel settore occidentale ibleo iniziano con calcilutiti e marne dell'Oligocene medio e superiore (Membro Leonardo della Formazione Ragusa), affioranti estesamente nella zona ragusana (Di Grande et alii, 1977). Questi livelli passano gradualmente verso l'alto a calcareniti inframioceniche a grossi banchi (Membro Irminio), costituiti da risedimenti carbonatici a volte canalizzati di provenienza da aree orientali e settentrionali (Grasso & Lentini, 1982), in cui si intercalano sottili livelli di fosforiti di genesi primaria o risedimentati in discontinui livelli conglomeratici (Bommarito & La Rosa, 1972; Carbone et alii, 1987). Nelle zone centrali del Plateau Ibleo (Valli del F. Tellaro e del F. Irminio fino alla zona di Vizzini-M. Lauro) le calcareniti del Mb. Irminio passano gradualmente verso l'alto alle marne grigio-azzurre medio e supramioceniche della F.ne Tellaro (Romeo & Sciuto, 1987). Questa formazione verso l'alto e lateralmente passa alla F.ne Palazzolo con una eteropia che interessa livelli sempre più antichi spostandosi verso est, come è osservabile lungo la valle del F. Anapo, fino ad una totale sostituzione della F.ne Tellaro da parte della F.ne Palazzolo.

Verso ovest (area di Vizzini, Licodia E. e Mineo) e a sud (Scoglitti, Scicli e zona di Ispica-Capo Passero) le marne della F.ne Tellaro arrivano al Messiniano inferiore e sono sormontate da calcari lagunari ed evaporiti messiniani. Livelli discontinui di sabbie continentali chiudono la sedimentazione miocenica. Vulcaniti sub-marine tortoniane si trovano intercalate anche nei livelli alti della F.ne Tellaro e sono correlabili con quelle della F.ne Carlentini affioranti nelle aree orientali anche se presentano facies e modalità effusive diverse, dovute probabilmente alla maggiore profondità dell'originario bacino

Il Pleistocene inferiore è rappresentato da sedimenti marini distribuiti lungo i bordi del Plateau; essi formano una cintura più o meno continua e colmano con spessori anche notevoli ampie depressioni strutturali.

Sulla fascia ionica del Plateau, procedendo da sud verso nord, i sedimenti del Pleistocene inf. sono presenti nella depressione di Noto-Capo Passero, dove sono dati da biocalcareni affioranti probabilmente come lembi residui di una copertura che si estendeva con continuità fino alla falesia costituita a nord del F. Tellaro dalle Montagne d'Avola e a sud dalla faglia Pozzallo-Ispica-Rosolini.

Nel Siracusano i sedimenti infrapleistocenici danno luogo a due aree di affioramenti ubicati rispettivamente a sud e a nord di Siracusa, separate dall'"alto" di Belvedere-S. Panagia.

A sud di Siracusa questi sedimenti colmano la depressione strutturale in corrispondenza della bassa valle del F. Anapo.

Calcareni organogene bianco-giallastre, presenti nelle parti periferiche della depressione a contatto con i termini più antichi, passano lateralmente e superiormente ad argille a Hyaline baltica che raggiungono spessori massimi fino a 200 metri.

Nell'area tra Chiaramonte-Comiso e Vittoria, lungo il F. Ippari si osservano i contatti tra i sedimenti infrapleistocenici e il substrato dato dai Trubi con una lacuna del Pliocene medio-sup.. Le calcareniti passano verso l'alto a sedimenti limnici infrapleistocenici (Conti et alii, 1979) che rappresentano i depositi terminali del ciclo infrapleistocenico nell'area. Discontinui lembi di calcareniti a Cladocora coespitosa sono presenti, dislocati a quote diverse, anche nella depressione di Scicli.

Il Pleistocene medio è rappresentato lungo il perimetro costiero ibleo da discontinui lembi di "panchina" e da terrazzi marini distribuiti in più ordini. Generalmente la panchina, poggiante su un paleosuolo con resti di vertebrati (Accordi, 1962), affiora con continuità nell'entroterra di Augusta fino a Villasmundo.

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il tracciato stradale in progetto si sviluppa nei settori nord-orientale e nord-occidentale dell'altipiano Ibleo (Sicilia orientale) ed attraversa i territori dei Comuni di Ragusa, Comiso, Licodia Eubea.

Dal punto di vista planoaltimetrico il tracciato si snoda tra le culminazioni topografiche indicate con i toponimi di M. Altore (754 m s.l.m.), i rilievi di Poggio Conventazzo (747 m s.l.m.), M. Raci (608 m s.l.m.), M.te Racello (542 m s.l.m.) M. Badia (577 m s.l.m.), Poggio Lungo (452 m s.l.m.), Serra Grande (436 m s.l.m.).

La morfologia della zona è fortemente influenzata dalla natura dei litotipi affioranti e dal loro grado di erodibilità; l'idrologia di superficie, le precipitazioni meteoriche e l'acclività sono tra le cause principali che hanno determinato un modellamento differenziato dei versanti; inoltre, questo carattere si riflette sui pattern dei reticoli idrografici che sono riferibili ai tipi sotto descritti:

- a) Tipo "sub-dendritico" ed addirittura "piumato", caratteristico delle aree di affioramento dei terreni coesivi e plastici di natura argilloso-marnosa (Trubi, Marne argillose della F.ne Tellaro).
- b) Tipo "parallelo", tipico delle aree in cui sono presenti affioramenti di litotipi a diversa erodibilità.
- c) Tipo "angolare", caratteristico delle aree di affioramento dei terreni litoidi (calcarei e vulcaniti) con numerose aste non confluenti.

La diversa natura dei terreni affioranti ha condizionato strettamente i tratti morfologici, caratterizzati da una significativa varietà di situazioni nelle diverse zone interessate dall'opera in oggetto.

Il tratto compreso tra lo Svincolo sulla S.S. 115 e lo Svincolo n. 2 con la S.P. 7 si presenta relativamente articolato e fortemente condizionato dal complesso sistema di strutture tettoniche presenti. Infatti, il tracciato in questo tratto è interessato, come già detto, da un sistema di faglie noto in letteratura come sistema Comiso - Chiaramonte con direzione NW-SE che con tipiche strutture a Horst e Graben, rispettivamente alti strutturali e depressioni tettoniche, ha condizionato l'evoluzione morfologica dell'area. Il paesaggio è quello tipico pedemontano in cui i terreni affioranti si presentano molto spesso particolarmente alterati e cataclasati soprattutto in corrispondenza delle principali linee di faglia.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Il tratto compreso tra lo Svincolo n. 2 S.P. 7 e lo Svincolo n. 3 S.P. 5 Licodia Eubea si presenta generalmente sub-pianeggiante con quote che oscillano intorno ai 330 m s.l.m. e con debole pendenza verso occidente in direzione della costa; tale morfologia è attribuibile ai caratteri deposizionali dei sedimenti marini e lacustri di età quaternaria che caratterizzano l'intero lotto

4 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La valutazione della "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione è stata effettuata utilizzando le prescrizioni indicate nelle Normative Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 – D.M. 14/01/2008) e nella Circolare n. 617 del 2/02/2009.

In particolare, ai fini della stima dei parametri sismici per la definizione dell'azione sismica di progetto (Paragrafo 6.4) è necessario fare riferimento alla probabilità, che in un fissato intervallo di tempo, in tale sito si verifichi un evento di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Tale probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento" P_{VR} , mentre l'intervallo di tempo è denominato "periodo di riferimento" V_R .

Il periodo di riferimento V_R si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dalla relazione:

$$V_R = V_N \times C_u$$

dove V_N è la vita nominale di progetto di una costruzione e C_u è il coefficiente d'uso dipendente dalla classe d'uso dell'opera.

La vita nominale di una costruzione V_N è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. In funzione del tipo di costruzione devono essere assunti determinati valori minimi della V_N , i quali vengono riportati nella Tabella 4-1.

Tabella 4-1 Valori minimi di vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzione

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (in anni)
Costruzioni temporanee e provvisorie	10
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Mentre il coefficiente d'uso C_u esprime la classe d'uso nella quale sono divise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche. In particolare, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso così definite:

- **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 non 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 provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi 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 IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento 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 DM 5/11/2001, 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.

Nella Tabella 4-2 si riportano i valori del coefficiente d'uso C_u al variare della classe d'uso.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 4-2 Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso (C_u)

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0.7	1	1.5	2

Sulla base di quanto indicato nelle normative, per il dimensionamento delle opere sono stati assunti i seguenti parametri:

- $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso IV ($C_u = 2$)
- Periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_u = (50 \text{ anni}) \times 2 = 100$ anni

Infine, le probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R variano al variare dello stato limite considerato. I valori a cui riferirsi per individuare l'azione sismica vengono riportati nella Tabella 4-3:

Tabella 4-3 Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato da NTC 2008

STATO LIMITE		P_{VR} – Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati Limite Ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

dove:

- SLO = Stato Limite di Operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- SLD= Stato Limite di Danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;
- SLC= Stato Limite di Salvaguardia della Vita: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- SLC= Stato Limite di prevenzione del Collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

5 INQUADRAMENTO SISMICO

5.1 SISMICITÀ DELL'AREA

Come è noto, un terremoto può trasmettere sia sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale, che dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti, liquefazione e frane. Pertanto, in fase di progettazione di opere in zone sismiche, è necessario partire dall'ipotesi di un "terremoto di progetto", basato sulla conoscenza della sismicità della zona.

In base all'emanazione dei criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale tramite l'OPCM 3274/03, in seguito aggiornata con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", si evidenzia che i comuni di Ragusa e Chiaromonte Gulfi, interessati dal tracciato, sono stati inseriti tutti in zona 2, come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata e recepita con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 408 del 19.12.2003 che ha confermato per i 2 comuni la zona II.

Questo sistema di classificazione elimina la presenza di territorio c.d. "non classificato", denominandolo "zona 4", ed attribuisce contestualmente alle Regioni il compito di stabilire se entro tali zone sia necessaria la progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia.

Comune	Categoria secondo la classificazione sismica precedente (Decreti fino al 1984)	Zona sismica ai sensi della OPCM 3274 del 20.3.2003 e DGR 408 del 19.12.2003	Comuni identificati in zona 2 per i quali vengono previste, per le strutture strategiche e rilevanti di cui al comma 2 art. 3 ord. 3274/2003, verifiche e limitazioni tecniche previste per la zona 1
Ragusa	2	2	X
Chiaromonte Gulfi	2	2	X

Tabella 5-1 Classificazione sismica dei comuni interessati dal tracciato

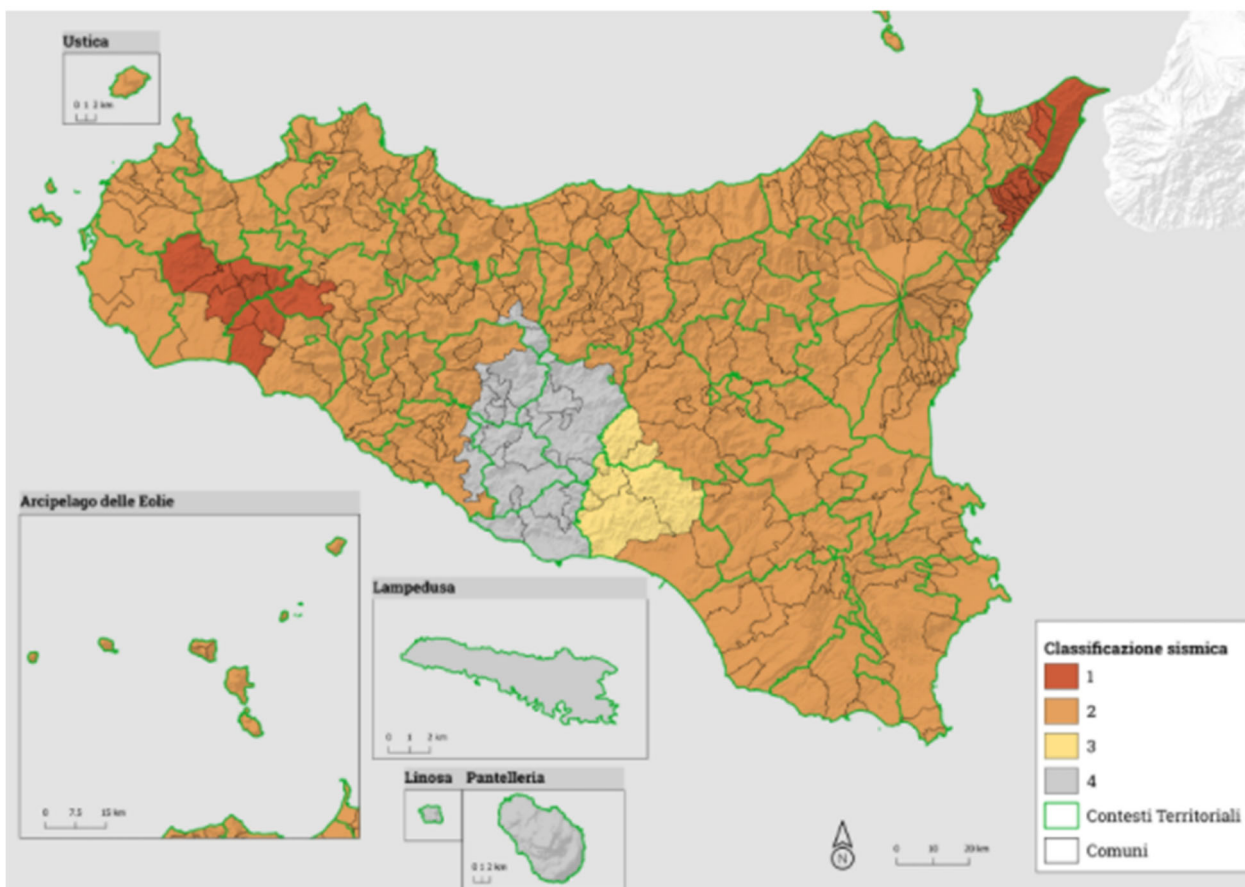


Figura 5-1 Classificazione sismica della Regione Sicilia secondo la Delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 il concetto della classificazione del territorio nelle quattro zone sismiche è stato superato, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la classificazione sismica del territorio rimane utile, dal punto amministrativo, per la gestione pianificativa e di controllo dello stesso.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto sono stati consultati i database disponibili presso il sito INGV:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014
- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

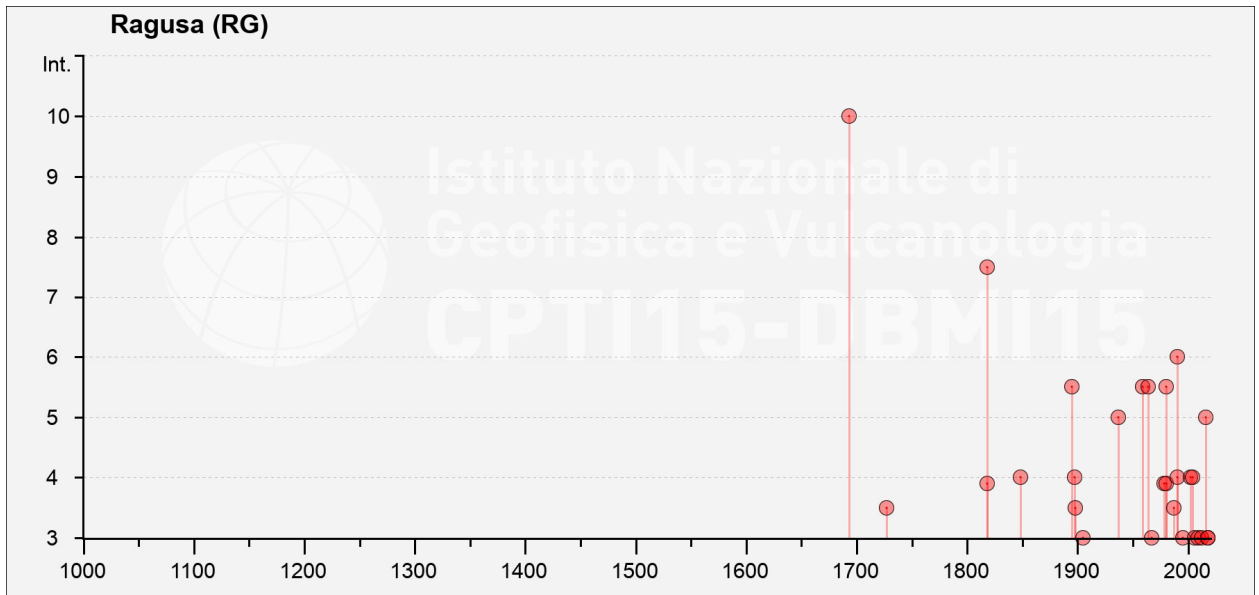
Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Per i comuni interessati dall'opera in progetto sono stati identificati i seguenti eventi ricavabili dal database dell'INGV:

Seismic history of	Ragusa
PlaceID	IT_68019
Coordinates (lat, lon)	36.926, 14.729
Municipality (ISTAT 20	Ragusa
Province	Ragusa
Region	Sicilia
No. of reported earthq	36

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	DepDef	loDef	MwDef	ErMwDef
NC	1542	12	10	15	15		Sicilia sud-orientale		10	6,68	0,24
10	1693	1	11	13	30		Sicilia sud-orientale		11	7,32	0,1
3-4	1727	1	7				Val di Noto		6-7	4,64	0,26
F	1818	2	20	18	15		Catanese		9-10	6,28	0,1
7-8	1818	3	1	2	45		Monti Iblei		7-8	5,57	0,44
4	1848	1	11	12			Golfo di Catania		7-8	5,51	0,26
5-6	1895	4	13	15	1		Monti Iblei ?		6-7	4,82	0,26
4	1897	2	11	23	33	7	Ionio meridionale		5	5,03	0,18
NF	1898	8	12				Sicilia nord-orientale		6-7	4,82	0,17
3-4	1898	11	3	5	59		Calatino		5-6	4,51	0,21
NF	1903	7	13	8	19		Calatino		5	4,14	0,34
3	1905	9	8	1	43		Calabria centrale		10-11	6,95	0,09
5	1937	3	6	1	56		Monti Iblei		5	4,49	0,35
5-6	1959	12	23	9	29		Piana di Catania		6-7	5,11	0,15
5-6	1964	5	2	11	32		Monti Iblei		5	4,2	0,34
3	1967	10	31	21	8	7	Monti Nebrodi		8	5,33	0,14
F	1978	4	15	23	33	48,15	Golfo di Patti	17,9	8	6,03	0,1
5-6	1980	1	23	21			Monti Iblei		5-6	4,39	0,1
F	1980	5	28	19	51	20,04	Tirreno meridionale	18,9	5-6	5,66	0,1
3-4	1987	2	2	16	8	44,2	Sicilia centro-orientale	13,5		4,44	0,14
2-3	1987	8	13	7	22	9,91	Etna - Maletto		6	4,75	0,1
4	1990	10	29	8	16	14,35	Stretto di Sicilia	23,9		4,79	0,1
6	1990	12	13	0	24	25,68	Sicilia sud-orientale	10		5,61	0,1
2-3	1990	12	16	13	50	28,68	Ionio meridionale	23,2		4,38	0,16
3	1995	2	10	8	15	45	Etna - Versante occidentale	10,4	5	4,31	0,37
2	2000	11	5	17	26	27,04	Etna - Versante meridionale	13,1	5-6	3,85	0,35
4	2002	9	6	1	21	27,25	Tirreno meridionale	9,6	6	5,92	0,07
NF	2004	5	5	13	39	42,93	Isole Eolie	228,6		5,42	0,07
4	2004	12	30	4	4	50,26	Monti Iblei	15,1	4	3,82	0,13
3	2006	4	23	14	42	38,19	Siracusano	23,9	4	4,05	0,13
NF	2006	12	19	14	58	5,94	Etna - Versante nord-occidentale	23,6	6	4,19	0,07
3	2009	12	19	9	1	14,58	Etna - Maletto	31,8	6	4,39	0,07
3	2012	6	27	1	14	20,24	Monti Iblei	5	5	3,9	0,13
5	2016	2	8	15	35	43,39	Monti Iblei	7,4	5-6	4,44	0,07
3	2018	10	6	0	34	19	Etna - Versante sud-occidentale	6	7-8	4,72	0,07
3	2018	12	26	2	19	14	Etna - Fleri	-0,3	8	5,02	0,07

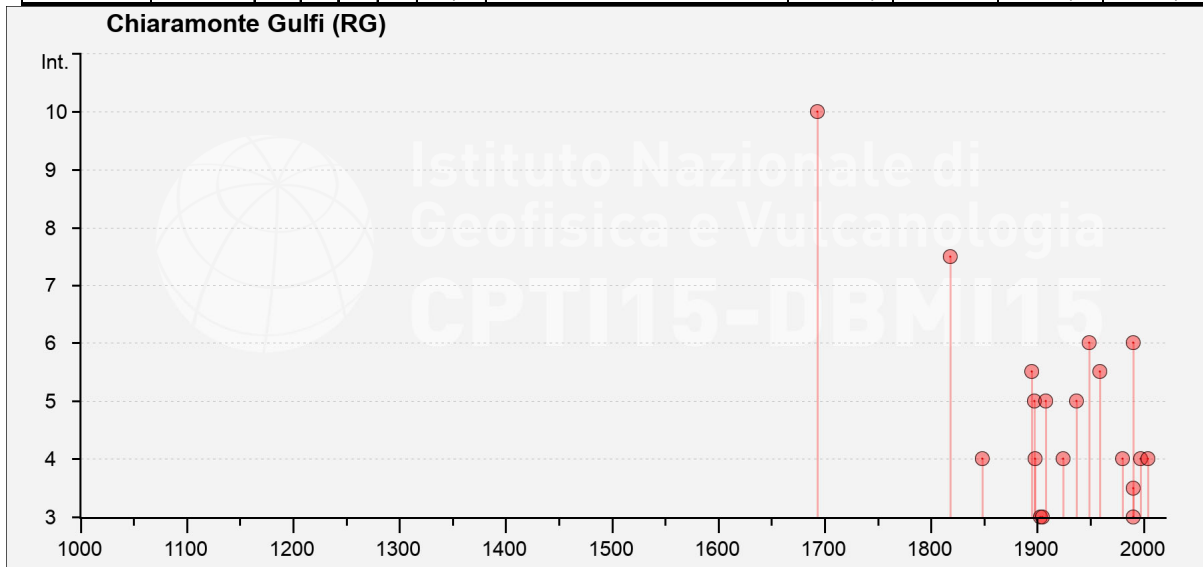
RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1



RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Seismic history of	Chiaromonte Gulfi
PlaceID	IT_67985
Coordinates (lat, lon)	37.031, 14.702
Municipality (ISTAT 2015)	Chiaromonte Gulfi
Province	Ragusa
Region	Sicilia
No. of reported earthquakes	24

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef
10	1693	1	11	13	30		Sicilia sud-orientale		11	7,32	0,1
7-8	1818	3	1	2	45		Monti Iblei		7-8	5,57	0,44
4	1848	1	11	12			Golfo di Catania		7-8	5,51	0,26
5-6	1895	4	13	15	1		Monti Iblei ?		6-7	4,82	0,26
5	1897	5	28	22	40	2	Ionio		6	5,46	0,11
NF	1898	5	14	4	45		Etna - S. Maria Licodia		7-8	4,03	0,36
NF	1898	8	12				Sicilia nord-orientale		6-7	4,82	0,17
4	1898	11	3	5	59		Calatino		5-6	4,51	0,21
3	1903	7	13	8	19		Calatino		5	4,14	0,34
3	1905	9	8	1	43		Calabria centrale		10-11	6,95	0,09
5	1908	12	28	4	20	27	Stretto di Messina		11	7,1	0,18
4	1924	8	17	21	40		Monti Iblei		5	4,74	0,17
5	1937	3	6	1	56		Monti Iblei		5	4,49	0,35
6	1949	10	8	3	8		Sicilia sud-orientale		7	5,1	0,13
5-6	1959	12	23	9	29		Piana di Catania		6-7	5,11	0,15
4	1980	1	23	21			Monti Iblei		5-6	4,39	0,1
3-4	1990	10	29	8	16	14,35	Stretto di Sicilia	23,9		4,79	0,1
6	1990	12	13	0	24	25,68	Sicilia sud-orientale	10		5,61	0,1
3	1990	12	16	13	50	28,68	Ionio meridionale	23,2		4,38	0,16
4	1997	7	30	16	6	37,4	Monti Iblei	30,3	5	4,45	0,15
NF	2000	11	5	17	26	27,04	Etna - Versante meridionale	13,1	5-6	3,85	0,35
NF	2004	5	5	13	39	42,93	Isole Eolie	228,6		5,42	0,07
4	2004	12	30	4	4	50,26	Monti Iblei	15,1	4	3,82	0,13
NF	2005	11	21	10	57	40,23	Sicilia centrale	63,2		4,56	0,07



RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Di seguito si riporta una tabella con le massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Ragusa e una mappa con le stesse massime intensità osservate nella Regione Sicilia (Dipartimento della Protezione Civile 1996), in cui si può osservare come la massima intensità macrosismica registrata per il comune di Ragusa e per il comune di Chiaromonte Gulfi sia $I_{max} \geq 10$. Per intensità macrosismica si intende la misura degli effetti di un terremoto sulle costruzioni, sull'uomo e sull'ambiente, classificandoli in dodici gradi attraverso la scala Mercalli. L'intensità non è quindi una misura dell'energia di un terremoto, ma del grado di danneggiamento, perché le conseguenze dipendono dalla violenza dello scuotimento ma anche da come sono state costruite le case e da quante persone vivono nell'area colpita

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	I_{max}
ACATE	19	88	1	37.02535	14.49419	≥ 10
CHIARAMONTE GULFI	19	88	2	37.03075	14.70247	≥ 10
COMISO	19	88	3	36.94574	14.60579	≥ 10
GIARRATANA	19	88	4	37.04778	14.79393	≥ 10
ISPICA	19	88	5	36.78572	14.90996	≥ 10
MODICA	19	88	6	36.85835	14.76078	≥ 10
MONTEROSSO ALMO	19	88	7	37.08897	14.76307	≥ 10
POZZALLO	19	88	8	36.72706	14.84492	≥ 10
RAGUSA	19	88	9	36.92523	14.72884	≥ 10
SANTA CROCE CAMERINA	19	88	10	36.82787	14.52487	≥ 10
SCICLI	19	88	11	36.79224	14.70578	≥ 10
VITTORIA	19	88	12	36.95013	14.53175	≥ 10

Tabella 5-2 Massime Intensità Macrosismiche osservate nei Comuni della Provincia di Ragusa

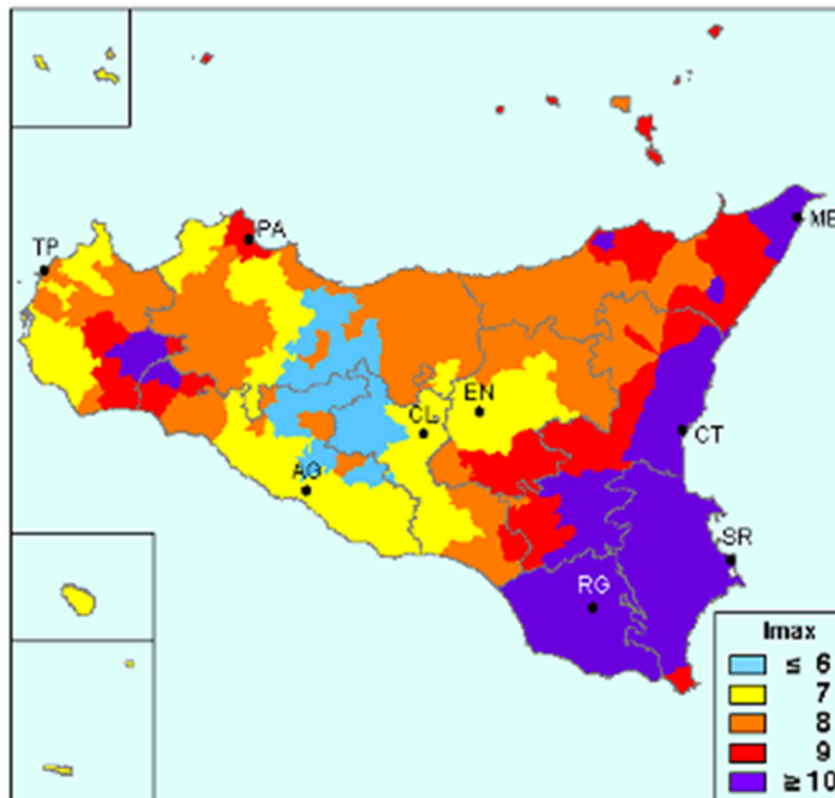


Figura 5-2 Massime Intensità Macrosismiche osservate nella Regione Sicilia (Carta elaborata da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise per conto del Dipartimento della Protezione Civile – Aprile 1996)

L'evento sismico più importante che ebbe effetti catastrofici è avvenuto l'11 gennaio 1693 con epicentro nella Sicilia orientale. Fu registrata una magnitudo $M_w=7.32$ con intensità massima risentita di 11 gradi MCS e intensità risentite di X grado MCS nell'area di Ragusa. Sono stati registrati danni in tutta la Sicilia, Catania è rimasta distrutta, come pure tutti i paesi della Val di Noto.

Un evento risentito a Ragusa con intensità rispettivamente di grado VII-VIII MCS ($M_w=5.51$) è quello del 1 marzo 1818 con epicentro sui Monti Iblei.

Un'altra scossa con epicentro a Vizzini è avvenuta il 13 aprile 1895 ($M_w=4.82$) risentita sia a Chiaromonte che a Ragusa ($I_s=V-VI$ MCS).

Il più recente evento sismico registrato nell'area interessata dal progetto in esame è stato quello del 13 dicembre 1990 con epicentro nella Sicilia sud-orientale; per tale evento è stata registrata una magnitudo $M_w=5.61$ ed una intensità massima risentita di VII grado MCS. L'intensità risentita è di V-VI grado MCS nell'area di Ragusa.

Un altro catastrofico evento sismico che ha avuto risentimenti anche nell'area di progetto ($I_s=V-VI$ grado MCS a Ragusa e Chiaromonte Gulfi) è il terremoto del 23 dicembre 1959 ($M_w=5.11$) con epicentro nella Piana di Catania; tale sisma ha avuto una intensità epicentrale di VI-VII grado MCS.

Tutti gli altri terremoti elencati nelle tabelle riportate hanno avuto risentimenti inferiori al VI grado MCS cioè al di sotto della soglia del danno.

5.2 SORGENTI SISMOGENETICHE

A seguito dell'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003 n.3274, All.1, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, con l'istituzione del Gruppo di Lavoro del 2004, ha provveduto alla produzione di una mappa di pericolosità sismica di riferimento, elaborando una nuova zonazione sismogenetica (ZS9). Questa nuova zonizzazione sismogenetica è stata definita a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000), alla luce delle nuove evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

Le Norme tecniche per le costruzioni del 2008 hanno modificato il ruolo che la classificazione aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

La zonizzazione sismogenetica ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica (ZS), da un meccanismo focale prevalente, da un valore di Magnitudo Momento Massima (M_w), un valore di Magnitudo di Durata massimo (M_d) e da un valore di profondità efficace.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

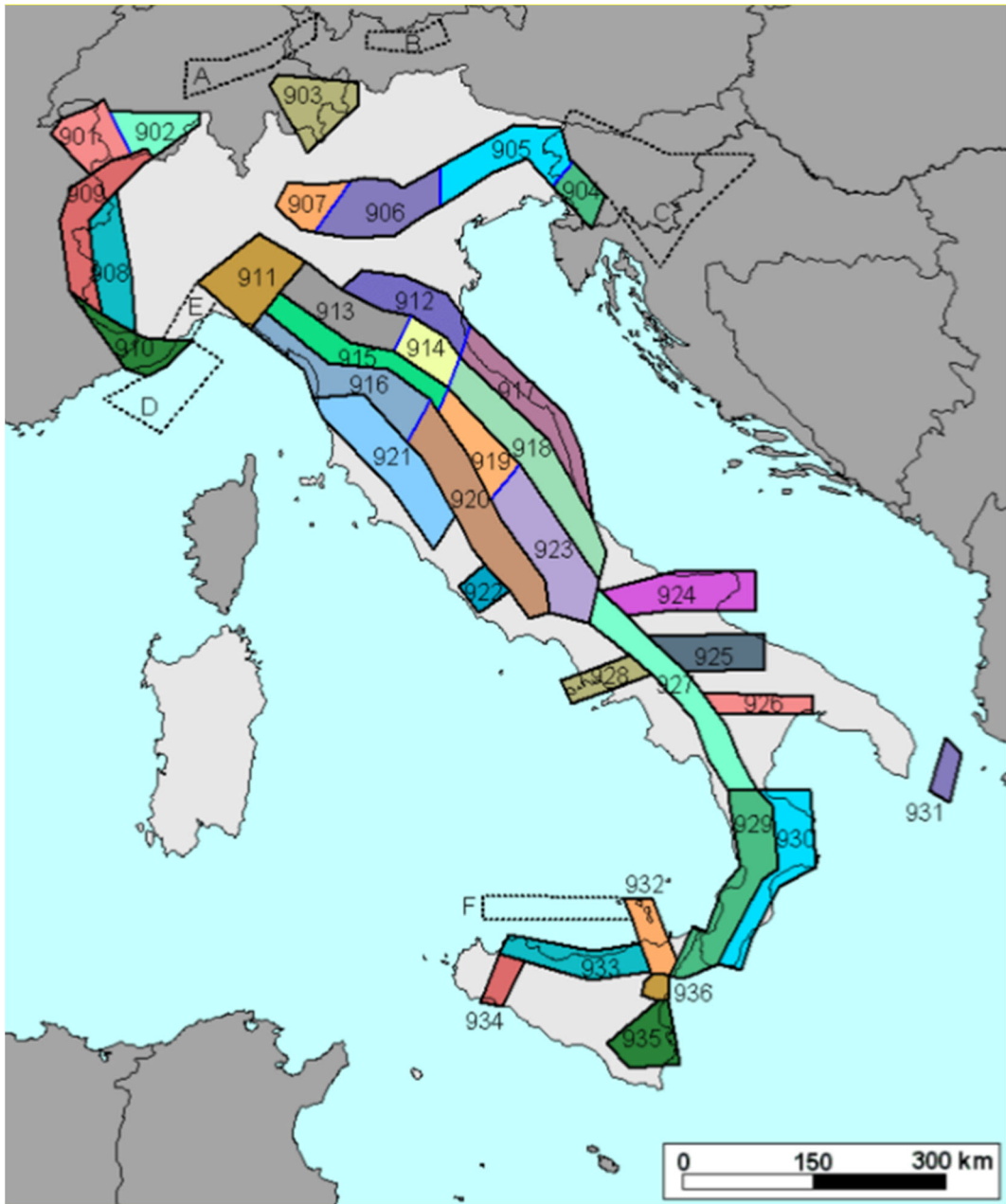


Figura 5-3 Zonazione sismogenetica Z29 del territorio italiano

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

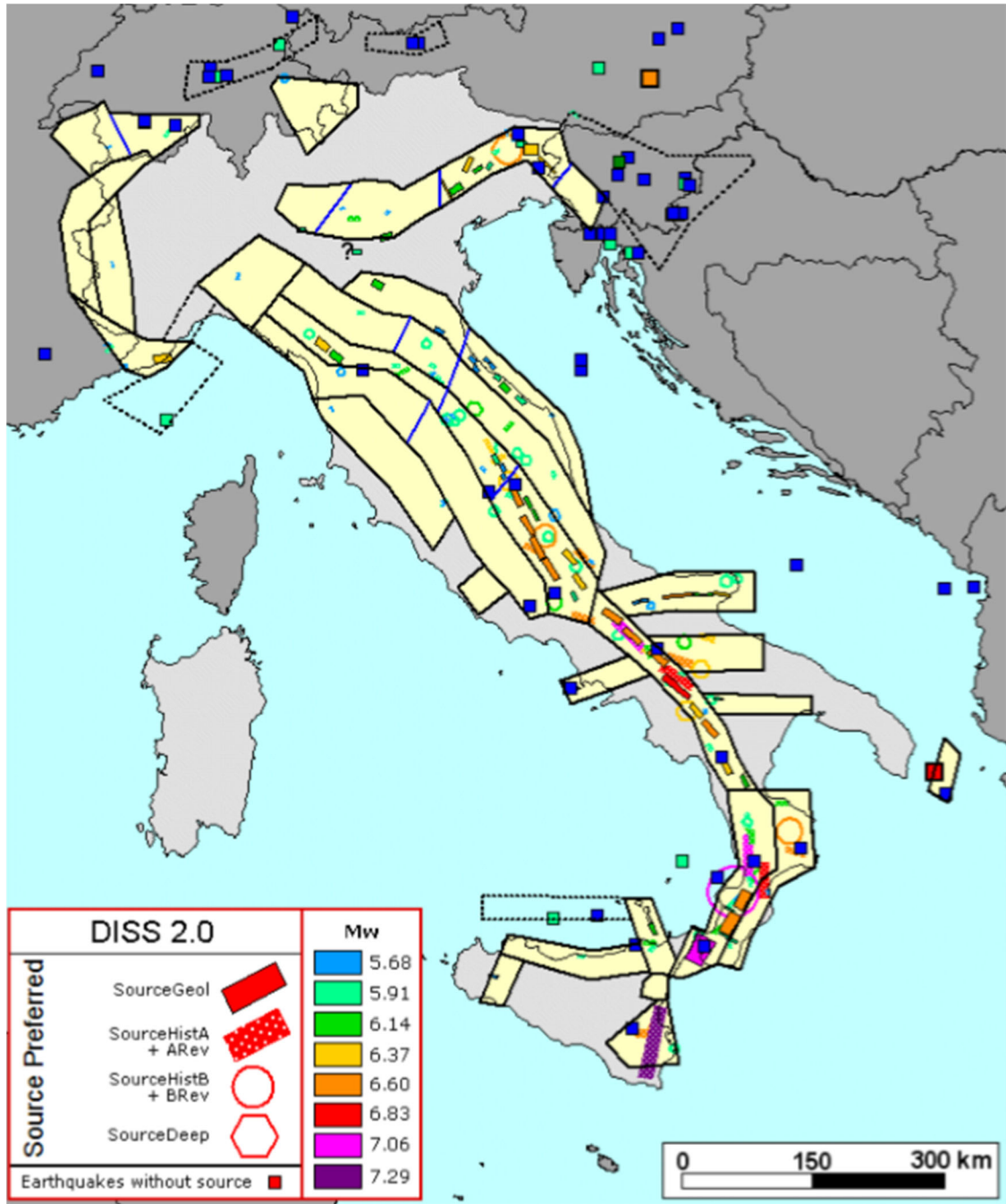


Figura 5-4 Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS 2.0. Ogni sorgente è rappresentata utilizzando una scala cromatica che esprime la magnitudo Mw del terremoto atteso per la sorgente stessa. I simboli quadrati indicano terremoti presenti nel catalogo di riferimento (CPT12) ma non associati ad una specifica sorgente di DISS 2.0. La loro magnitudo viene rappresentata mediante la stessa scala cromatica usata per le sorgenti. Le classi di magnitudo con le quali sono rappresentati i terremoti e le sorgenti sono le stesse utilizzate per il calcolo dei tassi di sismicità.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

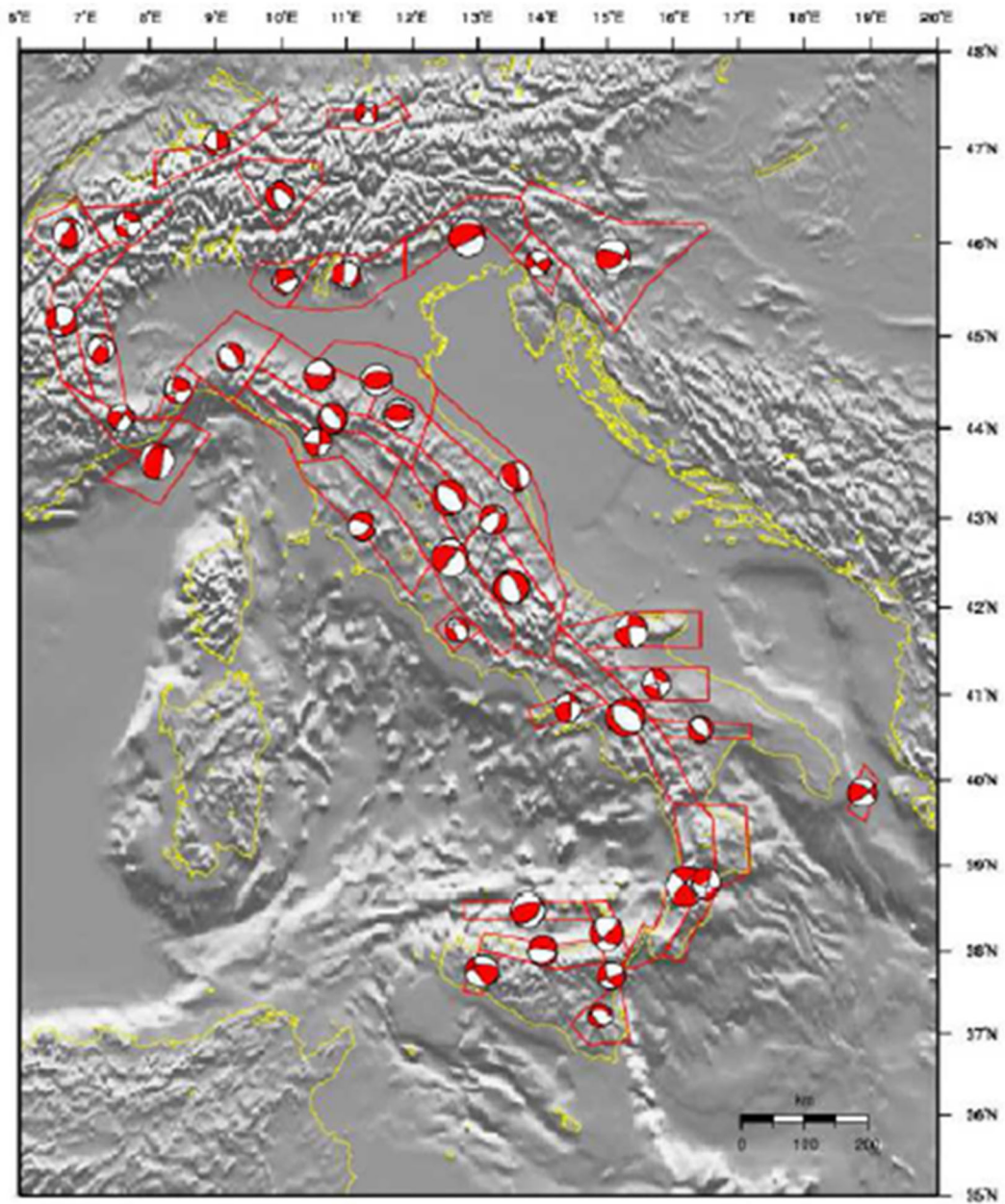


Figura 5-5 Meccanismi focali medi calcolati per tutte le zone sismogenetiche di ZS9 a partire dal database recentemente pubblicato da Vannucci e Gasperini (2003). La dimensione dei simboli è proporzionale al logaritmo del momento sismico complessivo rilasciato all'interno delle singole zone

Dalla consultazione della zonizzazione sismogenetica ZS9, emerge che l'area in esame ricade all'interno della zona sismogenetica 935 che comprende tutto il settore Ibleo, all'interno della quale ricadono eventi di elevata magnitudo, prevalentemente caratterizzati da meccanismi trascorrenti con una componente estensionale di entità variabile.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

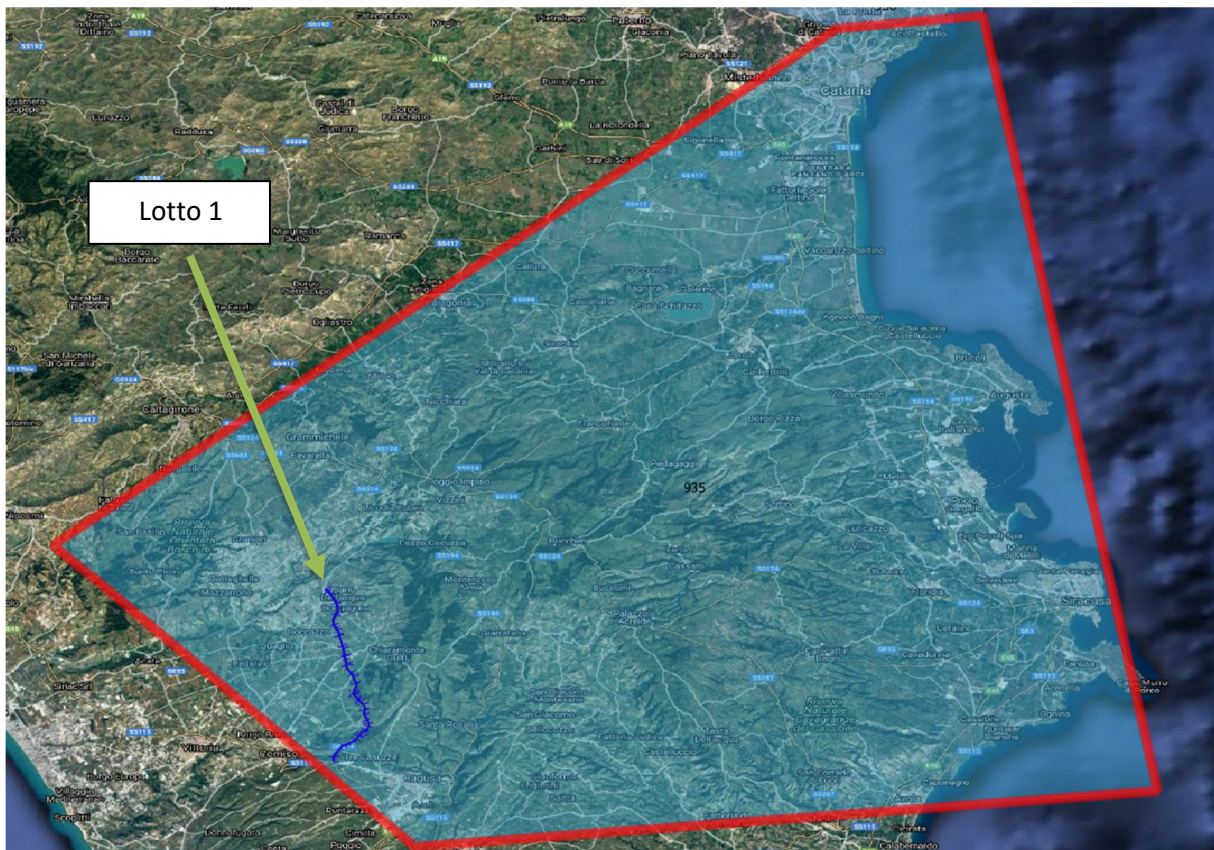


Figura 5-6 Zonazione sismogenetica ZS9 – Zona sismogenetica 935

Dalla consultazione del "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3" dell'INGV si evidenzia la presenza di strutture sismogenetiche composite nell'area di progetto.

Per sorgente sismogenetica composta si intende "una rappresentazione semplificata e tridimensionale di una faglia crostale contenente un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche non individuabili. Le sorgenti sismogenetiche composite non sono associate a un insieme specifico di terremoti o distribuzione sismica."

In particolare, il progetto ricade all'interno della struttura, identificata da DISS3.2.1, come ITCS035 Ragusa-Palagonia. Tale struttura è caratterizzata da una direzione N-S e da magnitudo fino a 5.6 Richter e profondità comprese tra 1 e 23 km, coinvolge la porzione settentrionale della "Scicli Fault Zone" nel Plateau Ibleo per 70 km in direzione N-S, con inflessione sotto i depositi di avampaese di Gela- Catania. I sismi più antichi risalgono a dicembre 1542 (Mw 6.6) e gennaio 1693 (Mw 7.4) e sono correlabili ad una tettonica ancora attiva: sulla base dei dati disponibili, si può affermare che questa regione è tuttora sottoposta a raccorciamento in direzione NNW.

Poco più a sud il database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3.1.1) dell'INGV (INGV, 2015; Basili et al., 2008) individua un altro sistema faglia, considerato attiva dal catalogo, con il nome di ITCS017 Scicli – Giarratana, ed associata a moderata pericolosità, con rilascio di energia massima intorno a M 5.5. Tuttavia, l'aspetto importante tettonico della Faglia di Scicli-Ragusa è che essa interseca depositi carbonatici fino al Miocene superiore e depositi vulcanici datati fino al Pleistocene (Pellegrino et al., 2016).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

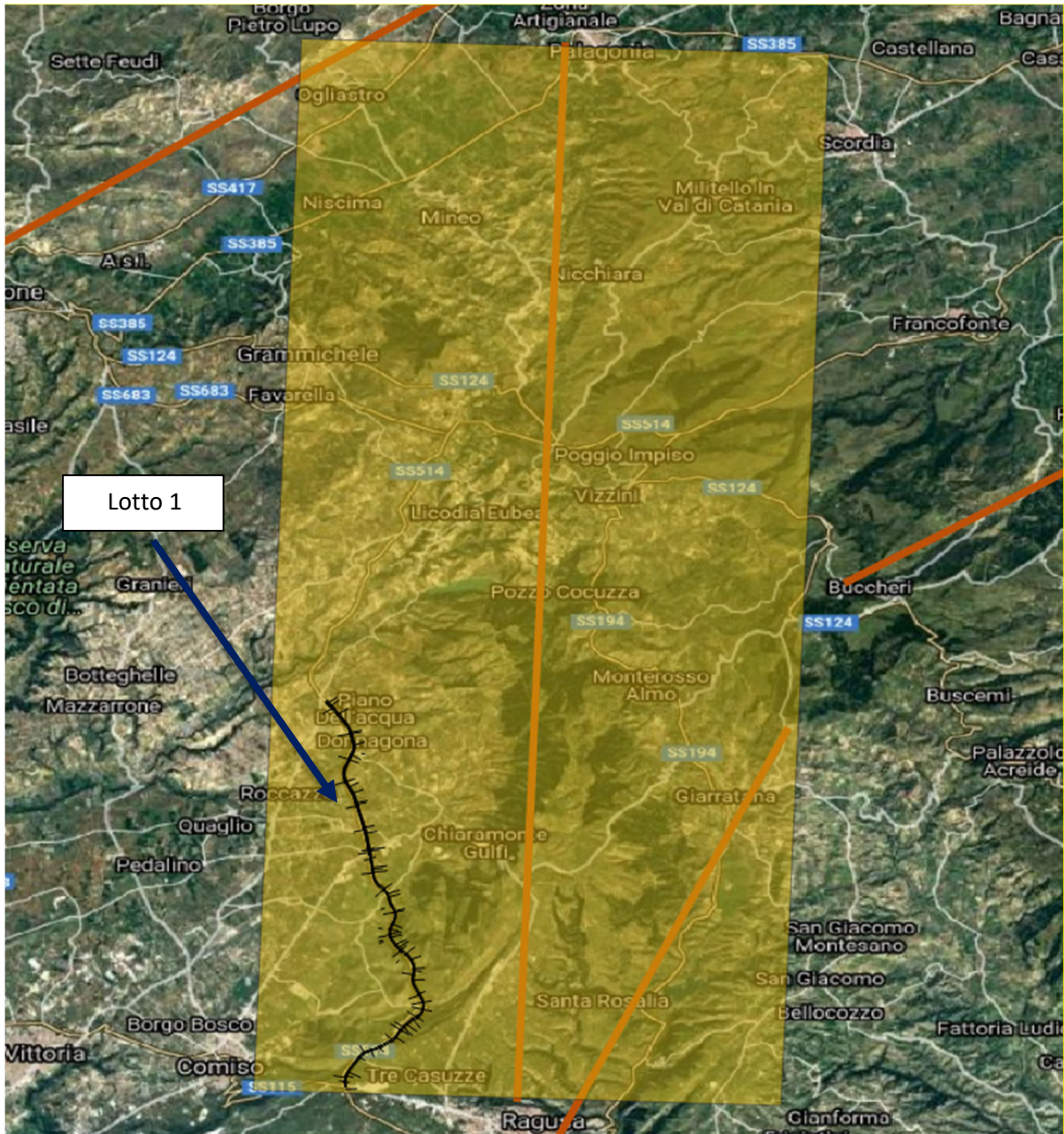


Figura 5-7 Struttura sismogenetica ITCS035 Ragusa Palagonia (DISS 3.2.1)



Figura 5-8 Struttura sismogenetica ITCS017 Scicli Giarratana

Le informazioni disponibili per i terremoti storici, quelle di tipo paleosismologico e quelle geologico-strutturali di un'area permettono di individuare le cosiddette "Faglie Capaci", definite come "faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie". L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo Ithaca (ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019.) riporta nell'area 2 faglie che interferiscono direttamente con il tracciato di progetto:

- la faglia normale "Comiso" - ID 541, ubicata parte meridionale del tracciato, caratterizzata da una direzione media di N230°, con immersione WNW, una lunghezza di circa 31.1km;
- la faglia normale "Lago Dirillo" – ID 1357, ubicata nel settore nord nella parte terminale del tracciato, caratterizzata da una direzione media di N225°, una lunghezza di circa 23.1km

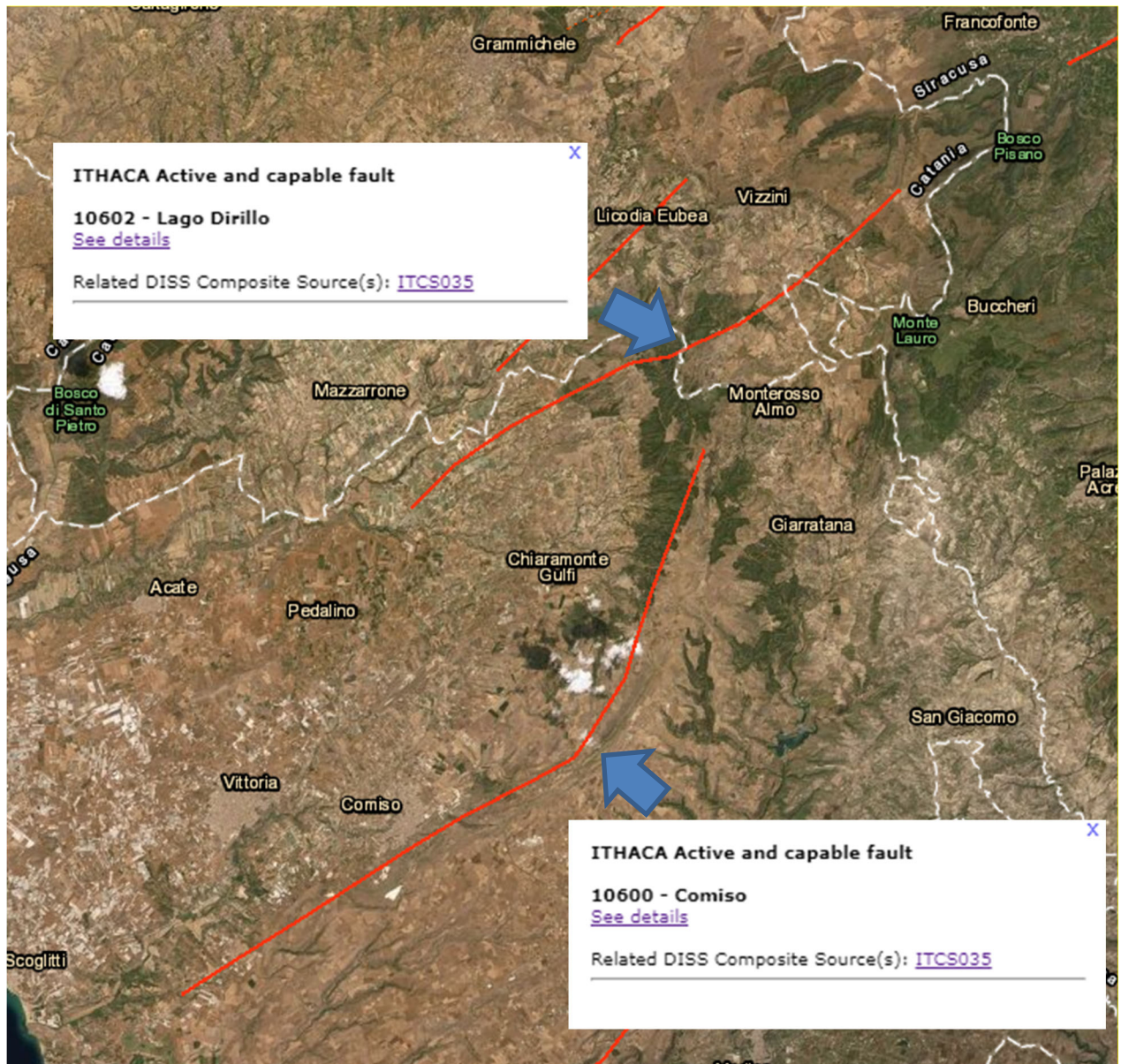


Figura 5-9 Faglie capaci che intersecano il Progetto - ITHACA (Italy HAZARD from Capable faulting) Version December 2019.)

Dal rilievo geologico di dettaglio e da approfondimenti bibliografici la faglia di Comiso risulterebbe avere una componente, oltre che estensionale, anche trascorrente destra, nell'area la direzione è circa N230° con immersione WNW, essa è ubicata esattamente sul margine occidentale del Plateau Ibleo a monte della spalla 1 del Viadotto Vallone delle Coste.

La faglia di Dirillo, che i dati bibliografici indicano come una faglia diretta direzione di immersione incerta, intercetta il progetto in un settore in cui si prevede la realizzazione di modeste trincee e rilevati.

5.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

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

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

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

Gli studi di pericolosità sono utilizzati, tra gli altri, nelle analisi di sito, per localizzare opere critiche dal punto di vista della sicurezza, del rischio o dell'importanza strategica. Valutare la pericolosità significa, in questo caso, stabilire la probabilità di occorrenza di un terremoto di magnitudo (o Pga) superiore al valore di soglia stabilito dagli organi politici/decisionali, portando all'eventuale scelta di aree diverse.

Con l'OPCM n. 3519 del 28.04.2006 è stata approvata la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag max) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec).

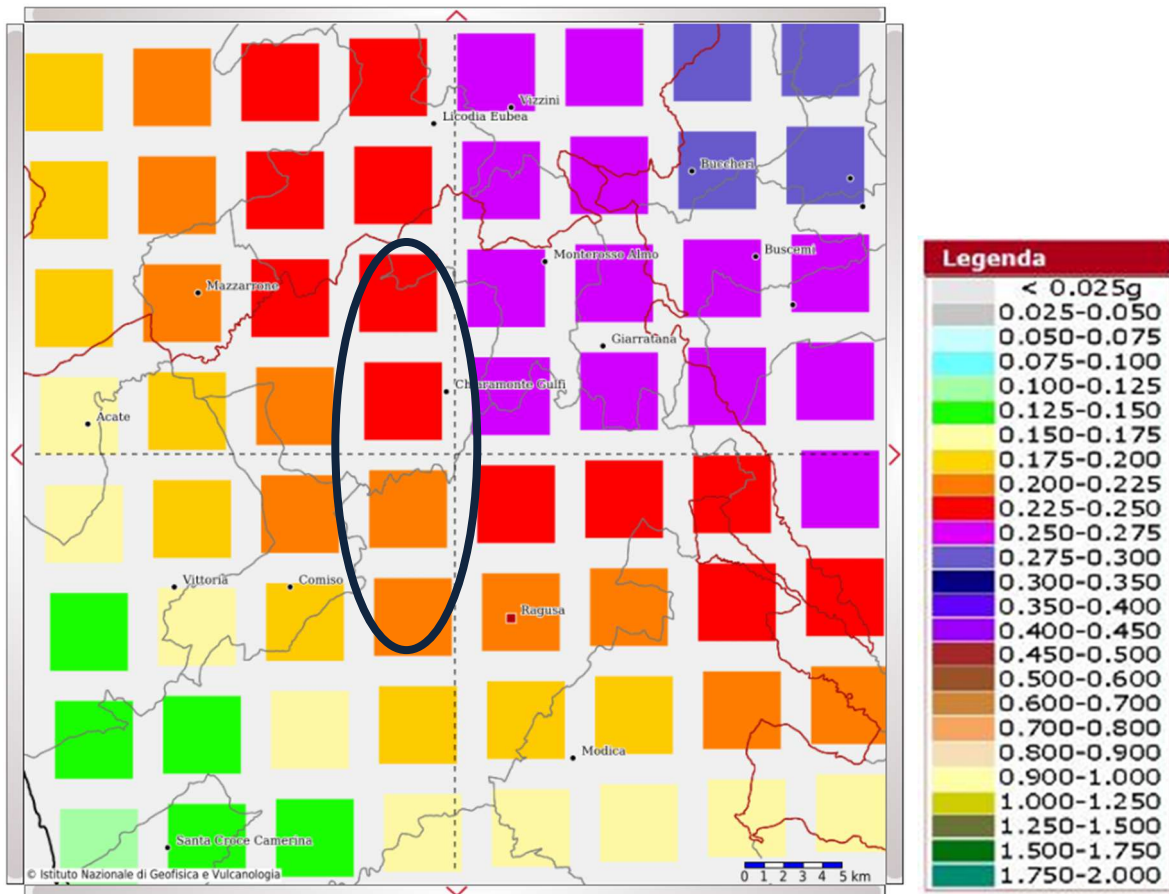


Figura 5-10 Carta della pericolosità sismica nell'area compresa fra i comuni di Ragusa e Chiaromonte Gulfi. Il parametro rappresentato è la PGA (picco di accelerazione del suolo atteso con il 10% di probabilità in 50 anni) ; INGV 2006

Dall'analisi della "Mappa interattiva della pericolosità sismica" del territorio nazionale, edita dall'INGV, si evince, per il territorio comunale di Ragusa e Chiaromonte Gulfi una probabilità pari al 10% di raggiungimento o superamento di un'accelerazione di picco compresa tra 0.200 e 0.250 (g) su terreno rigido nell'intervallo temporale di 50 anni.

Tale classificazione è basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente").

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

sito) viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la classificazione sismica del territorio rimane utile, dal punto amministrativo, per la gestione pianificativa e di controllo dello stesso.

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1 INTERPRETAZIONE INDAGINI SISMICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la Normativa Italiana (NTC2008 – D.M. 14/01/2008), prevede la valutazione della risposta sismica locale mediante specifiche analisi come definite al §7.11.3 del D.M. 14/01/2008, oppure in assenza di tali analisi, attraverso un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo, come riportato nella Tabella 6-1.

Tabella 6-1 Categorie sismiche dei terreni per le quali è utilizzabile la procedura semplificata

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

La categoria viene attribuita in funzione della velocità V_{s30} di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 m di profondità dal piano di imposta della fondazione dell'opera o nel caso di fondazioni su pali dalla testa dei pali. Per queste cinque categorie, le azioni sismiche vengono definite al §3.2.3 del D.M. 14/01/2008.

Inoltre, esistono ulteriori due categorie per le quali non è utilizzabile alcuna procedura semplificata ma è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche. Le due categorie aggiuntive sono descritte nella Tabella 6-2.

Tabella 6-2 Categorie sismiche dei terreni per le quali non è utilizzabile la procedura semplificata

CATEGORIA	DESCRIZIONE
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{Si}}$$

Dove:

- h_i è lo spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

- V_{Si} è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N è il numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità.

6.2 ATTRIBUZIONE DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

L'attribuzione delle categorie di sottosuolo è stata definita in funzione della velocità V_{s30} di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 m di profondità a partire dal piano campagna ricavata dall'esecuzione delle prospezioni sismiche di tipo MASW e Down-Hole. Inoltre, a causa della presenza di numerose possibili classi di suolo di tipo S2, ovvero classi di suolo per le quali non è utilizzabile la procedura semplificata per la classificazione, sono stati utilizzati i metodi contenuti nelle Linee Guida della Protezione Civile "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" per una nuova classificazione. Tale procedura è stata applicata solamente ai terreni attribuiti alla classe S2 per i profili delle V_s con inversioni di velocità.

Nei criteri definiti per la Microzonazione Sismica la presenza di una inversione di velocità nel profilo delle V_s di una successione litostratigrafica si intende realizzata quando un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto $V_{srig}/V_{ssof}>2$ e con le V_s dello strato più rigido maggiore di 500 m/s.

Le indagini eseguite durante la campagna di indagine del progetto definitivo e la relativa categoria sismica sono riportati nella Tabella 6-3 (per le MASW) e nella Tabella 6-4 (per le Down-Hole)

Tabella 6-3 Tabella riassuntiva delle MASW eseguite e categoria sismica secondo le NTC/08 e le Linee guida della Protezione Civile "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"

IDENTIFICATIVO	Lotto	V_{s30} (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
M001	L1 (ex L1 PD)	1047	A	A
M001bis	L1 (ex L1 PD)	974	A	A
M002	L1 (ex L1 PD)	437	B	B
M002bis	L1 (ex L1 PD)	743	B	B
M003	L1 (ex L1 PD)	524	S2	B
M004	L1 (ex L1 PD)	731	S2	B
M005	L1 (ex L1 PD)	682	B	B
M005bis	L1 (ex L1 PD)	704	S2	B
M006	L1 (ex L1 PD)	774	S2	B
M008	L1 (ex L1 PD)	885	A	A
M009	L1 (ex L1 PD)	461	B	B
M010	L1 (ex L1 PD)	603	S2	B
M011	L1 (ex L1 PD)	593	B	B
M012	L1 (ex L1 PD)	391	S2	S2
M013	L1 (ex L1 PD)	720	B	B
M014	L1 (ex L2 PD)	358	S2	S2

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
M014bis	L1 (ex L2 PD)	391	B	B
M015	L1 (ex L2 PD)	1077	A	A
M015bis	L1 (ex L2 PD)	498	S2	S2

Tabella 6-4 Tabella riassuntiva delle Down-Hole eseguite e categoria sismica secondo le NTC/08 e le Linee guida della Protezione Civile "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
S005	L1 (ex L1 PD)	718	S2	B
S011	L1 (ex L1 PD)	619	B	B
S012	L1 (ex L1 PD)	716	S2	S2
S015	L1 (ex L1 PD)	752	S2	S2
S034	L1 (ex L1 PD)	818	A	A
S036	L1 (ex L1 PD)	430	E	B
S041	L1 (ex L1 PD)	841	A	A
S044	L1 (ex L2 PD)	430	S2	S2
S051	L1 (ex L2 PD)	453	S2	S2
S059	L1 (ex L2 PD)	414	S2	S2
S063	L1 (ex L2 PD)	402	B	B

Nel corso della campagna di indagini del progetto esecutivo sono stata effettuate due nuove indagini sismiche di tipo Down-Hole.

Poiché i certificati delle nuove indagini riportano l'interpretazione delle prove sismiche ai sensi del D.M 17/01/2018, le prove sono state reinterpretate secondo le indicazioni del D.M. 14/01/2008.

Nella tabella seguente si riportano le Vs30 e le categorie di sottosuolo di riferimento.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 6-5 Tabella riassuntiva delle Down-Hole eseguite nella campagna del progetto esecutivo e categoria sismica secondo le NTC/08 e le Linee guida della Protezione Civile "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
SE04DH	L1 (PE)	392	S2	S2
SE08DH	L1 (PE)	542	S2	S2

6.3 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la Normativa Italiana (NTC2008 – D.M. 14/01/2008) prevede che vengano presi in considerazione gli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. Per tener conto di tali effetti di sito, nei casi in cui il sottosuolo può essere classificato secondo un approccio semplificato e in mancanza di indagini accurate che permettano la definizione di un modello di sottosuolo per la realizzazione di più rigorose analisi di risposta sismica locale, la norma prescrive che la forma spettrale su suolo elastico di categoria A venga modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_c , che modifica il valore del periodo T_c .

Nella Tabella 6-6 vengono riportate le espressioni per la determinazione dei coefficienti S_s e C_c

Tabella 6-6 Valori dei coefficienti S_s e C_c per ciascuna categoria di sottosuolo

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.0	1.0
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	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Nella Tabella 6-7 sono riportate le categorie topografiche, mentre nella Tabella 6-8 i valori del coefficiente topografico S_T in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 6-7 Categorie topografiche

CATEGORIA DI TOPOGRAFICA	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 $i > 30^\circ$

Tabella 6-8 Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (la variazione spaziale di S_T è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo dalla sommità fino alla base dove $S_T=1.0$)

CATEGORIA DI TOPOGRAFICA	UBICAZIONE DELL'OPERA	S_T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Nella Tabella 6-9 vengono riportate le categorie di sottosuolo di fondazione in funzione della progressiva chilometrica, mentre nella Tabella 6-10 vengono riportate le categorie topografiche in funzione della progressiva chilometrica.

Tabella 6-9 Tabella riassuntiva categorie di sottosuolo lotto 1

Lotto 1 (ex L1 e L2 PD)		
Da km	A km	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
0+000	1+125	A
1+300	1+540	RSL
1+125	3+875	B
3+875	4+800	RSL
4+800	6+160	B
6+160	6+400	A
6+400	8+775	B
8+775	8+985	A
8+985	9+260	B
9+260	9+675	RSL
9+675	10+070	B
10+070	10+380	A
10+380	13+700	RSL
13+700	14+780	B
14+780	15+130	A

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

15+130	15+675	B
15+675	16+650	RSL
16+650	17+210	B
17+210	17+911	RSL

Nei tratti omogenei in cui è stato possibile attribuire chiaramente la categoria di sottosuolo è stato utilizzato l'approccio semplificato prescritto dal D.M. 14/01/2008, in tutti gli altri casi si prevedono analisi più rigorose di risposta sismica locale.

Tabella 6-10 Tabella riassuntiva categorie topografiche lotto 1

Lotto 1 (ex L1 e L2 PD)		
Da km	A km	CATEGORIA TOPOGRAFICA
0+000	1+025	T1
1+025	1+550	T2
1+550	5+900	T1
5+900	6+225	T2
6+225	7+250	T1
7+250	7+800	T2
7+800	17+911	T1

6.4 PARAMETRI SISMICI

Le forme spettrali, così come prescritto al §3.2 del D.M. 14/01/2008, sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione spettrale orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

6.5 AZIONI SISMICHE - CAVALCAVIA

Nelle tabelle successive vengono riportati in dettaglio i parametri sismici per la definizione dell'azione sismica di progetto e i parametri per la definizione degli spettri orizzontali elastici riguardanti i cavalcavia presenti nell'ex lotto 1 e per i quali non è risultato necessario effettuare la risposta sismica locale.

I valori di a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno stato limite, che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione $S_e(T)$ dai quali viene ricavato lo spettro di progetto $S_d(T)$, sono stati ricavati con il programma "Spettri-NTC.ver.1.03" realizzato dal Ministero delle Infrastrutture – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

6.5.1 CAVALCAVIA pk 3+005 (pk 3+005 ex L1 PD)

Latitudine: 36.959319;
Longitudine: 14.669724;
Categoria topografica: T1
Categoria di sottosuolo: B

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 6-11 Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [sec]
SLO	0.057	2.506	0.268
SLD	0.081	2.456	0.287
SLV	0.301	2.361	0.454
SLC	0.433	2.345	0.515

Tabella 6-12 Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

STATO LIMITE	S_S	S_T	S	C_c	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
SLO	1.200	1	1.200	1.431	0.128	0.384	1.830
SLD	1.200	1	1.200	1.412	0.135	0.405	1.923
SLV	1.116	1	1.116	1.288	0.195	0.585	2.803
SLC	1.000	1	1.000	1.256	0.216	0.647	3.332

6.5.2 CAVALCAVIA pk 5+204 (pk 5+204 ex L1 PD)

Latitudine: 36.975768;
Longitudine: 14.67698;
Categoria topografica: T1
Categoria di sottosuolo: B

Tabella 6-13 Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [sec]
SLO	0.060	2.504	0.269
SLD	0.085	2.436	0.286
SLV	0.312	2.360	0.455
SLC	0.449	2.344	0.518

Tabella 6-14 Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

STATO LIMITE	S_S	S_T	S	C_c	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
SLO	1.200	1	1.200	1.430	0.128	0.385	1.838
SLD	1.200	1	1.200	1.413	0.135	0.404	1.938
SLV	1.105	1	1.105	1.287	0.195	0.586	2.849
SLC	1.000	1	1.000	1.255	0.216	0.649	3.397

7 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

In condizioni sismiche, il termine "liquefazione" comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza a taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Al §7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008 vengono elencati cinque criteri di riferimento per l'esclusione della verifica a liquefazione, i quali vengono di seguito elencati:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{C1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{C1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente nel caso, rispettivamente, di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ (Figura 7-1) e $U_c > 3,5$ (Figura 7-2).

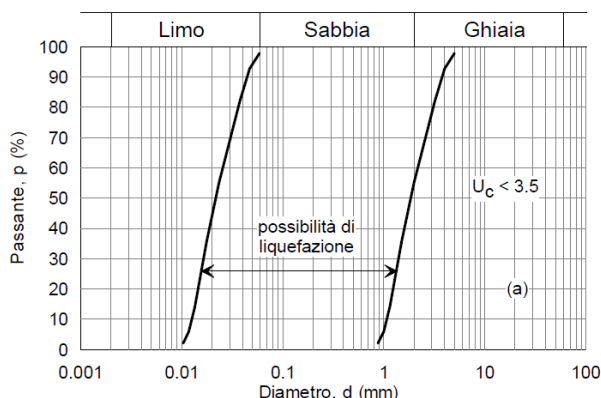


Figura 7-1 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione $U_c < 3.5$

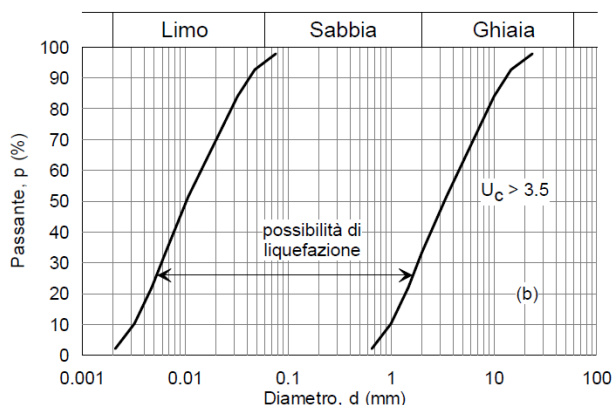


Figura 7-2 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione $U_c > 3.5$

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Di seguito vengono elencati per formazione i motivi di esclusione:

- Mcm: terreni prevalentemente calcarenitici con elevata componente litoide e componente sciolta costituita da calcareniti molto alterate e marne argillose e argille marnose non suscettibili a liquefazione;
- Mc: terreni prevalentemente calcarenitici con elevata componente litoide e componente sciolta costituita da calcareniti fratturate e argille marnose non suscettibili a liquefazione;
- Ocm: terreni prevalentemente calcarenitici con elevata componente litoide e componente sciolta costituita da argille più o meno marnose e calcareniti fratturate e/o alterate non suscettibili a liquefazione;
- Qm: terreni costituiti da limi e argille lacustri con livelli torbosi e livelli di sabbie, ghiaie e silt travertinosi non suscettibili a liquefazione. In corrispondenza del sondaggio S048p è presente uno stato di sabbia limosa in condizioni sature caratterizzato da una granulometria che ricade all'interno dei fusi dei terreni suscettibili a liquefazione. In mancanza di prove in sito si prescrive di trascurare, in tale strato, la resistenza laterale dei pali di fondazione dell'attraversamento idraulico in corrispondenza del sondaggio;
- Conoide: terreni ghiaioso-limosi non suscettibili a liquefazione;
- Qcs: terreni prevalentemente sabbioso ghiaiosi. La profondità media stagionale della falda, in presenza di piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali, è superiore a 15 m da p.c.; pertanto la verifica a liquefazione è stata omessa secondo quanto riportato al § 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008;
- ar, P, dt, Ql e R (ex L1 PD): terreni presenti al di sopra del livello della falda, pertanto non suscettibili a liquefazione;
- ar (ex L2 PD): terreni incoerenti costituiti da ghiaia in matrice sabbioso-limosa presenti al di sopra del livello della falda, pertanto non suscettibili a liquefazione.

Sulla base di tale analisi si può affermare che i depositi del lotto 1 risultano stabili nei confronti della liquefazione ad eccezione dello strato di sabbia limosa in corrispondenza del sondaggio S048p, per il quale si prevedono opportuni accorgimenti tecnici.

8 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

Le analisi di risposta sismica locale (RSL) sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo che simulano la propagazione delle onde sismiche all'interno di un deposito di terreno, dalla sottostante formazione rocciosa (bedrock) fino in superficie. L'analisi consente la valutazione del moto sismico cosiddetto "freefield" (condizioni di "campo libero", ovvero in assenza di manufatti) definito fino all'effettivo piano di posa delle fondazioni delle opere in questione, considerando il reale sottosuolo presente al di sotto di esse. In particolare, attraverso le analisi RSL è possibile calcolare lo spettro di risposta delle accelerazioni orizzontali.

Per i casi in esame sono state condotte delle analisi con riferimento ad una geometria monodimensionale, che consente la valutazione degli effetti di amplificazione stratigrafica. Per quanto riguarda gli effetti di amplificazione topografica, si ritengono applicabili i coefficienti proposti dal D.M. 14/01/2008.

Le analisi di RSL sono state eseguite con i codici di calcolo STRATA v0.7.0 e Deepsoil v6.1 secondo le indicazioni riportate al §7.11.3.1 del D.M. 14/01/2008. In particolare, si è adottato l'approccio lineare equivalente, utilizzando un modello costitutivo visco-elastico lineare.

8.1 VIADOTTO VALLONE DELLE COSTE

8.1.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione locale

Per effettuare le analisi di risposta sismica locale è necessario individuare almeno 7 accelerogrammi di riferimento compatibili con lo spettro di risposta elastico per il sito di riferimento. In particolare, gli accelerogrammi devono rispettare le indicazioni di compatibilità indicate al §3.2.3.6 del D.M. 14/01/2008 e al §3.2.3.6 nella Circolare n. 617 del 2/02/2009.

Per la definizione dello spettro di risposta elastico è necessario definire alcuni parametri tra cui:

- le coordinate del sito;
- il periodo di riferimento V_R ;
- lo stato limite di progetto di riferimento.

Le coordinate del sito sono state ottenute dal sito internet <https://www.google.com/intl/it/earth/> (Figura 8-1)

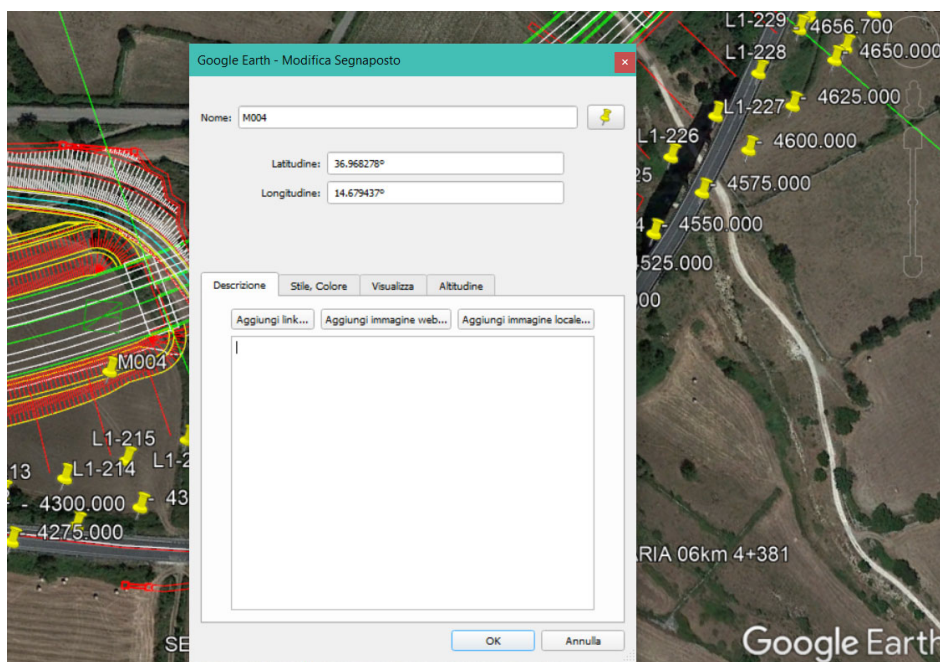


Figura 8-1 Individuazione coordinate del sito

Così come definito nel Paragrafo 4, per il dimensionamento dell'opera sono stati assunti i seguenti parametri:

- $V_N = 50$ anni;
- Classe d'uso IV ($C_u = 2$)
- Periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_u = (50 \text{ anni}) \times 2 = 100$ anni

Gli stati limite di riferimento per le seguenti analisi sono lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e lo Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC)

8.1.1.1 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLV

L'estrazione degli accelerogrammi di input spettro-compatibili prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre a quelli precedentemente definiti. In particolare, devono essere selezionati i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla Figura 8-2 e alla Figura 8-3, sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=7,5$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=30$ km;

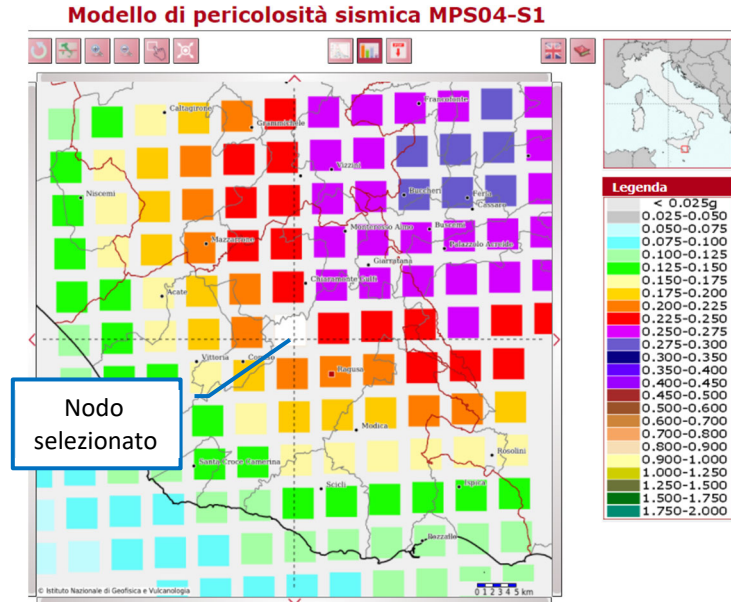


Figura 8-2 Grafico di disaggregazione M-R

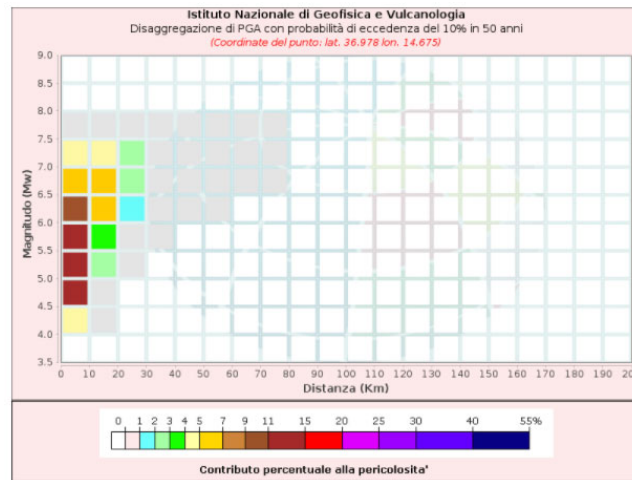


Figura 8-3 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 36.978 lon. 14.675)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	4.4800	13.3000	14.4000	13.1000	10.1000	6.8200	4.0900	0.5690	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.1050	0.9190	2.3800	3.9900	5.1300	5.2900	4.5000	0.7530	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.1060	0.6090	1.3300	2.0100	2.3800	0.4770	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0359	0.2610	0.5860	0.9040	0.2090	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0413	0.2040	0.4110	0.1070	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0626	0.1850	0.0536	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0375	0.0123	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0070	0.0027	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.92	9.42	0.574

Figura 8-4 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

8.1.1.2 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLV

La determinazione dei parametri sopra riportati permette di eseguire la procedura di estrazione degli accelerogrammi di input. Nel caso in esame si utilizza il software Rexel 3.5 sviluppato da Iervolino et (2008) in ambiente Matlab e Fortran presso il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

Il software permette l'estrazione di accelerogrammi di input per applicazioni ingegneristiche, derivati da registrazioni di eventi naturali e da più banche dati.

Si riporta in Figura 8-5 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

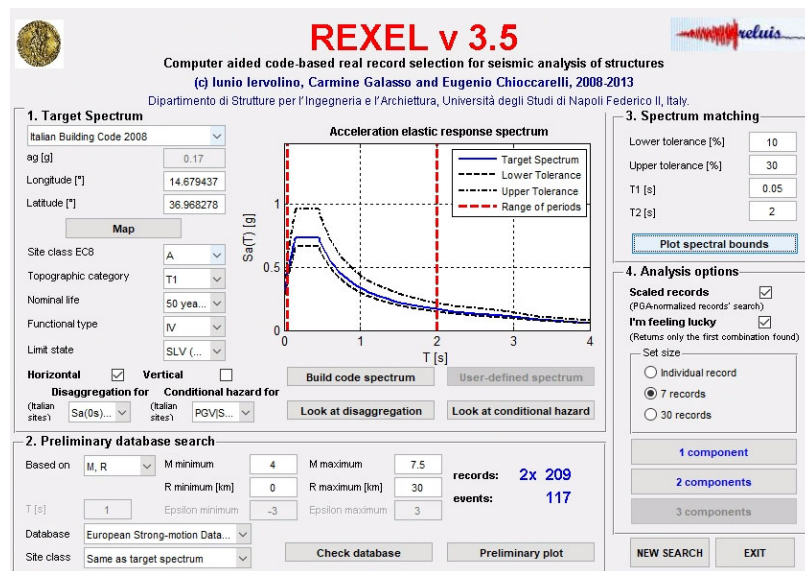


Figura 8-5 Stralcio della schermata di Rexel

Si riporta nella Tabella 8-1 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-1 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA_X [m/s ²]	PGA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
6333	2142	ST2487	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	28	0.1994	0.2743	0.0428	0.0673	4.5627	4.465	0.8705	1.1298	A
642	292	ST225	mbria Marche (aftershock)	14/10/1997	5.6	normal	23	0.524	0.618	0.0507	0.0522	7.2443	7.7156	0.6076	0.64572	A
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.795	0.6554	1.162	A
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3	oblique	12	3.316	3.7789	0.1768	0.2457	17.1433	10.834	0.6773	0.65682	A
198	93	ST64	Montenegro	15/04/1979	6.9	thrust	21	1.7743	2.1985	0.1705	0.2591	13.0429	8.1574	0.5081	0.93423	A
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	5	3.1176	3.3109	0.6122	0.2377	4.0709	9.8457	0.7955	0.58565	A
287	146	ST93	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	23	1.3633	1.7756	0.2056	0.3044	8.3027	5.2472	1.1519	0.75153	A

Si riporta nella Figura 8-6 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

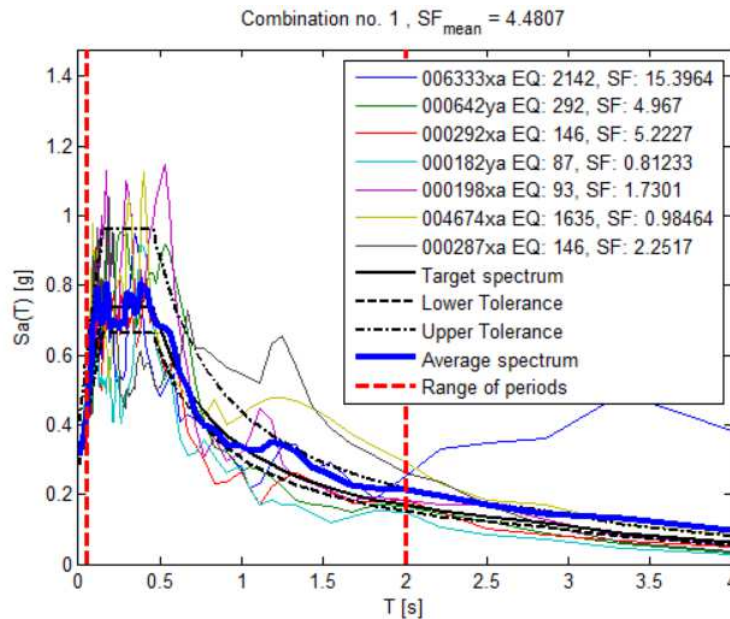


Figura 8-6 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (da Figura 8-7 a Figura 8-13):

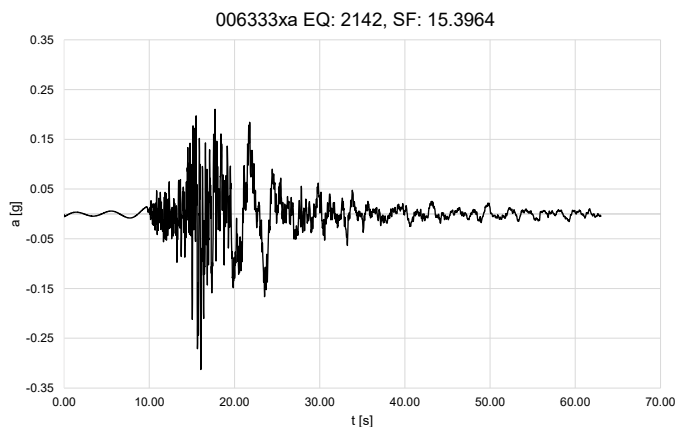


Figura 8-7 Accelerogramma 1 (006333)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

000642ya EQ: 292, SF: 4.967

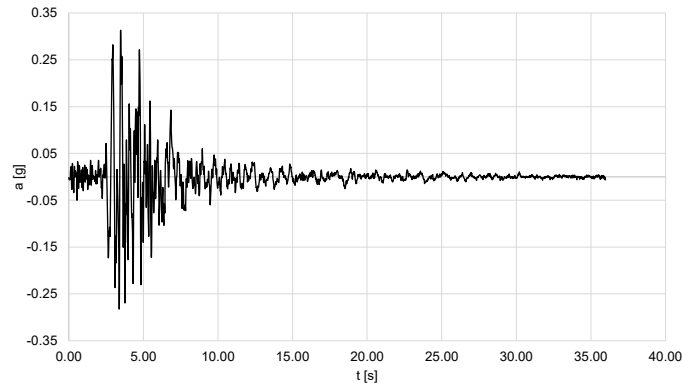


Figura 8-8 Accelerogramma 2 (000642ya)

000292xa EQ: 146, SF: 5.2227

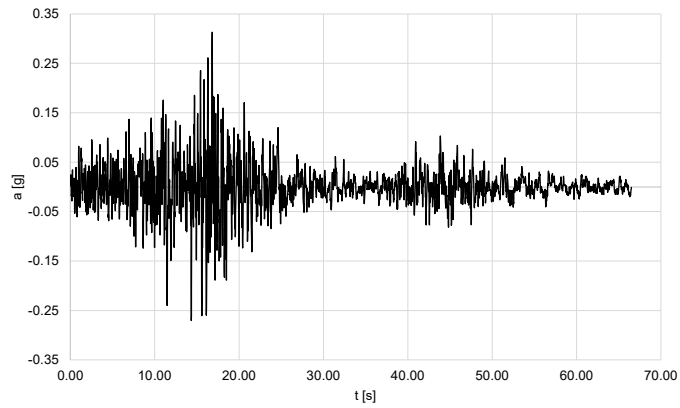


Figura 8-9 Accelerogramma 3 (000292xa)

000182ya EQ: 87, SF: 0.81233

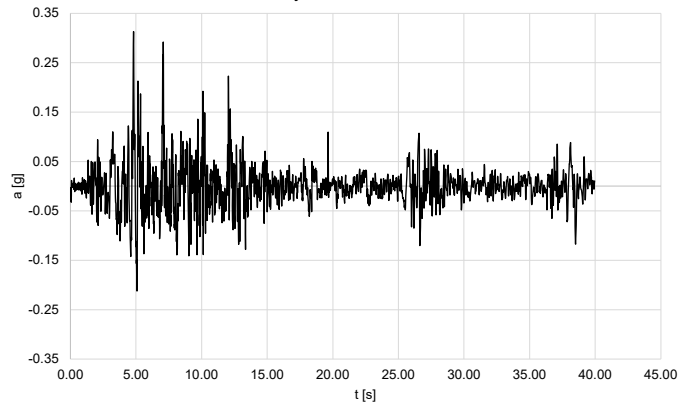


Figura 8-10 Accelerogramma 4 (000182ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

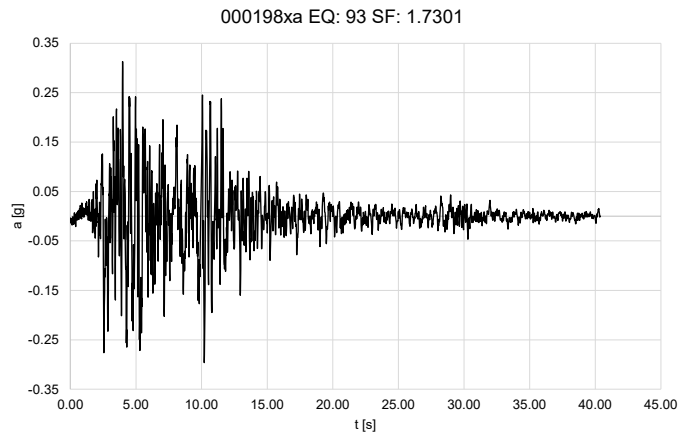


Figura 8-11 Accelerogramma 5 (000198xa)

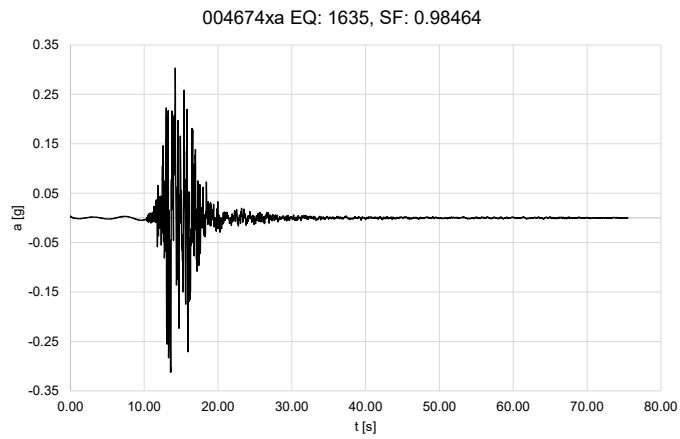


Figura 8-12 Accelerogramma 6 (004674xa)

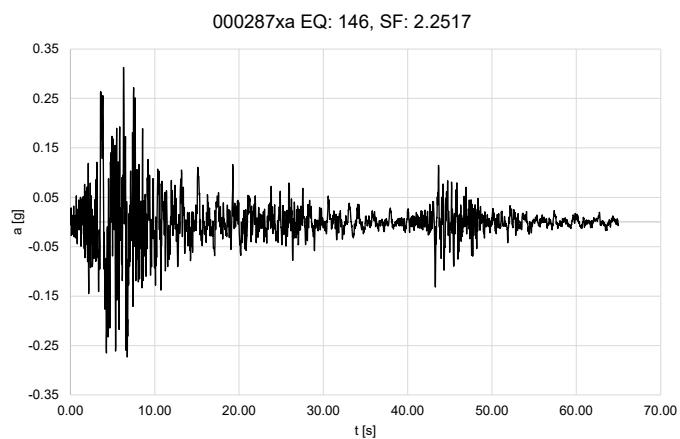


Figura 8-13 Accelerogramma 7 (000287xa)

8.1.1.3 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLC

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gjs.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla Figura 8-14 e alla Figura 8-15 Figura 8-3, sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=8$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=30$ km;

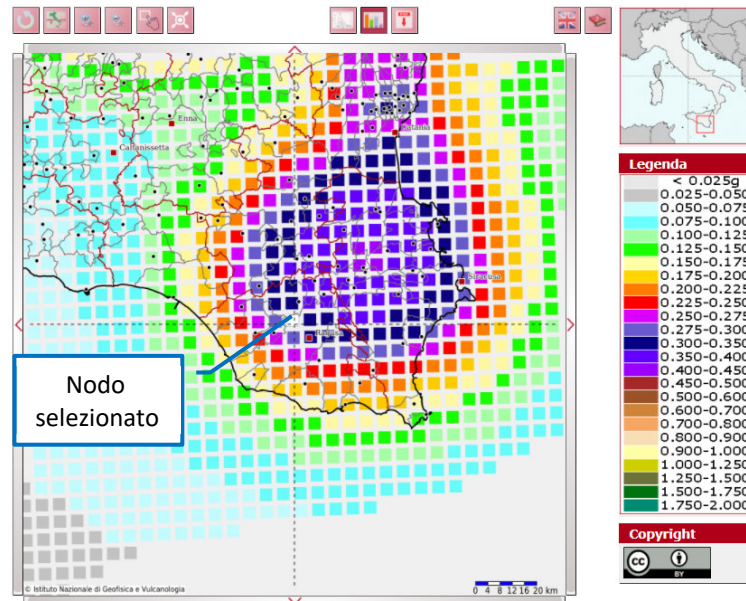


Figura 8-14 Grafico di disaggregazione M-R

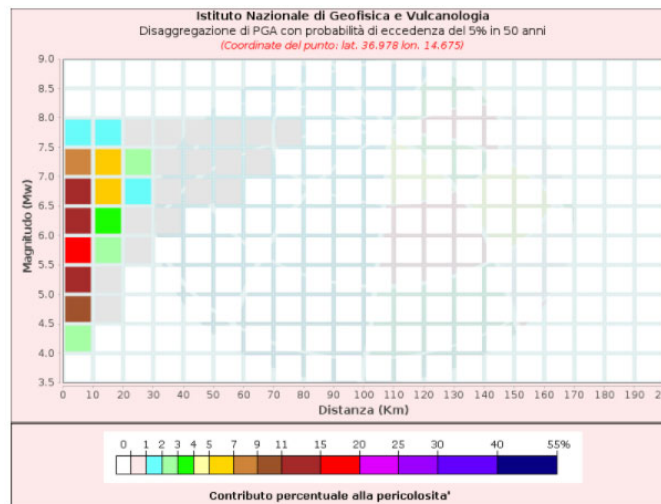


Figura 8-15 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 36.978 lon. 14.675)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	2.7200	9.9100	13.6000	15.1000	14.1000	11.1000	7.6100	1.1400	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0923	0.8010	2.2600	3.9600	5.2600	5.5900	1.0600	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0733	0.5450	1.2800	2.0300	0.4730	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0228	0.2320	0.5650	0.1560	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0288	0.1860	0.0621	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0509	0.0239	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0038	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.11	7.7	0.77

Figura 8-16 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni

8.1.1.4 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLC

Si riporta in Figura 8-17 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

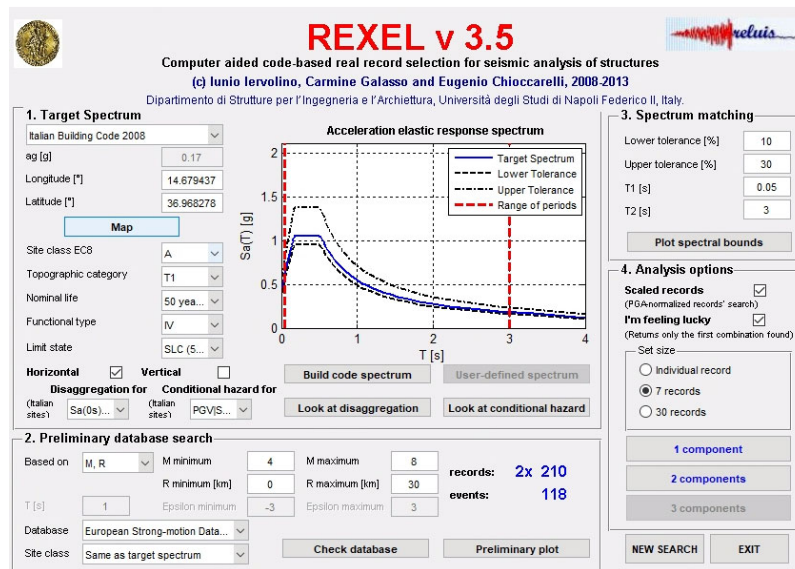


Figura 8-17 Stralcio della schermata di Roxel

Si riporta nella Tabella 8-2 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-2 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA_X [m/s ²]	PGA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
642	292	ST225	ria Marche (aftersh)	14/10/1997	5.6	normal	23	0.524	0.618	0.0507	0.0522	7.2443	7.156	0.60762	0.64572	A
6331	2142	ST2486	th Iceland (aftersh)	21/06/2000	6.4	strike slip	22	0.513	0.386	0.0572	0.0397	6.5052	7.101	1.0681	0.76636	A
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.7949	0.65537	1.162	A
6335	2142	ST2557	th Iceland (aftersh)	21/06/2000	6.4	strike slip	15	1.2481	1.1322	0.1659	0.1083	6.4075	7.0906	0.78039	0.61902	A
6349	2142	ST2558	th Iceland (aftersh)	21/06/2000	6.4	strike slip	5	7.2947	8.218	0.4557	0.9202	3.1036	2.2626	0.61082	0.66152	A
6326	2142	ST2496	th Iceland (aftersh)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	1.7476	1.1423	0.0966	0.1765	4.2231	5.5569	0.50963	0.59964	A
1231	472	ST575	Izmit	17/08/1999	7.6	strike slip	9	1.5764	2.1922	0.1901	0.2664	14.5853	9.8068	0.76365	0.99499	A

Si riporta nella Figura 8-18 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

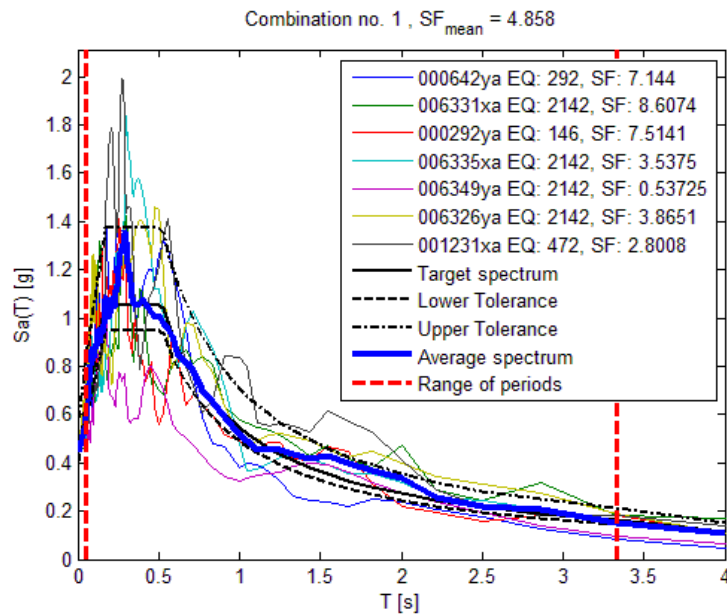


Figura 8-18 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (da Figura 8-19 a Figura 8-25):

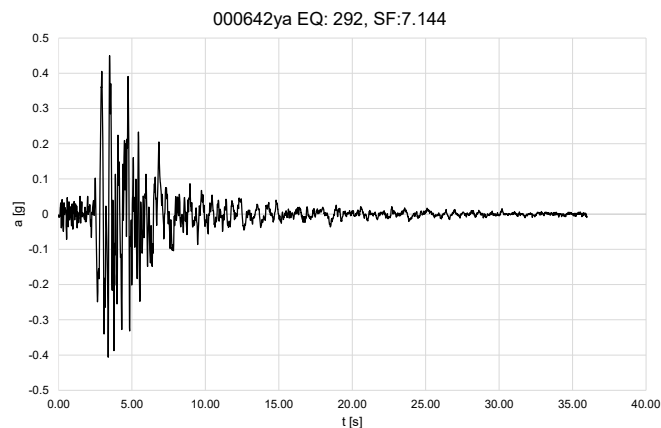


Figura 8-19 Accelerogramma 1 (000642ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

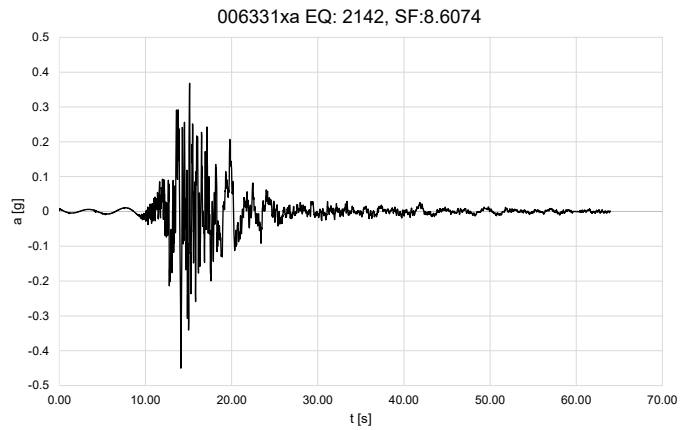


Figura 8-20 Accelerogramma 2 (006331xa)

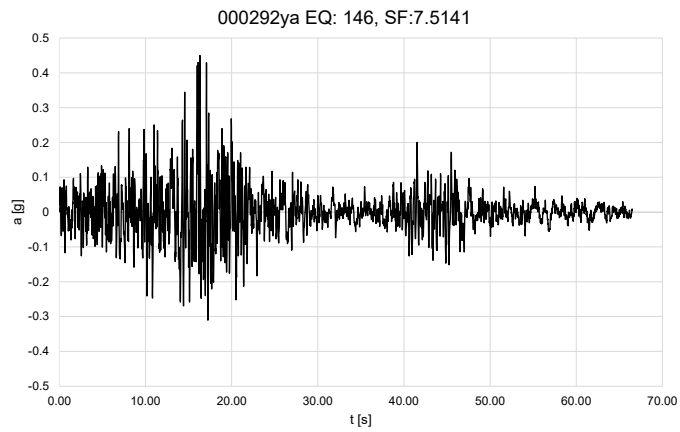


Figura 8-21 Accelerogramma 3 (000292ya)

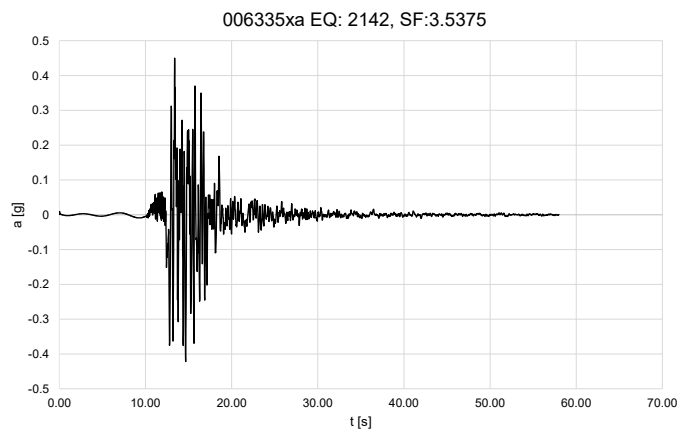


Figura 8-22 Accelerogramma 4 (006335xa)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

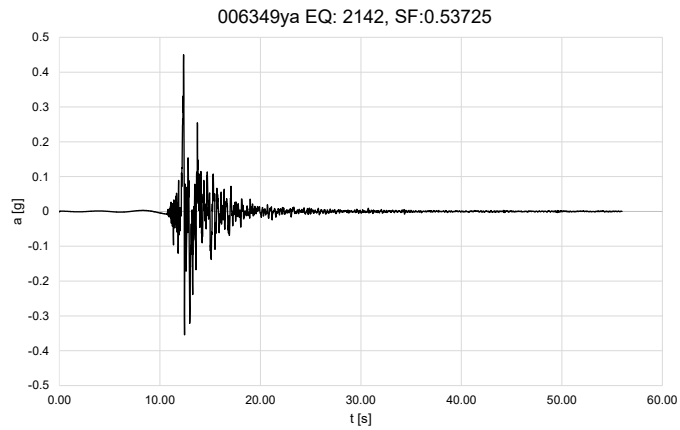


Figura 8-23 Accelerogramma 5 (006349ya)

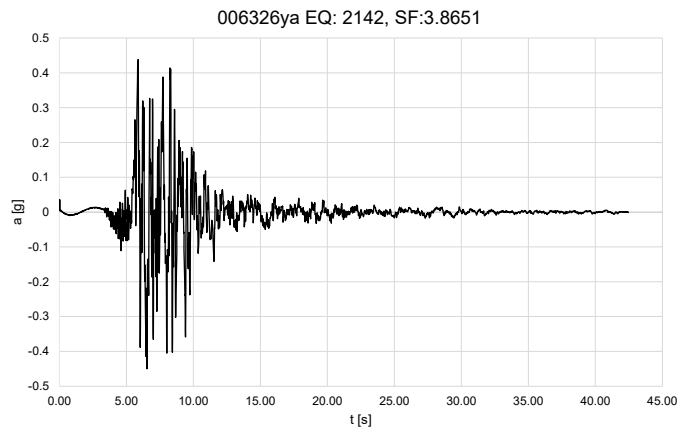


Figura 8-24 Accelerogramma 6 (006326ya)

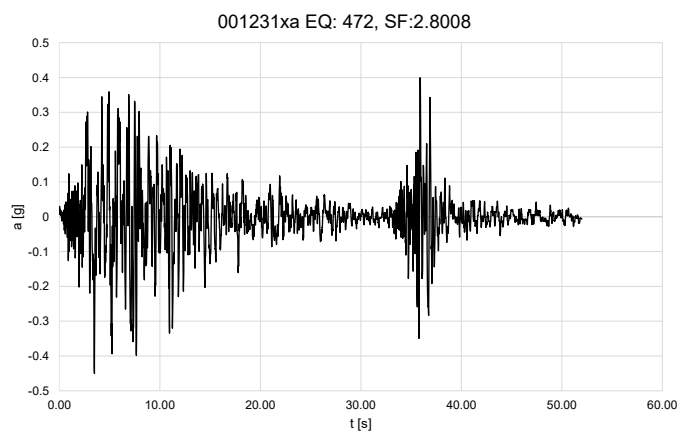


Figura 8-25 Accelerogramma 7 (001231xa)

8.1.2 Caratterizzazione sismica

Con riferimento a quanto riportato al §7.11.13 del D.M. 14/01/2008, le indagini geotecniche volte all'analisi di risposta sismica locale, a rigore, devono consentire la definizione delle condizioni sismo-stratigrafiche di sottosuolo, le proprietà fisiche e meccaniche degli strati del terreno e la profondità del substrato rigido.

A tal fine vengono prese in considerazione le seguenti indagini ubicate in prossimità dell'opera:

- n.4 sondaggi (S013p e S014p – campagna 2012-2013, S015d-DH – campagna 2012-2013, SE08 campagna 2021)
- n.2 prova Down-Hole eseguite rispettivamente nel foro S015d-DH – campagna 2012-2013 e SE08 – campagna 2021;
- n.3 stendimenti di sismica a rifrazione (BS09, BS10 e BS11 – campagna 2012-2013)
- n.1 indagine geofisica tipo MASW (M004 – campagna 2012-2013).

La Figura 8-26 mostra uno stralcio della planimetria delle indagini geognostiche eseguite nell'area oggetto di studio.

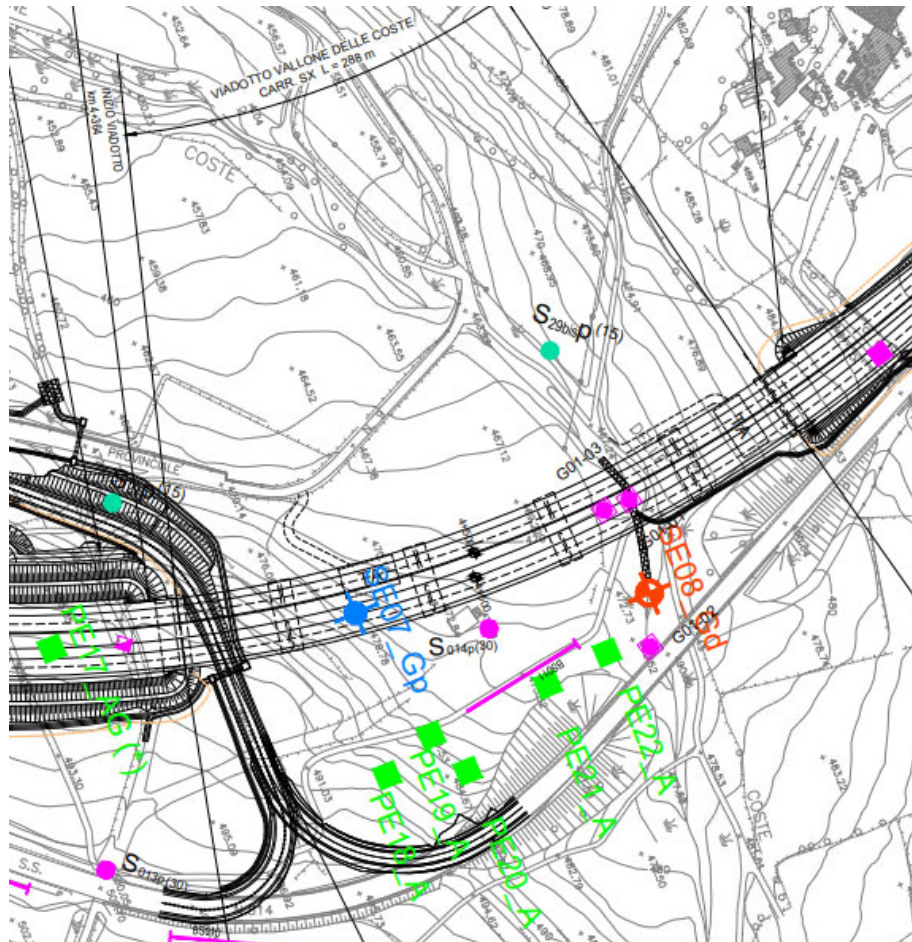


Figura 8-26 Stralcio della planimetria delle indagini per il sito di studio

Mentre, nella Figura 8-27 è presente uno stralcio del profilo geologico. Come si può osservare la stratigrafia lungo il viadotto risulta essere variabile. Nel seguito verranno quindi effettuate due analisi di risposta sismica locale. La prima in corrispondenza della MASW M004, in prossimità della spalla SP1, la seconda in corrispondenza del sondaggio S015d, in prossimità della spalla SP2.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

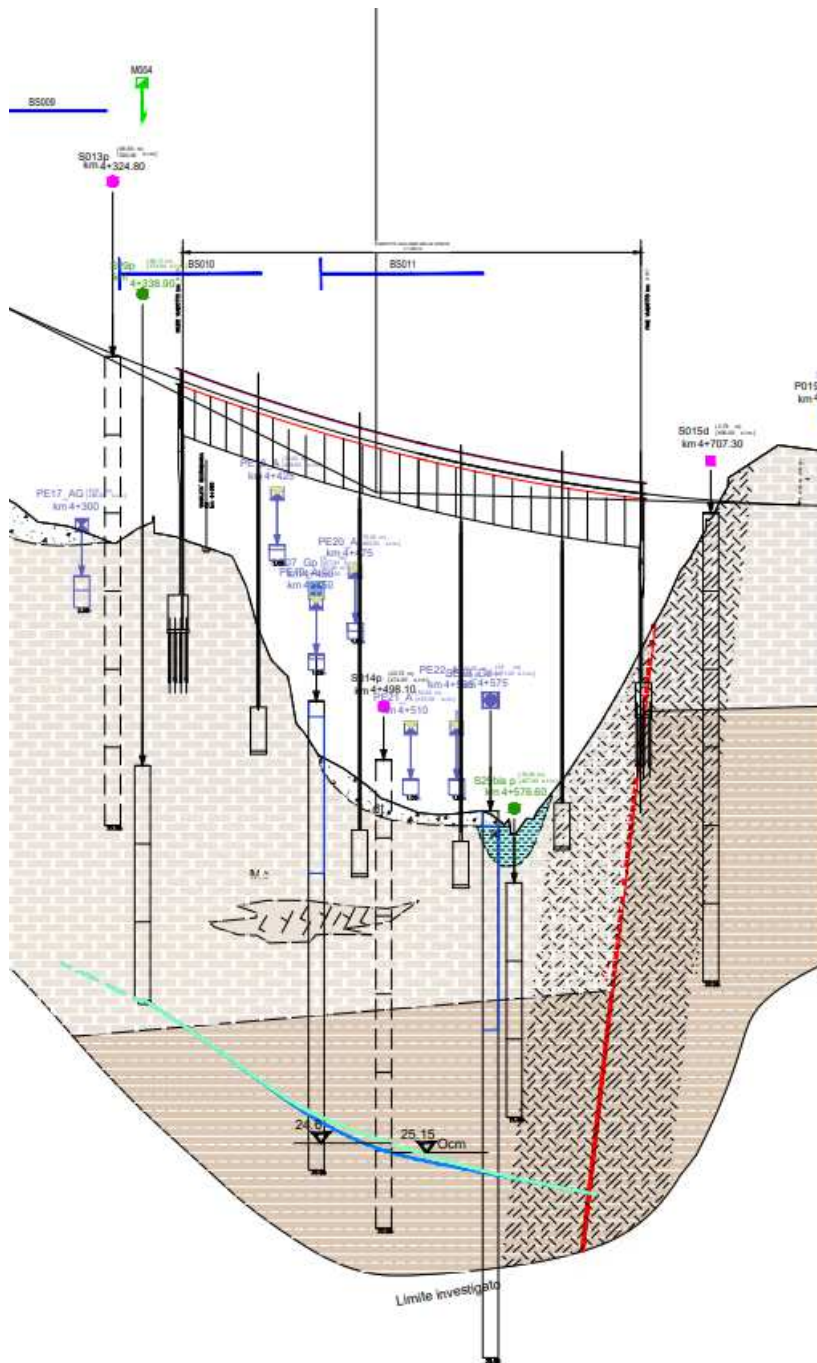


Figura 8-27 Stralcio del profilo geologico asse destro

Nei paragrafi successivi verranno riportate nel dettaglio le risultanze delle indagini geofisiche disponibili nell'intorno dell'opera.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

8.1.2.1 Stendimenti sismici a rifrazione

Nelle Figure Figura 8-28, Figura 8-29 e Figura 8-30 vengono riportate le elaborazioni tomografiche degli stendimenti sismici a rifrazione in prossimità dell'opera.

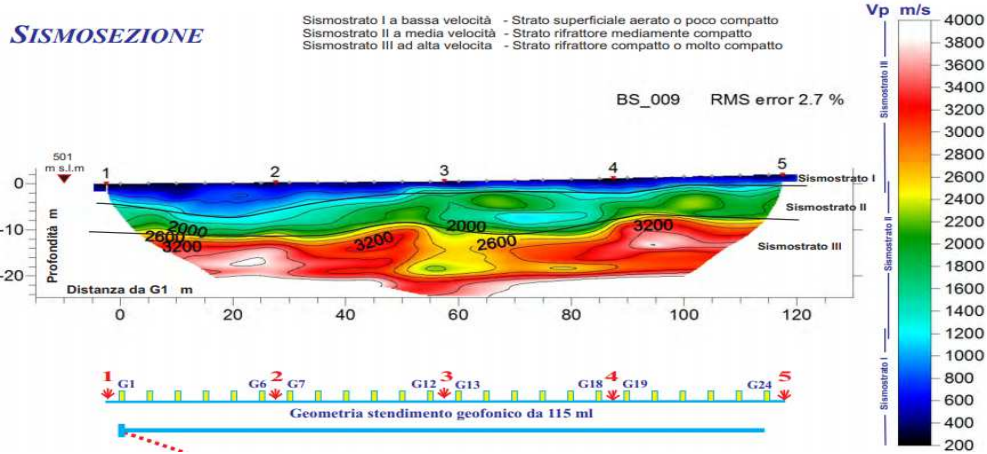


Figura 8-28 Elaborazione tomografica dello stendimento sismico a rifrazione BS_009

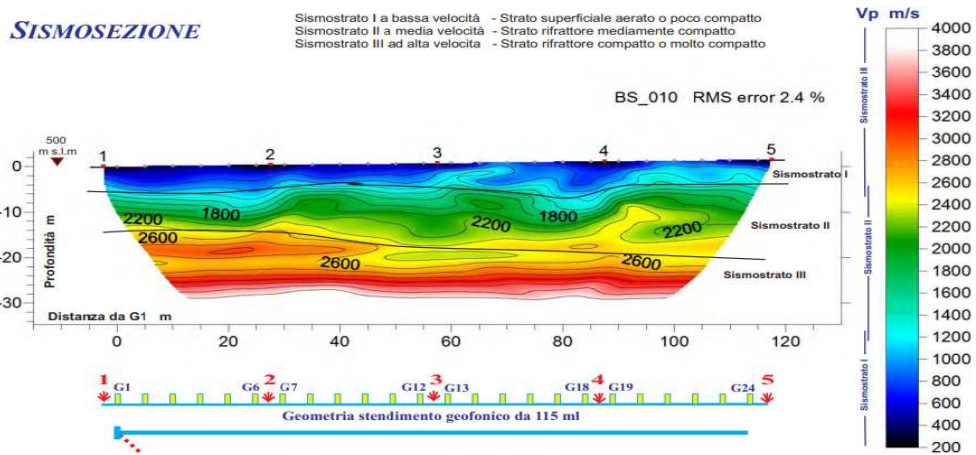


Figura 8-29 Elaborazione tomografica dello stendimento sismico a rifrazione BS_010

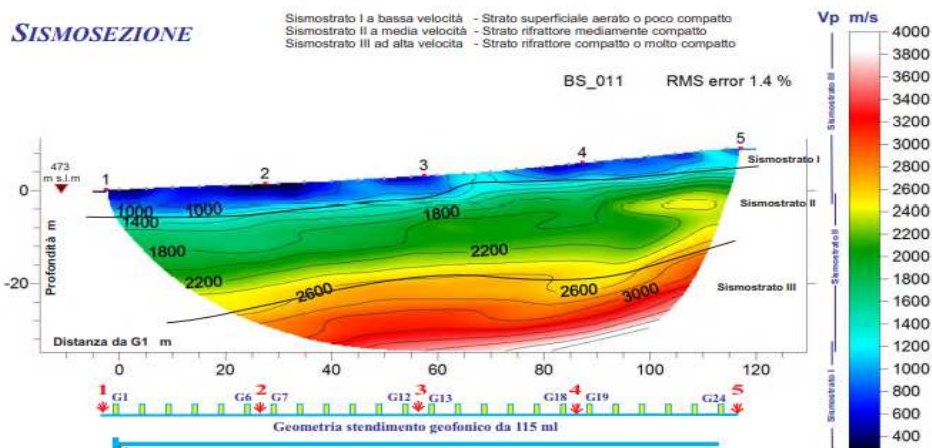


Figura 8-30 Elaborazione tomografica dello stendimento sismico a rifrazione BS_011

8.1.2.2 MASW M004

Nella Figura 8-31 è riportato il profilo di velocità delle onde S ottenuto dalla prova MASW – M004. Come si può osservare, tra 19,5m e i 32,5m di profondità dal p.c. è presente un'inversione di velocità. Infatti, la velocità di propagazione delle onde di taglio passa dai 828 m/sec dello strato superiore ai 691 m/s dello strato inferiore.

In tal caso è necessario eseguire un'analisi di risposta sismica locale seguendo le indicazioni al §3.2.2 e al §7.11.3 del D.M. 14/01/2008.

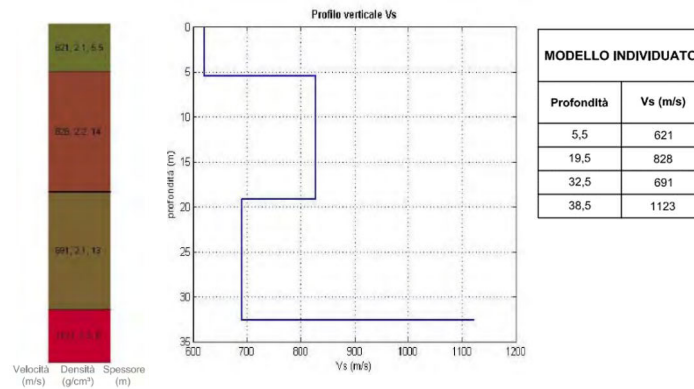


Figura 8-31 Profilo delle velocità onde V_s ottenuto dalla prova MASW - M004

8.1.2.3 DOWN-HOLE S015-DH

Nella Figura 8-32 vengono riportati i profili di velocità di propagazione delle onde P ed S ottenuti dalla prova Down-Hole S015-DH. Come si può osservare a partire dai 18m di profondità dal p.c. è presente una riduzione della velocità passando dai 913 m/s dello strato superiore ai 495 m/s dello strato inferiore.

Anche in questo caso risulta necessario eseguire un'analisi di risposta sismica locale seguendo le indicazioni contenute nel §3.2.2 e §7.11.3 del D.M. 14/01/2008.

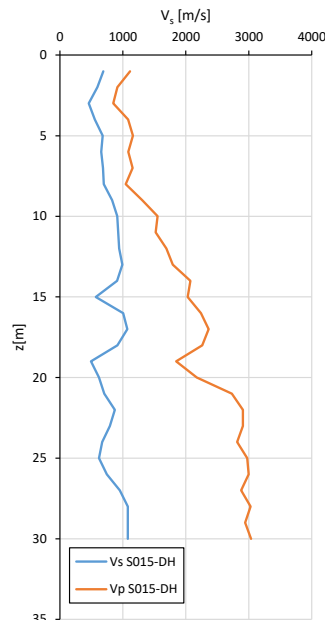


Figura 8-32 Profilo di velocità di propagazione delle onde S ottenuto dalla prova Down-Hole S015-DH

8.1.2.4 DOWN-HOLE SE08-DH

Nella Figura 8-33 viene riportato il profilo di velocità di propagazione delle onde S ottenuti dalla prova Down-Hole SE08. Come si può osservare lungo la verticale si presenta un'inversione di velocità. **Anche in questo caso risulta necessario eseguire un'analisi di risposta sismica locale seguendo le indicazioni contenute nel §3.2.2 e §7.11.3 del D.M. 14/01/2008.**

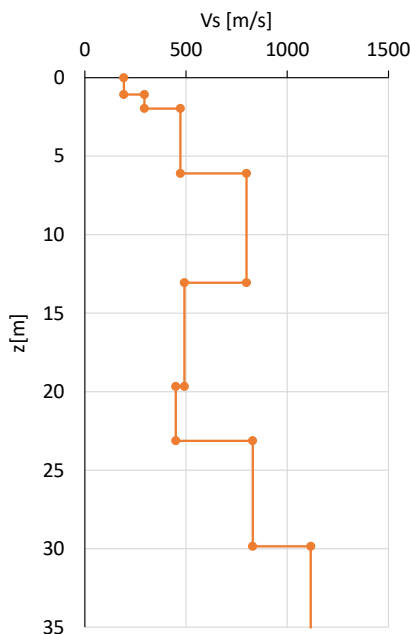


Figura 8-33 Profilo di velocità di propagazione delle onde S ottenuto dalla prova Down-Hole SE08-DH

Nei paragrafi successivi verranno riportate nel dettaglio le analisi di RSL eseguite in corrispondenza delle tre indagini sismiche MASW-M004, S015-DH e SE08.

8.1.3 RSL – MASW M004

8.1.3.1 Definizione del modello stratigrafico di sottosuolo – MASW M004

Il sito ricade nella categoria topografica T1, secondo quanto riportato al §3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e pertanto gli effetti topografici possono essere trascurati (§7.11.3.3 del D.M. 14/01/2008) nell'analisi di risposta sismica locale oggetto del presente studio.

È stato considerato uno schema di terreno stratificato, delimitato dal piano campagna orizzontale e poggiante su substrato rigido anch'esso orizzontale, posto a una profondità di 33 m. Tale valore è stato dedotto dall'analisi della prova geofisica MASW M004.

Il modello geotecnico di sottosuolo è stato ottenuto sulla base del profilo geotecnico. Nel caso in esame il banco è composto dall'unità Mc(sciolta) (Alternanze di terreni calcarenitici e argille) del tipo Cf-Gsa (Calcarenite fratturata – Ghiaia in matrice argillosa sabbiosa) e caratterizzata da differenti valori di velocità Vs delle onde di taglio lungo la profondità, così come ottenuto dalla prova geofisica MASW M004.

L'unità Mc è caratterizzata da un peso in volume pari a $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio per materiali rocciosi proposta da Idriss (1972).

Nella Figura 8-34 vengono riportate rispettivamente, in blu la curva di decadimento e in arancione la curva di smorzamento utilizzate per le analisi.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

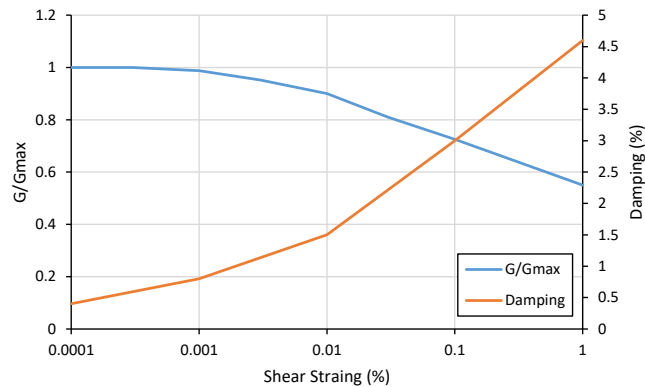
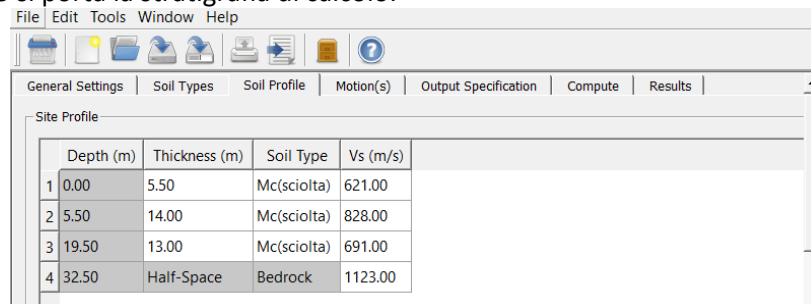


Figura 8-34 Curve di decadimento della rigidità a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Idriss (1972)

Nella Figura 8-35 si porta la stratigrafia di calcolo:



Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1 0.00	5.50	Mc(sciolta)	621.00
2 5.50	14.00	Mc(sciolta)	828.00
3 19.50	13.00	Mc(sciolta)	691.00
4 32.50	Half-Space	Bedrock	1123.00

Figura 8-35 Stralcio della stratigrafia di calcolo ottenuta dal programma STRATA

Nel modello si è ipotizzato che alla base del deposito sia presente un substrato avente comportamento visco-elastico lineare, caratterizzato da un peso di volume pari a 22 kN/m^3 , un coefficiente di smorzamento pari al 5% e una velocità di propagazione delle onde S pari a 1123 m/s .

8.1.3.2 Risultati – MASW M004

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta di sismica locale in termini di:

- spettro di risposta elastico delle accelerazioni, calcolato a 4 m di profondità dal piano campagna (quota ritenuta rappresentativa per le fondazioni delle spalle SP1 dei viadotti destro e sinistro);
- profilo medio di accelerazione massima con la profondità.

8.1.3.2.1 Risultati – SLV – MASW M004

In Figura 8-36 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

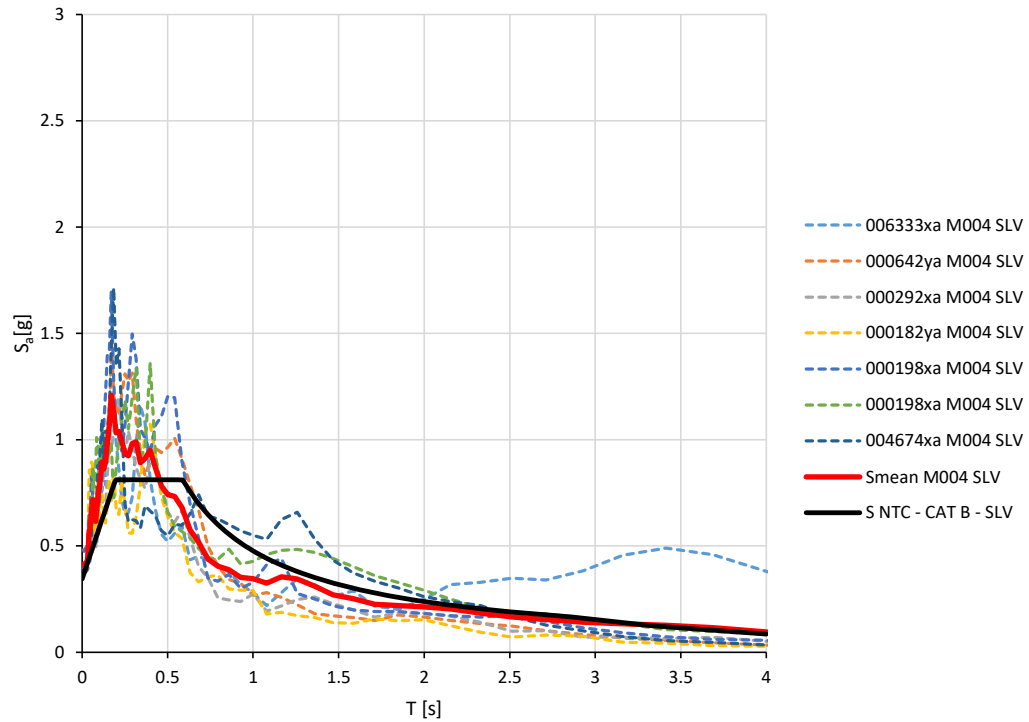


Figura 8-36 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

Per una migliore lettura, in Figura 8-37, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

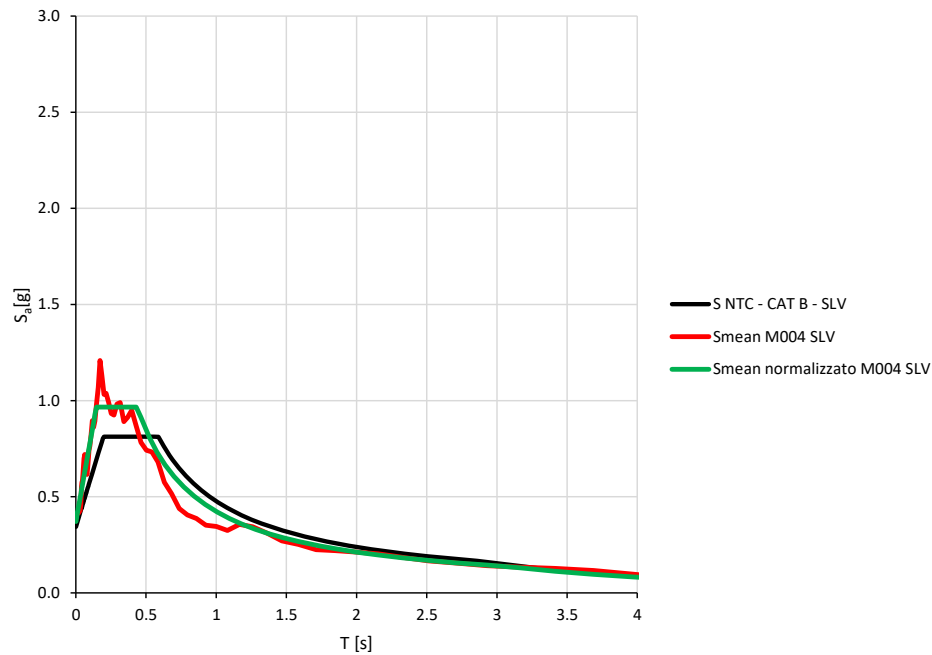


Figura 8-37 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

In Figura 8-38 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

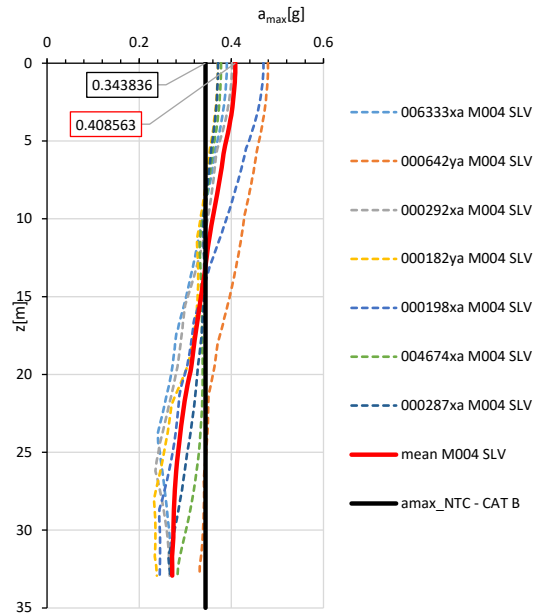


Figura 8-38 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.1.3.2.2 Risultati – SLC – MASW M004

In Figura 8-39 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-37, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

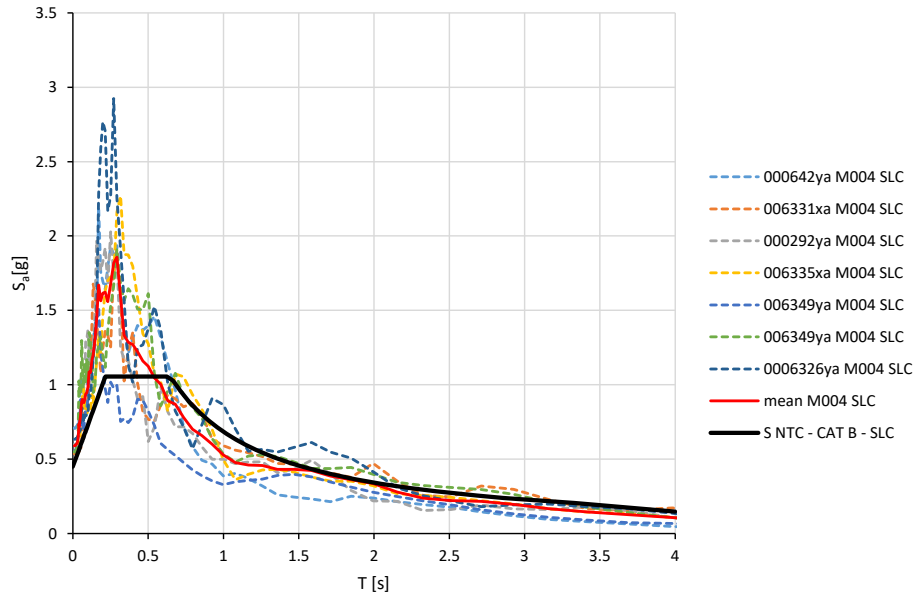


Figura 8-39 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

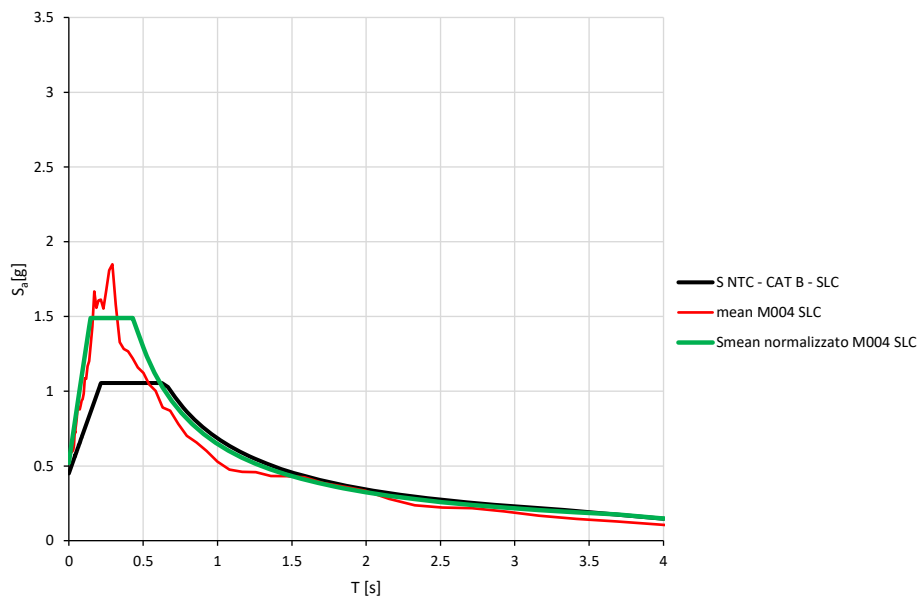


Figura 8-40 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

In Figura 8-41 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

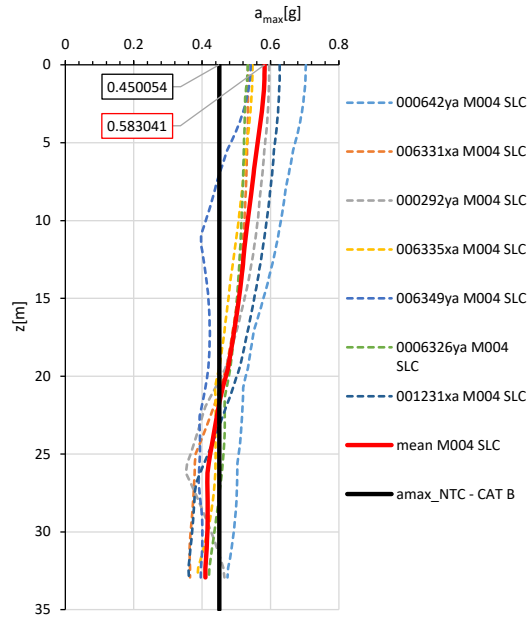


Figura 8-41 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.1.4 RSL – DOWN-HOLE S015-DH

8.1.4.1 Definizione del modello stratigrafico di sottosuolo – DOWN HOLE S015-DH

È stato considerato uno schema di terreno stratificato, delimitato dal piano campagna orizzontale e poggiante su substrato rigido anch'esso orizzontale, posto a una profondità di 17 m. Tale valore è stato dedotto dall'analisi della prova sismica DOWN-HOLE S015-DH.

Il modello geotecnico di sottosuolo è stato ottenuto sulla base del profilo geotecnico. Nel caso in esame le unità presenti nel banco sono:

- Mc(sciolta) (Alternanze di terreni calcareniti e argille marnose) del tipo Cfa (calcarenite fratturata alterata) caratterizzata da un peso in volume pari a $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidità a taglio per materiali rocciosi proposta da Idriss (1972).
- Ocm(sciolta) del tipo AL-AS (argilla limosa e argilla sabbiosa) e AM (argilla marnosa) – caratterizzate da un peso in volume pari a $\gamma=19.5 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidità a taglio proposta da Vucetic & Dobry (1991), valida per materiali a grana fine e un indice di plasticità di circa 15%.

Nella Figura 8-42 si riportano rispettivamente, in blu la curva di decadimento e in arancione la curva di smorzamento utilizzate per i materiali dell'unità Ocm(sciolta), mentre in Figura 8-43 si riportano rispettivamente, in blu la curva di decadimento e in arancione la curva di smorzamento utilizzate per i materiali dell'unità Mc(sciolta).

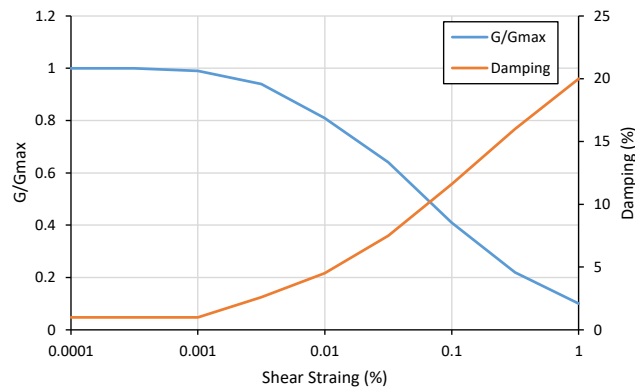


Figura 8-42 Curve di decadimento della rigidità a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Idriss (1972) – unità Ocm (sciolta)

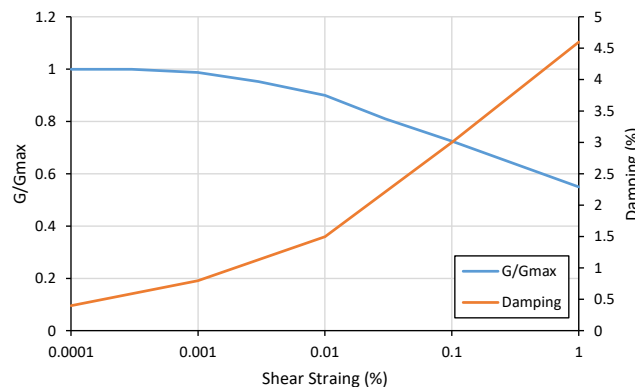
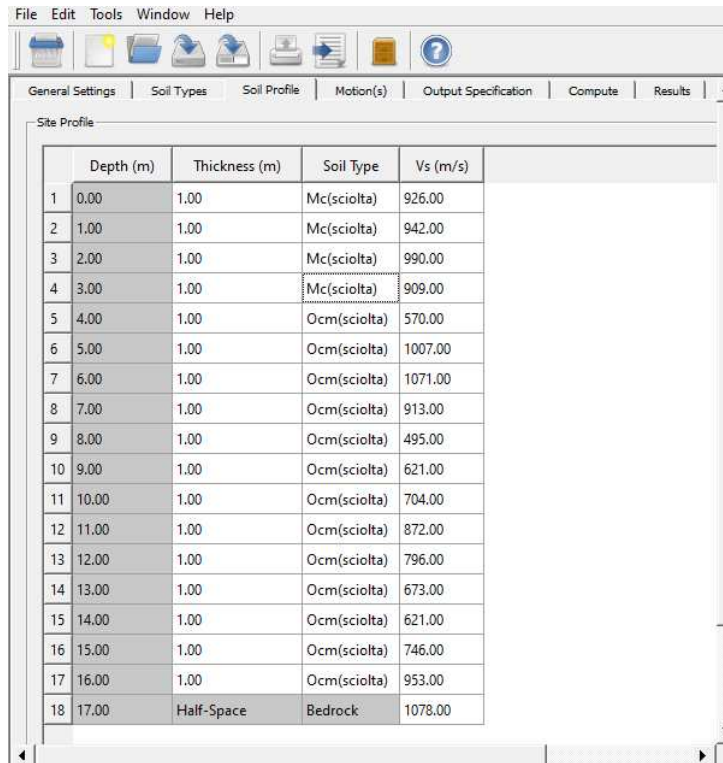


Figura 8-43 Curve di decadimento della rigidità a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Vucetic & Dobry (1991) – unità Mc (sciolta)

Nella Figura 8-44 si porta la stratigrafia di calcolo:

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1



	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	1.00	Mc(sciolta)	926.00
2	1.00	1.00	Mc(sciolta)	942.00
3	2.00	1.00	Mc(sciolta)	990.00
4	3.00	1.00	Mc(sciolta)	909.00
5	4.00	1.00	Ocm(sciolta)	570.00
6	5.00	1.00	Ocm(sciolta)	1007.00
7	6.00	1.00	Ocm(sciolta)	1071.00
8	7.00	1.00	Ocm(sciolta)	913.00
9	8.00	1.00	Ocm(sciolta)	495.00
10	9.00	1.00	Ocm(sciolta)	621.00
11	10.00	1.00	Ocm(sciolta)	704.00
12	11.00	1.00	Ocm(sciolta)	872.00
13	12.00	1.00	Ocm(sciolta)	796.00
14	13.00	1.00	Ocm(sciolta)	673.00
15	14.00	1.00	Ocm(sciolta)	621.00
16	15.00	1.00	Ocm(sciolta)	746.00
17	16.00	1.00	Ocm(sciolta)	953.00
18	17.00	Half-Space	Bedrock	1078.00

Figura 8-44 Stralcio della stratigrafia di calcolo ottenuta dal programma STRATA

Nel modello si è ipotizzato che alla base del deposito sia presente un substrato avente comportamento visco-elastico lineare, caratterizzato da un peso di volume pari a 22 kN/m^3 , un coefficiente di smorzamento pari al 5% e una velocità di propagazione delle onde S pari a 1078 m/s .

8.1.4.2 Risultati – DOWN HOLE S015-DH

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica in termini di:

- spettro di risposta elastico delle accelerazioni, calcolato a 3.5 m di profondità dal piano campagna (quota ritenuta rappresentativa per le fondazioni delle spalle SP2 dei viadotti destro e sinistro)
- profilo medio di accelerazioni massima con la profondità.

8.1.4.2.1 Risultati – SLV – DOWN HOLE S015-DH

In Figura 8-45 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

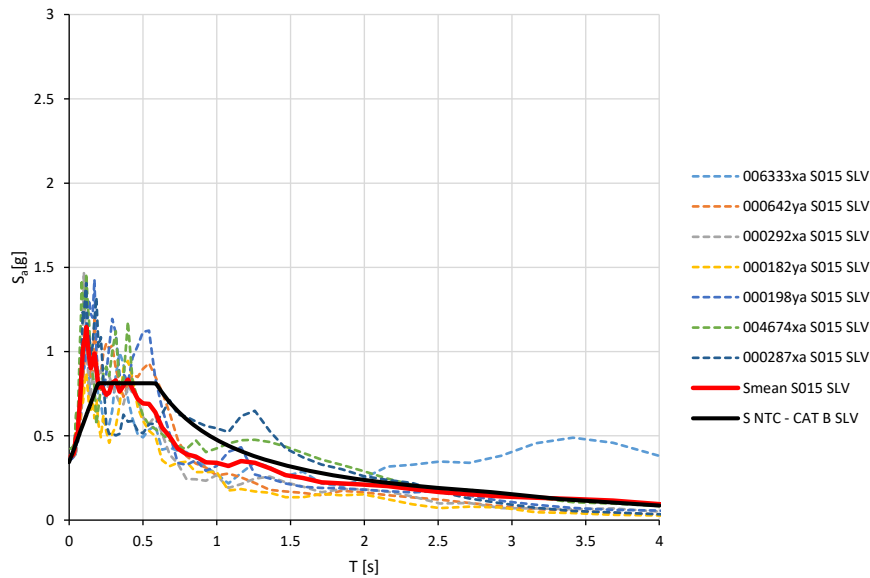


Figura 8-45 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

Per una migliore lettura, in Figura 8-46, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

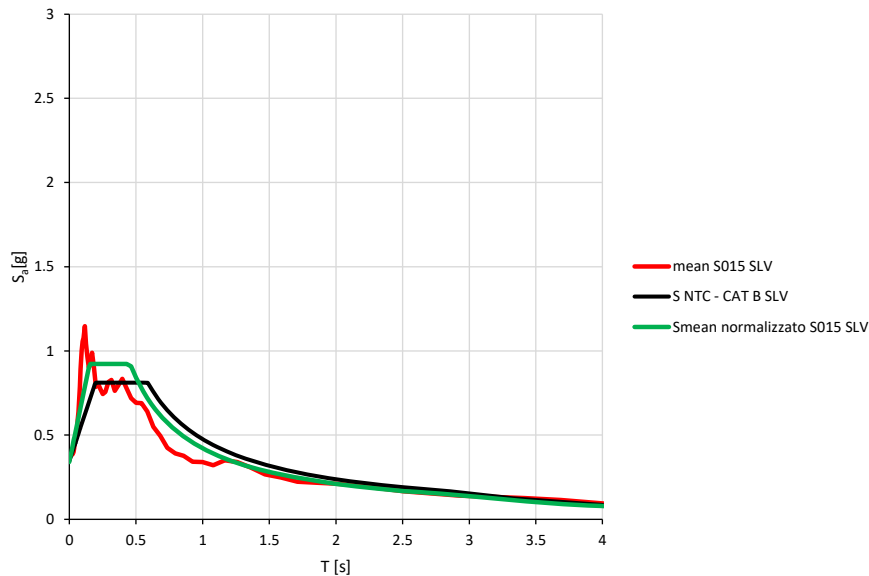


Figura 8-46 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

In Figura 8-38 Figura 8-47 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

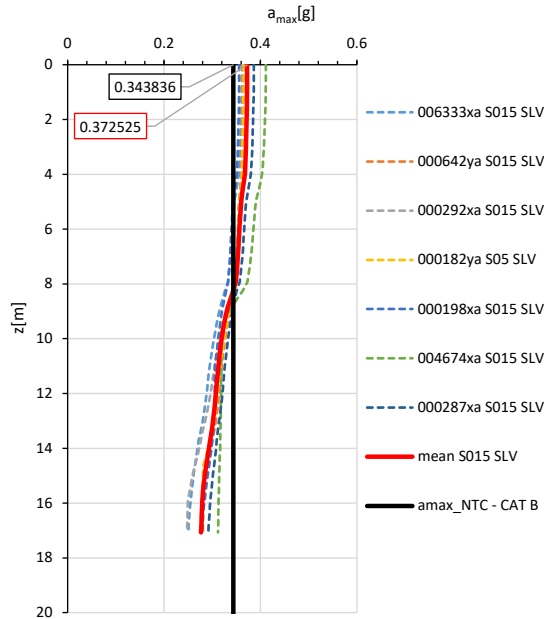


Figura 8-47 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.1.4.2.2 Risultati – SLC – DOWN HOLE S015-DH

In Figura 8-48 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

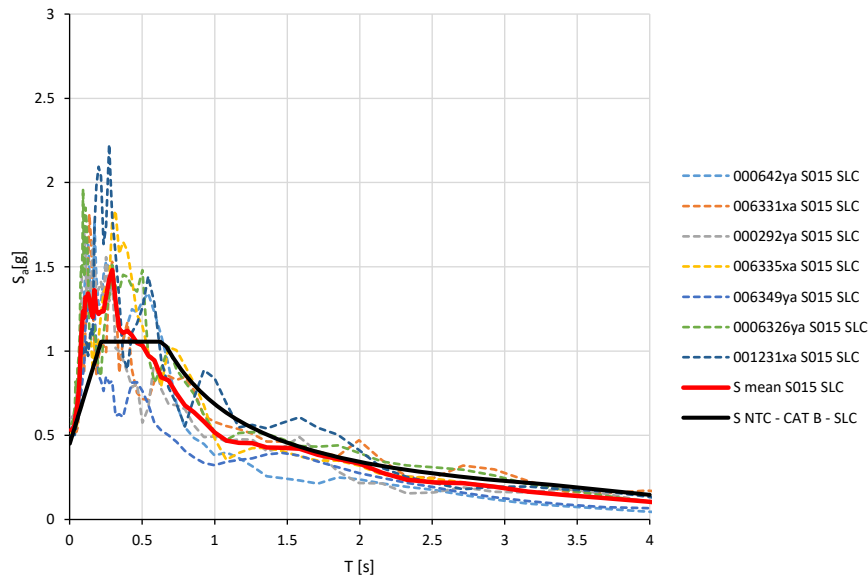


Figura 8-48 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

Per una migliore lettura, in Figura 8-49 lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

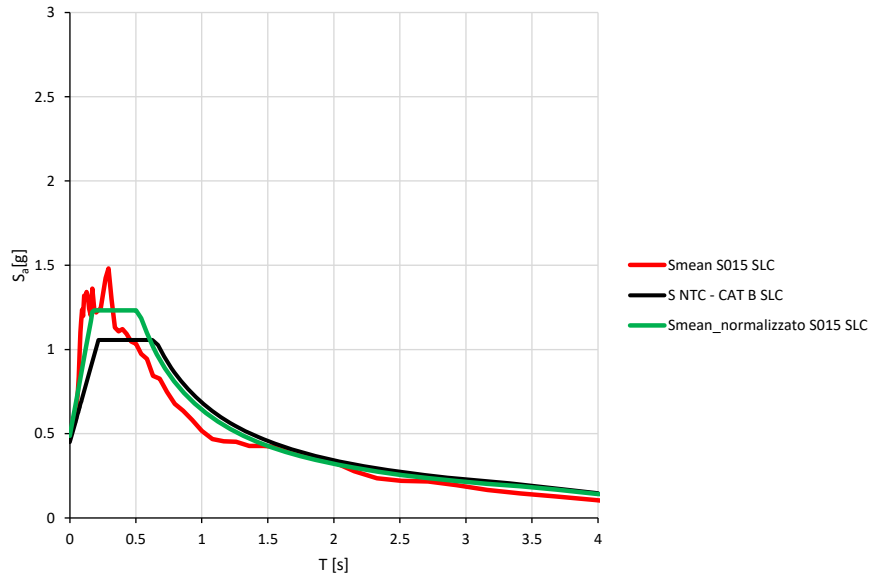


Figura 8-49 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

In Figura 8-38 Figura 8-47Figura 8-50 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

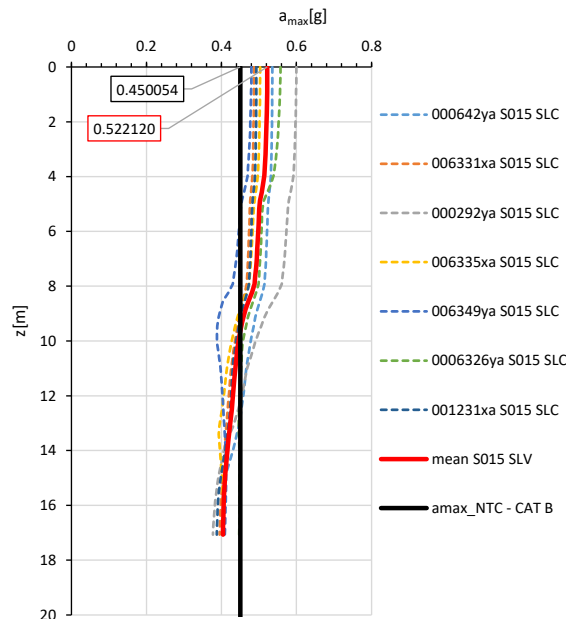


Figura 8-50 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.1.5 RSL – DOWN-HOLE SE08

8.1.5.1 Definizione del modello stratigrafico di sottosuolo – DOWN-HOLE SE08

È stato considerato uno schema di terreno stratificato, delimitato dal piano campagna orizzontale e poggiante su substrato rigido anch'esso orizzontale, posto a una profondità di 30 m. Tale valore è stato dedotto dall'analisi della prova sismica DOWN-HOLE SE08-DH.

Il modello geotecnico di sottosuolo è stato ottenuto sulla base del profilo geotecnico. Nel caso in esame le unità presenti nel banco sono:

- dt (ghiaia grossolana e fine) caratterizzata da un peso in volume pari a $\gamma=21.6 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da Seed & Idriss (1991),
- ar (limo sabbioso) caratterizzata da un peso in volume pari a $\gamma=17.5 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da Seed & Idriss (1991),
- Mc(sciolta) del tipo ghiaia con sabbia in matrice limosa caratterizzata da un peso in volume pari a $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da Seed & Idriss (1991),
- Ocm(sciolta) del tipo argilla limosa e argilla sabbiosa e limo sabbioso – caratterizzate da un peso in volume pari a $\gamma=19.5 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da Vucetic & Dobry (1991).

Nelle seguenti figure si riportano le curve di decadimento e smorzamento utilizzate.

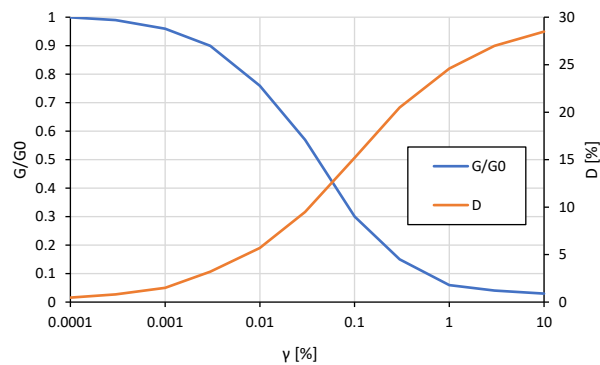


Figura 8-51 Curve di decadimento della rigidezza a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Seed & Idriss (1991)

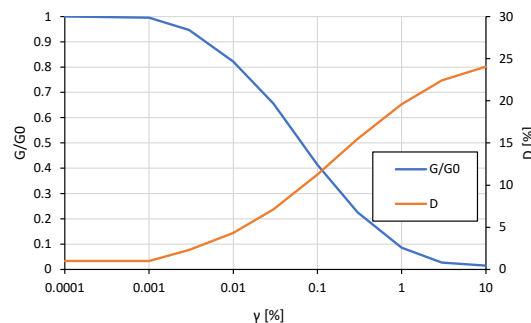


Figura 8-52 Curve di decadimento della rigidezza a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Vucetic & Dobry (1991)

Nella Figura 8-53 si porta la stratigrafia di calcolo:

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Site Profile				
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	1.08	dt	192.86
2	1.08	0.89	ar	294.70
3	1.97	4.13	Mc(sciolta)	472.54
4	6.10	6.96	Mc(sciolta)	799.08
5	13.06	6.61	Ocm(sciolta)	492.18
6	19.67	3.46	Ocm(sciolta)	449.35
7	23.13	6.72	Ocm(sciolta)	829.63
8	29.85	Half-Space	Bedrock	1116.38

Figura 8-53 Stralcio della stratigrafia di calcolo ottenuta dal programma STRATA

Nel modello si è ipotizzato che alla base del deposito sia presente un substrato avente comportamento visco-elastico lineare, caratterizzato da un peso di volume pari a 22 kN/m^3 , un coefficiente di smorzamento pari al 5% e una velocità di propagazione delle onde S pari a 1116 m/s .

8.1.5.2 Risultati – DOWN-HOLE SE08

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta di sismica locale in termini di:

- spettro di risposta elastico delle accelerazioni, calcolato a 5 m di profondità dal piano campagna (quota ritenuta rappresentativa per le fondazioni delle pile)
- profilo medio di accelerazione massima con la profondità.

8.1.5.2.1 Risultati – SLV – DOWN-HOLE SE08

In Figura 8-54 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

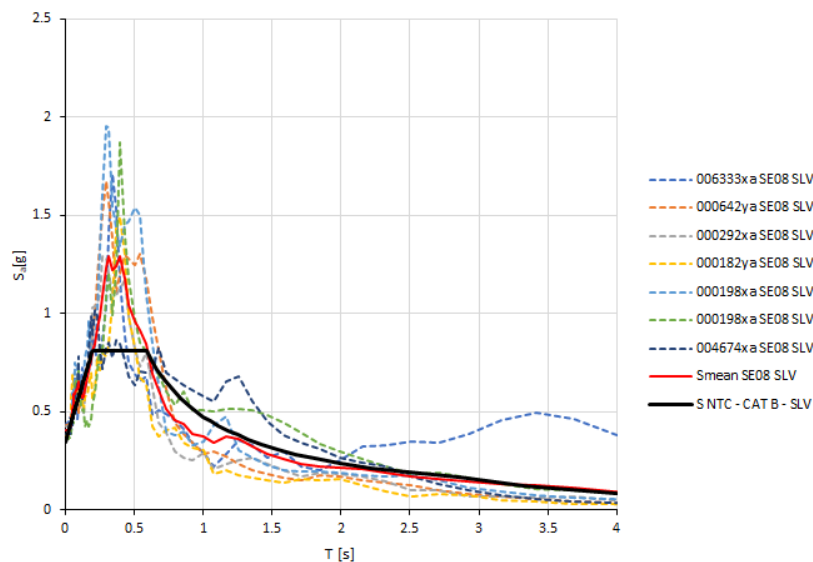


Figura 8-54 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Per una migliore lettura, in Figura 8-55, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

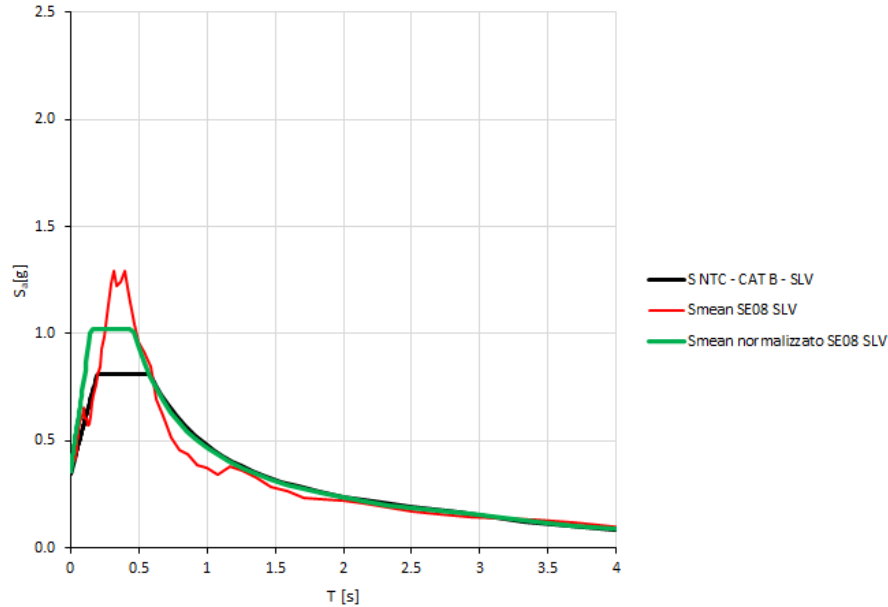
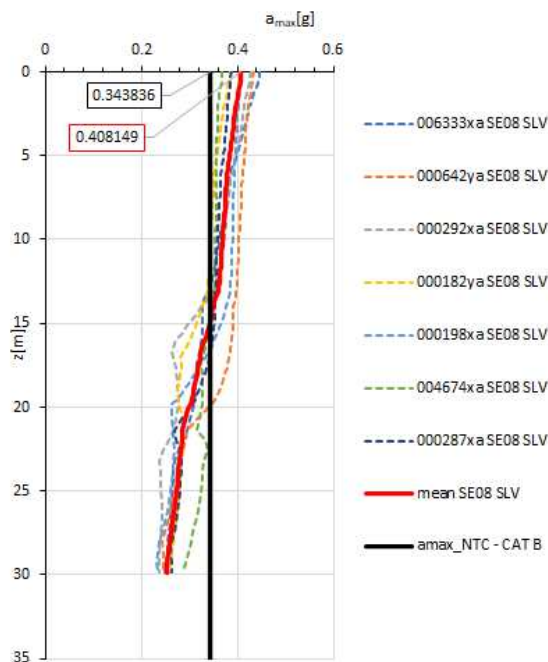


Figura 8-55 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

In Figura 8-56 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

Figura 8-56 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali



8.1.5.2.2 Risultati – SLC – DOWN-HOLE SE08

In Figura 8-57 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-58, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

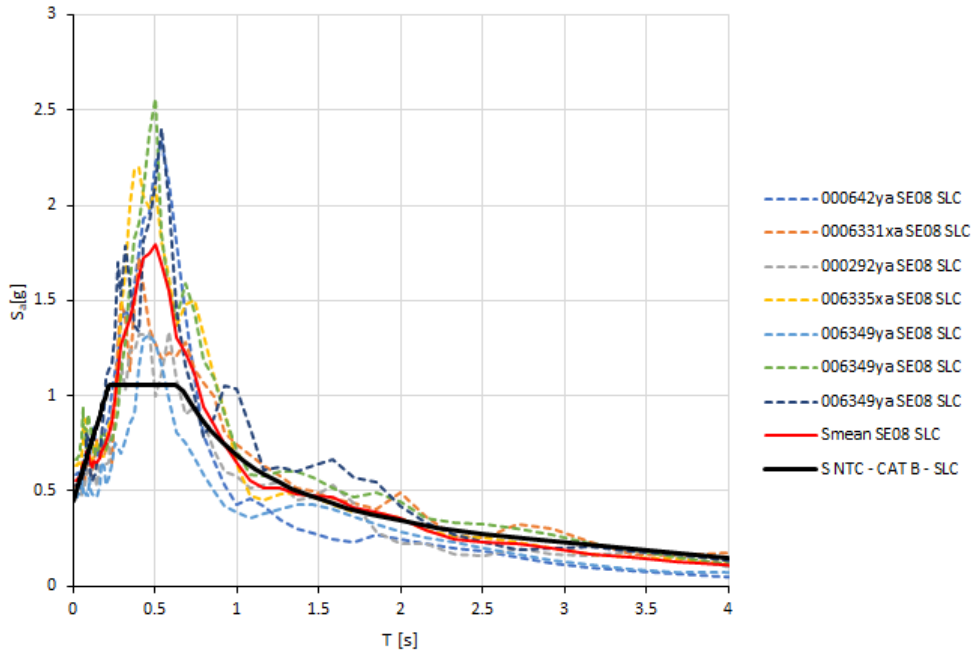


Figura 8-57 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

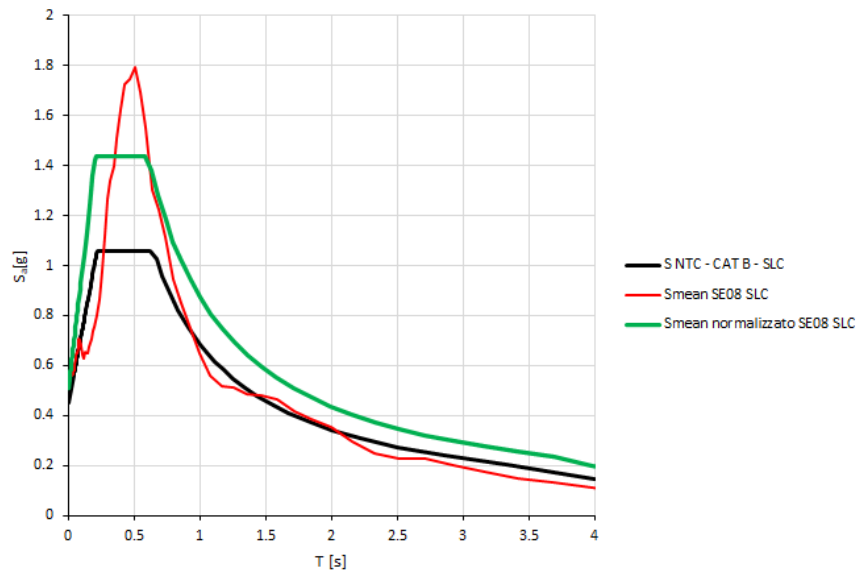


Figura 8-58 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

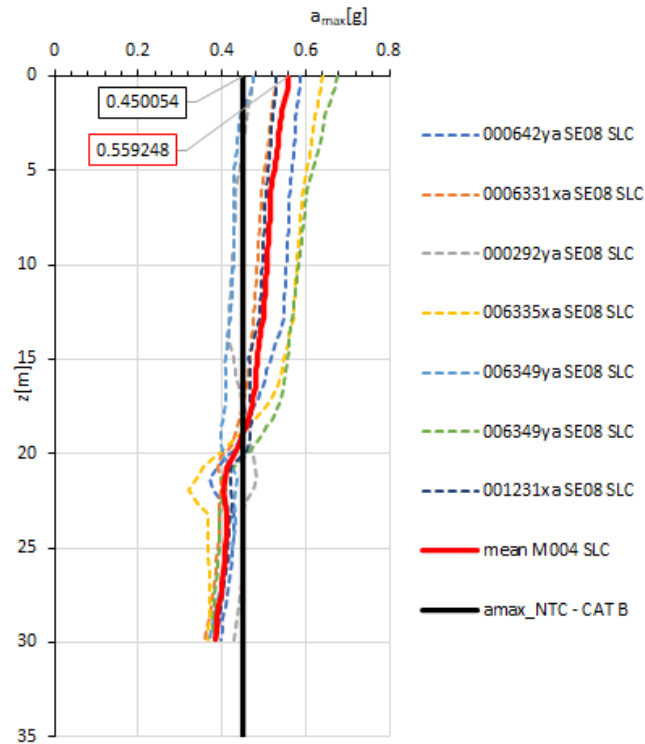
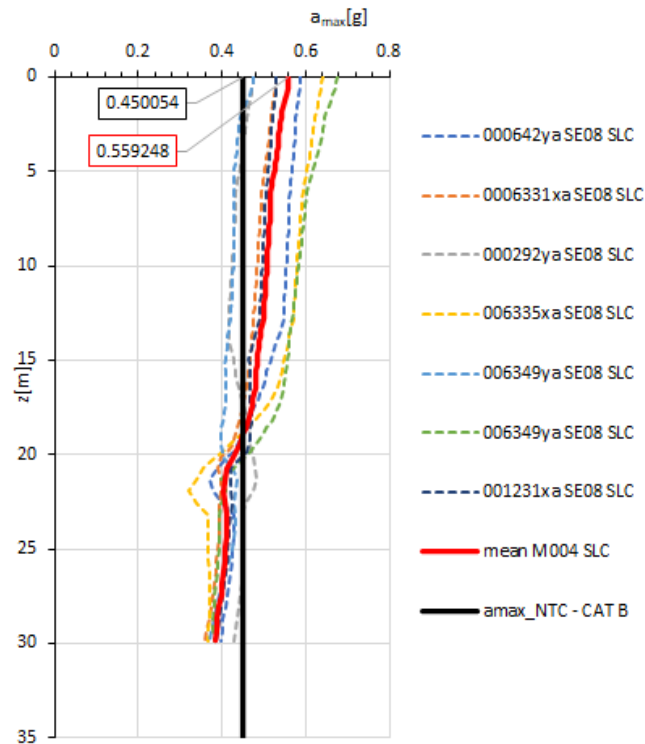


Figura 8-59 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).



RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Figura 8-59 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.1.6 CONCLUSIONI - Confronti

In Figura 8-60 si riporta un confronto tra gli spettri normalizzati e medi allo SLV, ottenuti dalle tre prove esaminate e lo spettro da normativa per categoria di sottosuolo B.

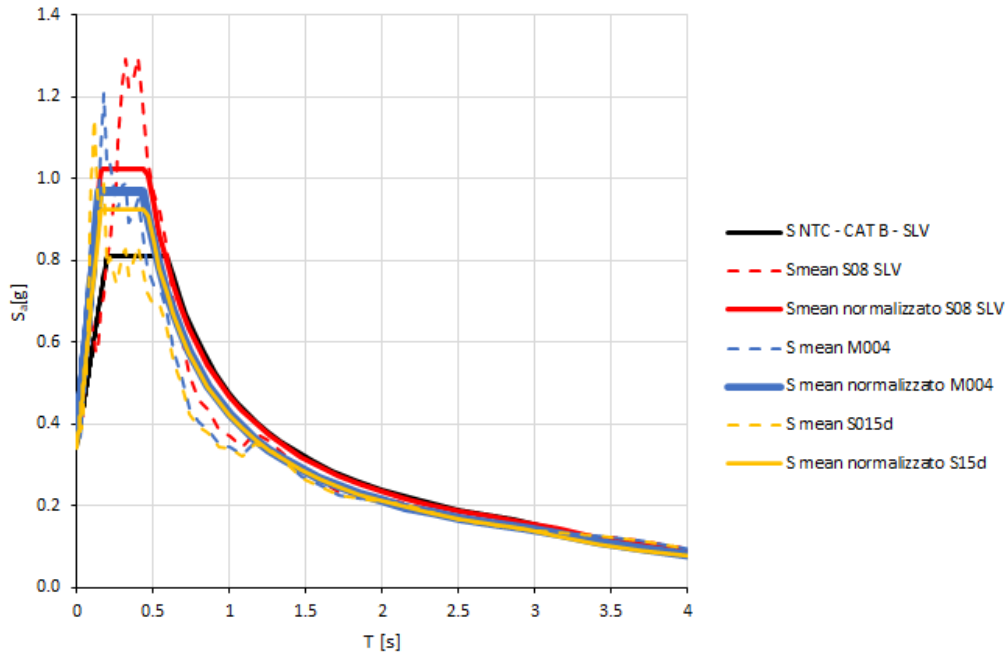


Figura 8-60 Confronto tra gli spettri normalizzati e medi ottenuti rispettivamente per la prova Down Hole S015 (curva gialla), per la prova MASW M004 (curva blu), per la prova SE08 (curva rossa) e lo spettro da normativa per categoria di sottosuolo B SLV (curva nera)

In Figura 8-61 si riporta un confronto tra gli spettri normalizzati e medi allo SLC, ottenuti dalle tre prove esaminate e lo spettro da normativa per categoria di sottosuolo B.

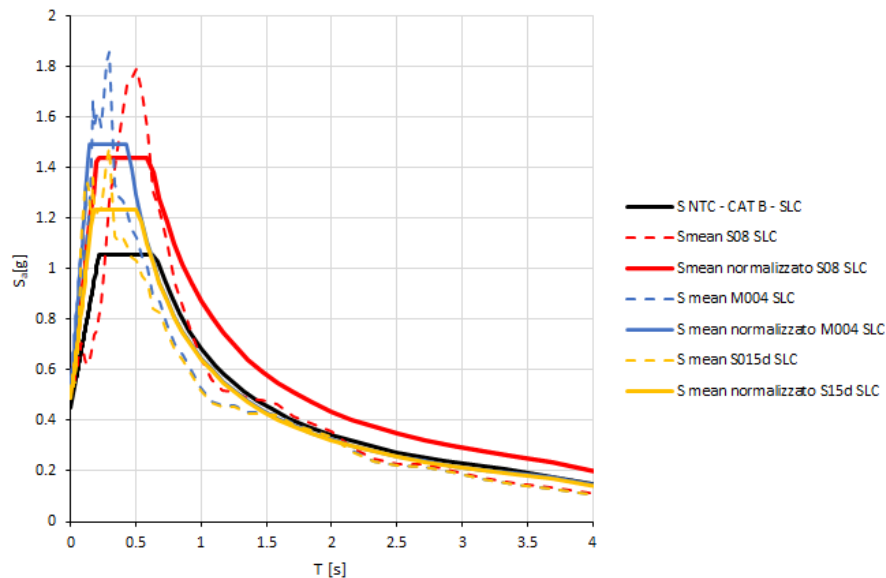


Figura 8-61 Confronto tra gli spettri normalizzati e medi ottenuti rispettivamente per la prova Down Hole S015 (curva gialla), per la prova MASW M004 (curva blu), per la prova SE08 (curva rossa) e lo spettro da normativa per categoria di sottosuolo B SLV (curva nera)

I risultati della risposta sismica locale effettuata in corrispondenza del sondaggio SE08, per entrambi gli stati limite non comporta sostanziali differenze rispetto agli spettri ottenuti dalle analisi di risposta sismica locale effettuate in corrispondenza delle prove sismiche MASW M004 e Down-Hole S015d.

8.2 CAVALCAVIA PK 1+459

8.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione locale

Per effettuare le analisi di risposta sismica locale è necessario individuare almeno 7 accelerogrammi di riferimento compatibili con lo spettro di risposta elastico per il sito di riferimento. In particolare, gli accelerogrammi devono rispettare le indicazioni di compatibilità indicate al §3.2.3.6 del D.M. 14/01/2008 e al §3.2.3.6 nella Circolare n. 617 del 2/02/2009.

Per la definizione dello spettro di risposta elastico è necessario definire alcuni parametri tra cui:

- le coordinate del sito;
- il periodo di riferimento V_R ;
- lo stato limite di progetto di riferimento.

Le coordinate del sito sono state ottenute dal sito internet <https://www.google.com/intl/it/earth/> (Figura 8-62)

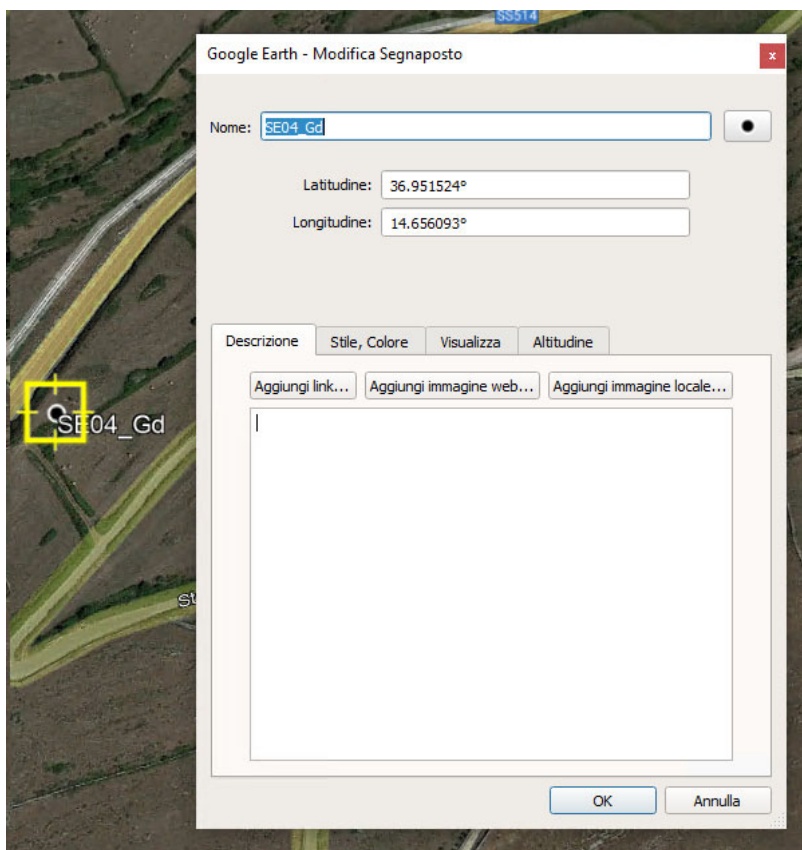


Figura 8-62 Individuazione coordinate del sito

Così come definito nel Paragrafo 4, per il dimensionamento dell'opera sono stati assunti i seguenti parametri:

- $V_N = 50$ anni;
- Classe d'uso IV ($C_u = 2$)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

- Periodo di riferimento $VR = V_N \times C_u = (50 \text{ anni}) \times 2 = 100 \text{ anni}$

Gli stati limite di riferimento per le seguenti analisi sono lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), lo Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) e Stato limite di Danno (SLD).

8.2.1.1 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLV

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla Figura 8-63 e alla Figura 8-64, sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{\min}=4$ e $M_{\max}=7,5$;
- R (distanza) compresa tra $R_{\min}=0 \text{ km}$ e $R_{\max}=40 \text{ km}$;

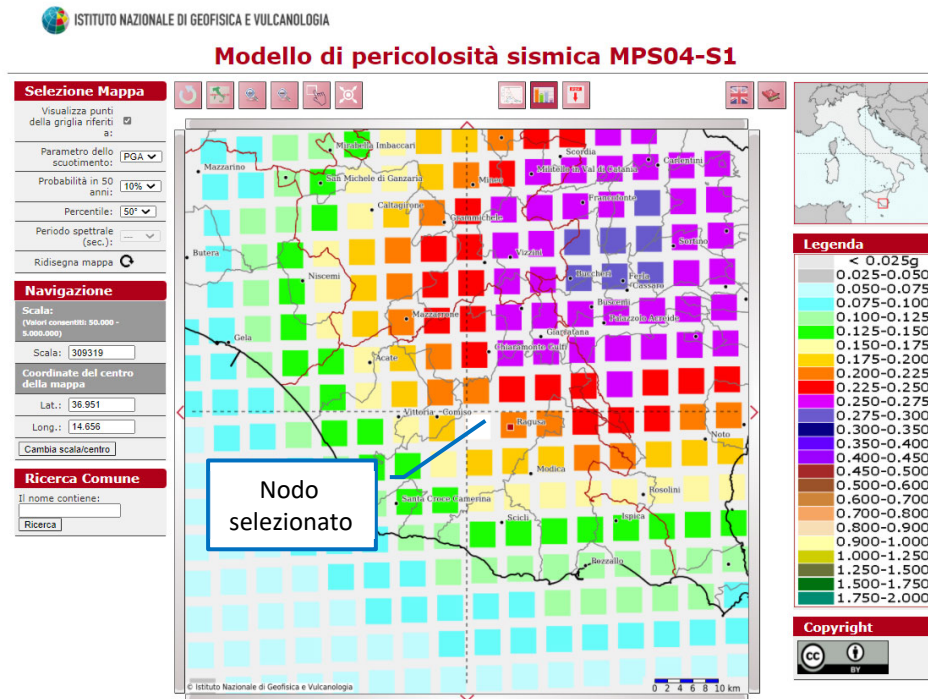


Figura 8-63 Grafico di disaggregazione M-R

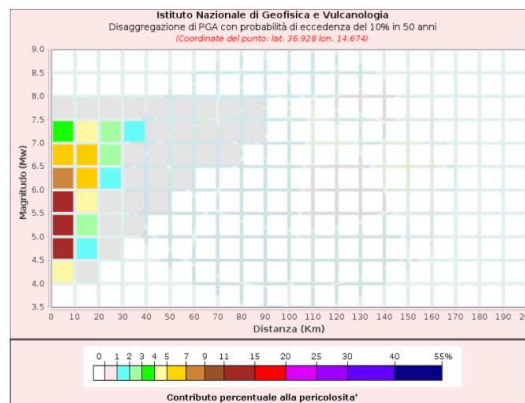


Figura 8-64 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 36.928 lon. 14.674)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	4.8400	13.5000	13.6000	11.6000	8.5600	5.5300	3.2200	0.4410	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.1980	1.3300	2.9200	4.4700	5.3500	5.2000	4.1900	0.6800	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0067	0.2610	0.9700	1.8400	2.5700	2.8400	0.5470	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.1310	0.5180	0.9910	1.3900	0.3060	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.1120	0.3530	0.6260	0.1540	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0144	0.1350	0.3130	0.0852	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0236	0.0834	0.0251	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.0225	0.0077	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0019	0.0007	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.91	10.8	0.544

Figura 8-65 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

8.2.1.2 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLV

Si riporta in Figura 8-66 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

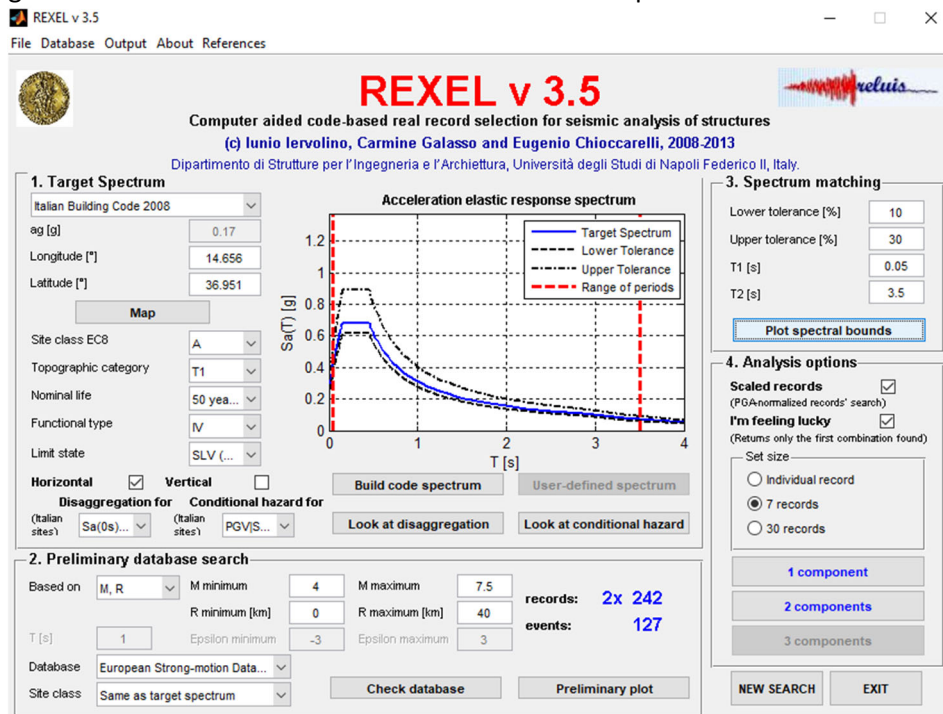


Figura 8-66 Stralcio della schermata di Roxel

Si riporta nella Tabella 8-3 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-3 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform	Earthquake	Station ID	Earthquake	Date	Mw	Fault Mec	Epicentra	PGA_X [m]	PGA_Y [m]	PGV_X [m]	PGV_Y [m]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
642	292	ST225	Umbria M	14/10/1997	5,6	normal	23	0,524	0,618	0,0507	0,0522	7,2443	7,7156	0,60762	0,64572	A
292	146	ST98	Campano	23/11/1980	6,9	normal	25	0,5878	0,5876	0,0436	0,0585	16,351	13,7949	0,65537	1,162	A
6269	1635	ST2497	South Icel	17/06/2000	6,5	strike slip	34	0,3856	0,4192	0,0386	0,0436	6,0473	8,7888	0,63781	0,58468	A
6335	2142	ST2557	South Icel	21/06/2000	6,4	strike slip	15	1,2481	1,1322	0,1659	0,1083	6,4075	7,0906	0,78039	0,61902	A
410	189	ST161	Golbasi	05/05/1986	6	oblique	29	0,3831	0,538	0,0289	0,0749	6,3723	5,5948	0,99531	1,2311	A
6262	1635	ST2496	South Icel	17/06/2000	6,5	strike slip	31	0,54	0,6615	0,0394	0,0779	8,0812	7,0761	0,6971	0,71893	A
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7,3	oblique	12	3,316	3,7789	0,1768	0,2457	17,1433	10,8341	0,67726	0,65682	A

Si riporta nella Figura 8-144 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

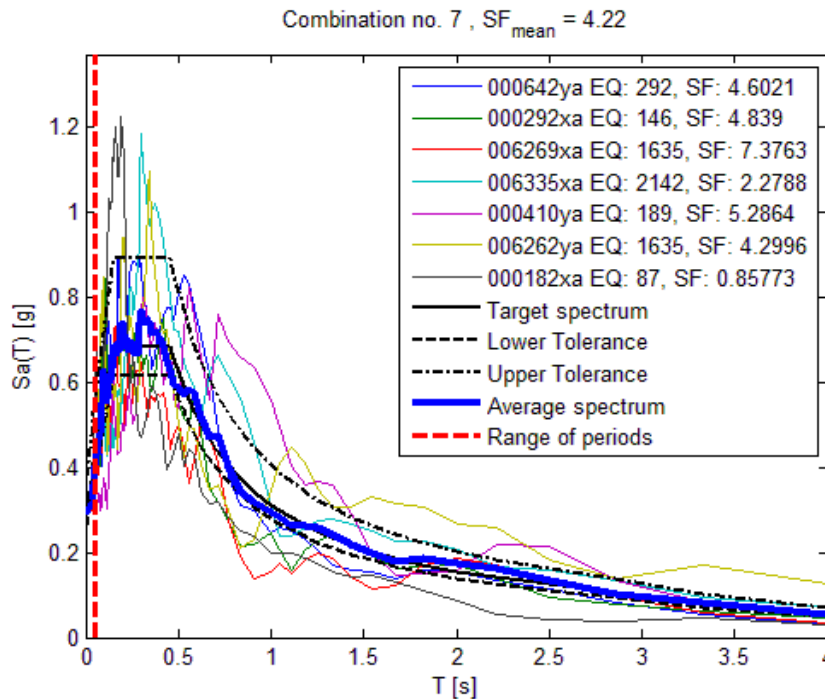


Figura 8-67 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (da Figura 8-68 a Figura 8-74):

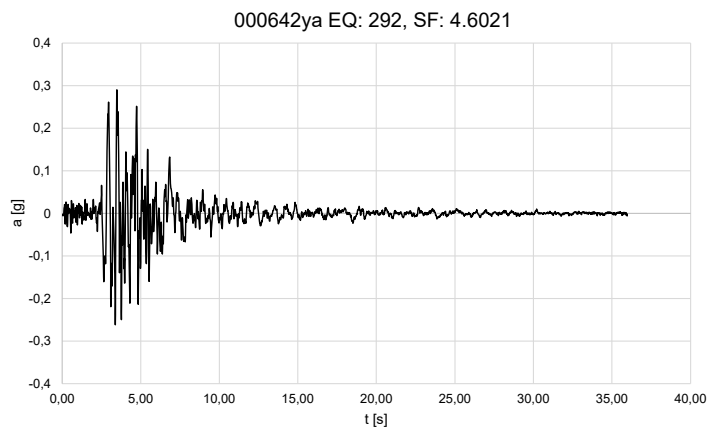


Figura 8-68 Accelerogramma 1 (000642ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

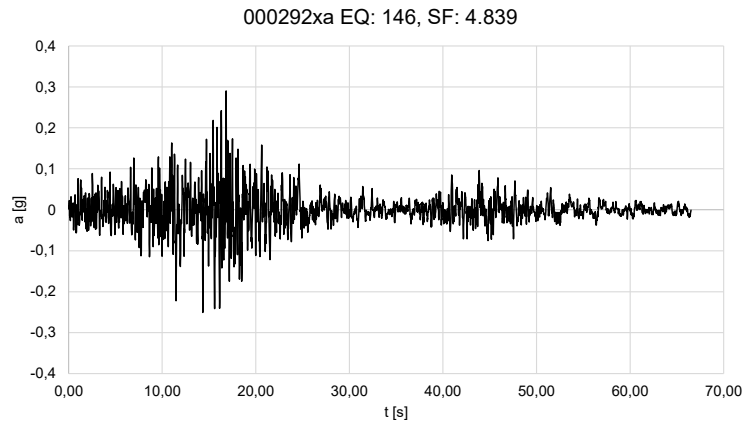


Figura 8-69 Accelerogramma 2 (000292xa)

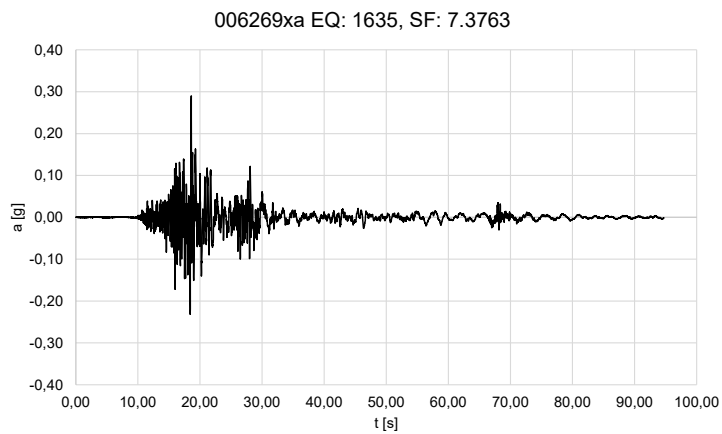


Figura 8-70 Accelerogramma 3 (006269xa)

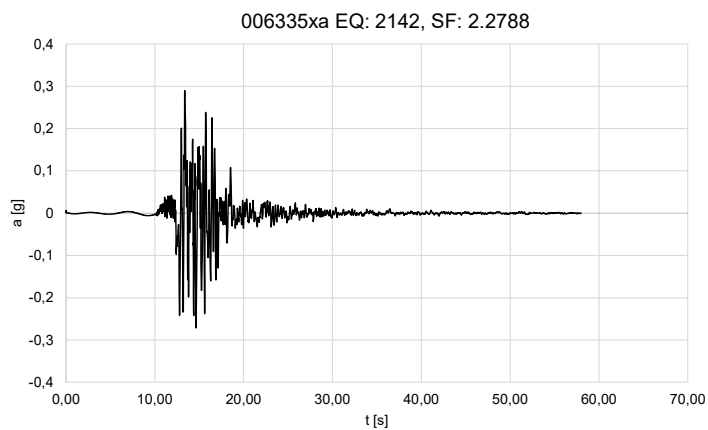


Figura 8-71 Accelerogramma 4 (006335xa)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

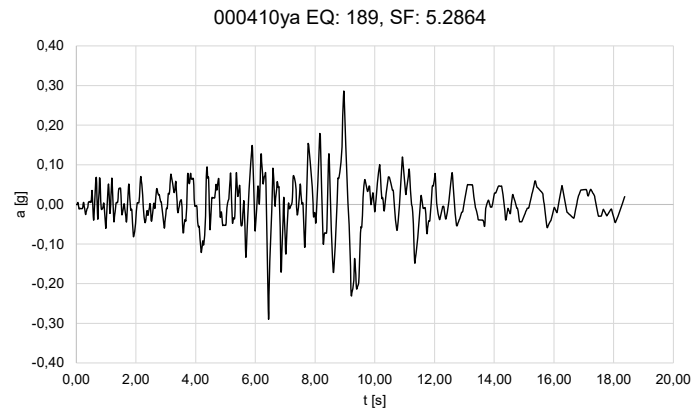


Figura 8-72 Accelerogramma 5 (000410ya)

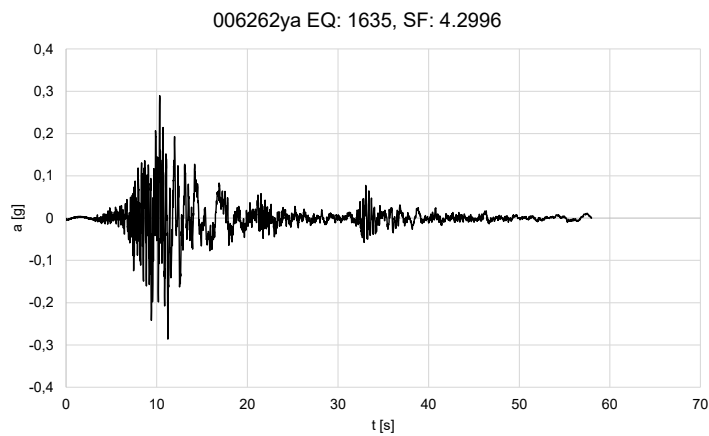


Figura 8-73 Accelerogramma 6 (006262ya)

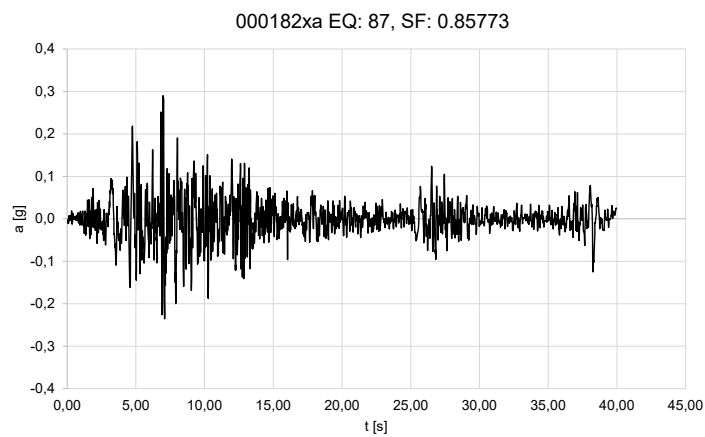


Figura 8-74 Accelerogramma 7 (000182xa)

8.2.1.3 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLC

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gjs.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla Figura 8-75 e alla Figura 8-76, sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=8$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=30$ km;

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

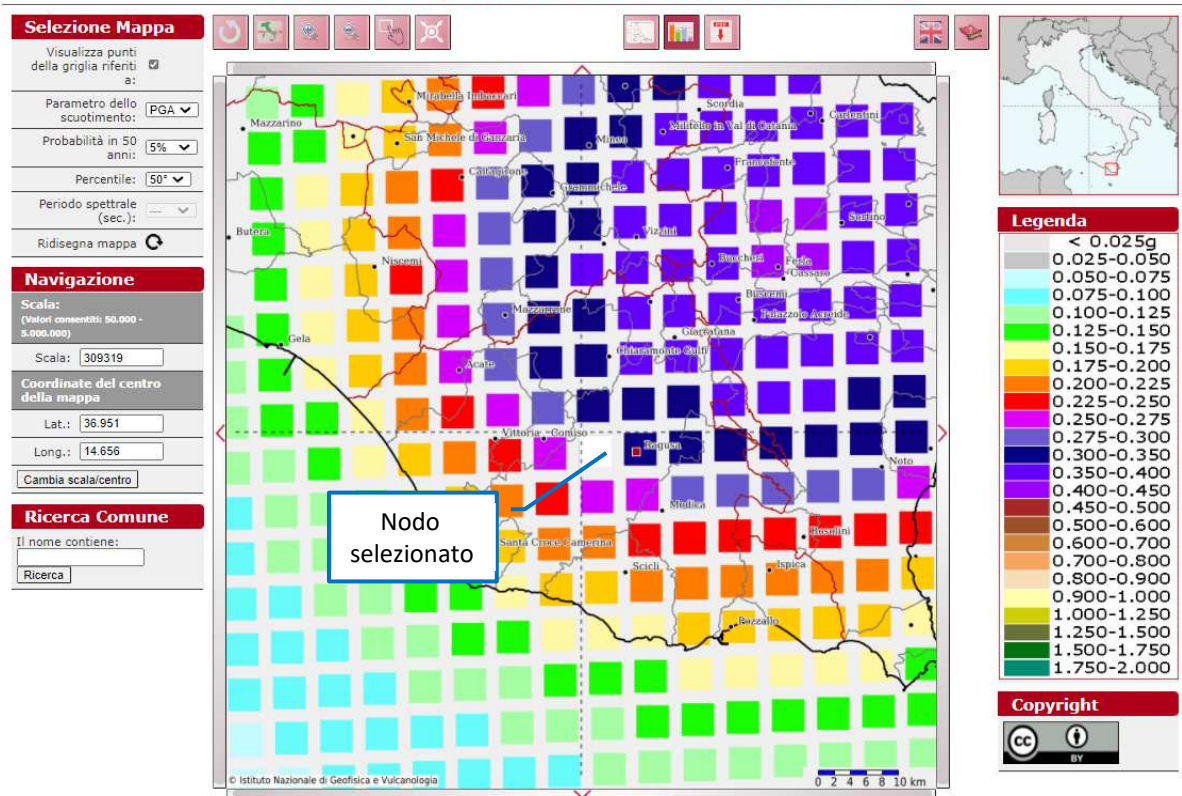


Figura 8-75 Grafico di disaggregazione M-R

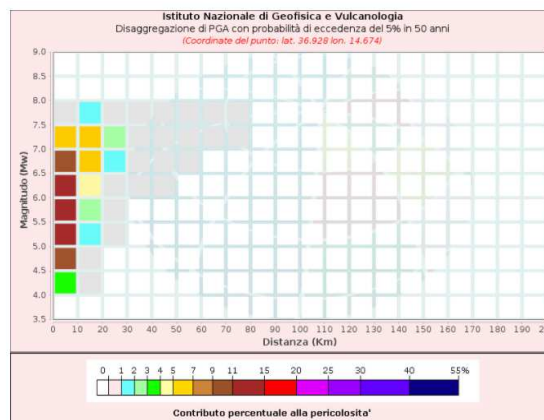


Figura 8-76 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 36.928 lon. 14.674)											
Distanza (km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	3.2400	10.9000	13.7000	14.3000	12.5000	9.4300	6.2200	0.9100	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0007	0.2130	1.1400	2.7300	4.3900	5.4600	5.4900	1.0100	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.1870	0.8620	1.7600	2.5700	0.5770	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0900	0.4600	0.9440	0.2470	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0832	0.3190	0.0977	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0067	0.1130	0.0429	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0166	0.0097	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0019	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.07	8.5	0.732

Figura 8-77 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni

8.2.1.4 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLC

Si riporta in Figura 8-78 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

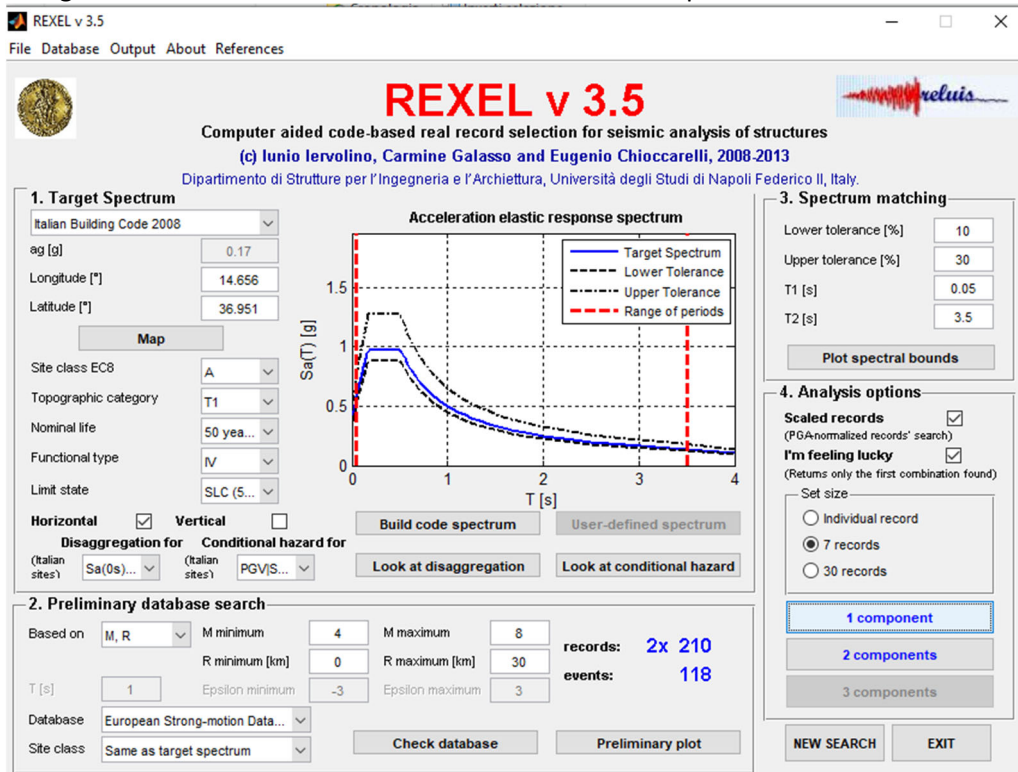


Figura 8-78 Stralcio della schermata di Roxel

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Si riporta nella Tabella 8-4 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

Tabella 8-4 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform	Earthquake	Station ID	Earthquake	Date	Mw	Fault Mec	Epicentra	PGA X [m]	PGA Y [m]	PGV X [m]	PGV Y [m]	ID X	ID Y	Np X	Np Y	EC8 Site class
642	292	ST225	Umbria M	14/10/1997	5,6	normal	23	0,524	0,618	0,0507	0,0522	7,2443	7,7156	0,60762	0,64572	A
292	146	ST98	Campano	23/11/1980	6,9	normal	25	0,5878	0,5876	0,0436	0,0585	16,351	13,7949	0,65537	1,162	A
6335	2142	ST2557	South Icel	21/06/2000	6,4	strike slip	15	1,2481	1,1322	0,1659	0,1083	6,4075	7,0906	0,78039	0,61902	A
198	93	ST64	Montenez	15/04/1979	6,9	thrust	21	1,7743	2,1985	0,1705	0,2591	13,0429	8,1574	0,5081	0,93423	A
6349	2142	ST2558	South Icel	21/06/2000	6,4	strike slip	5	7,2947	8,218	0,4557	0,9202	3,1036	2,2626	0,61082	0,66152	A
4674	1635	ST2486	South Icel	17/06/2000	6,5	strike slip	5	3,1176	3,3109	0,6122	0,2377	4,0709	9,8457	0,79545	0,58565	A
6341	2142	ST2497	South Icel	21/06/2000	6,4	strike slip	20	0,5044	1,0258	0,0876	0,1066	4,7834	3,5637	1,2513	0,95109	A

Si riporta nella Figura 8-79 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

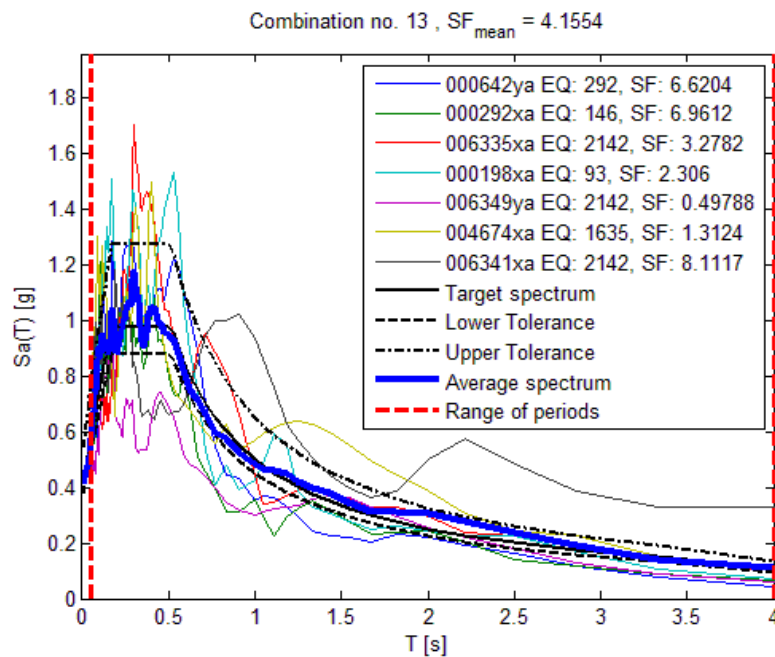


Figura 8-79 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (Figura 8-80 a Figura 8-86):

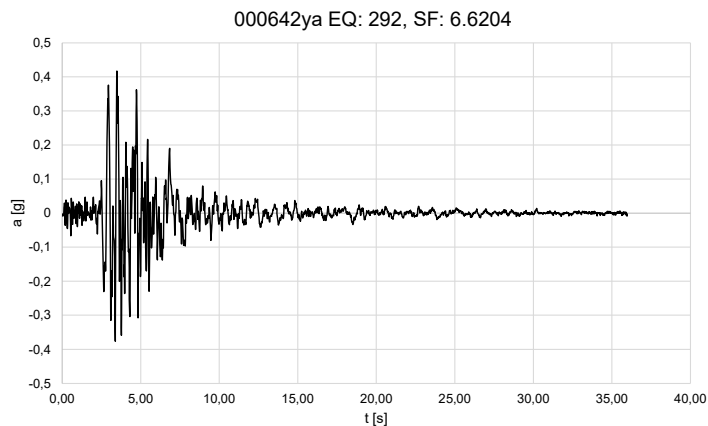


Figura 8-80 Accelerogramma 1 (000642ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

000292xa EQ: 146, SF: 6.9612

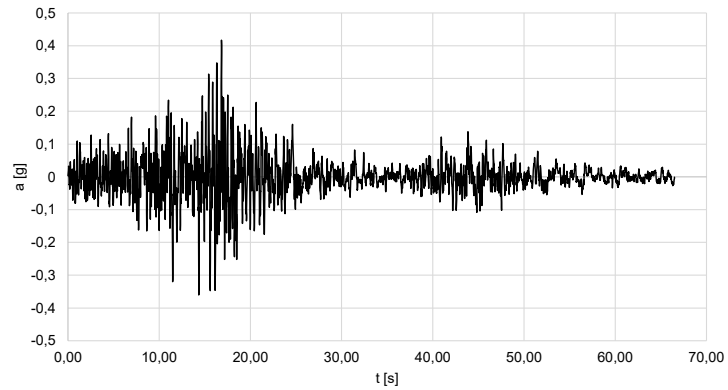


Figura 8-81 Accelerogramma 2 (000292xa)

006335xa EQ: 2142, SF: 3.2782

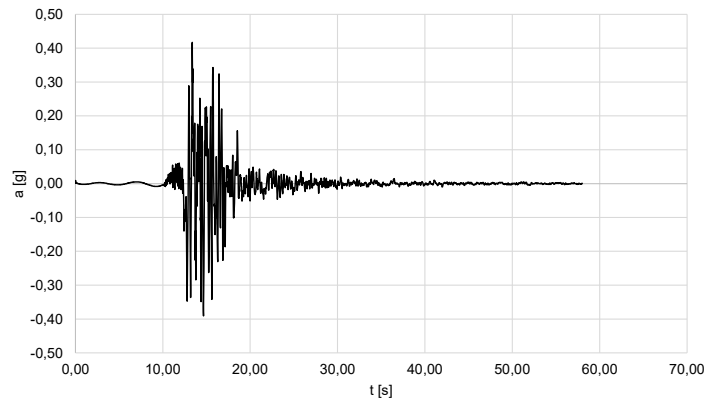


Figura 8-82 Accelerogramma 3 (006335xa)

000198xa EQ: 93, SF: 2.306

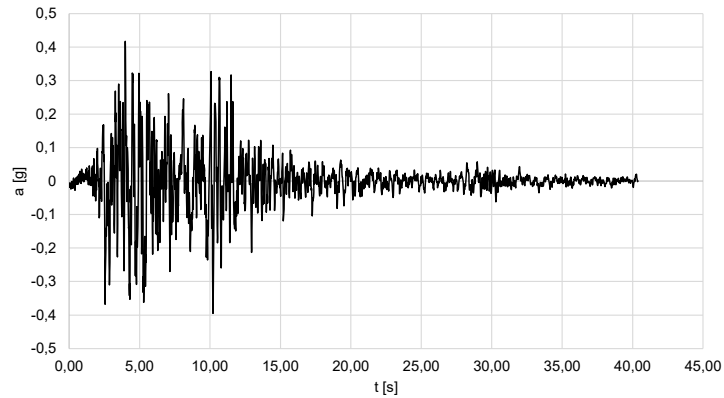


Figura 8-83 Accelerogramma 4 (000198xa)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

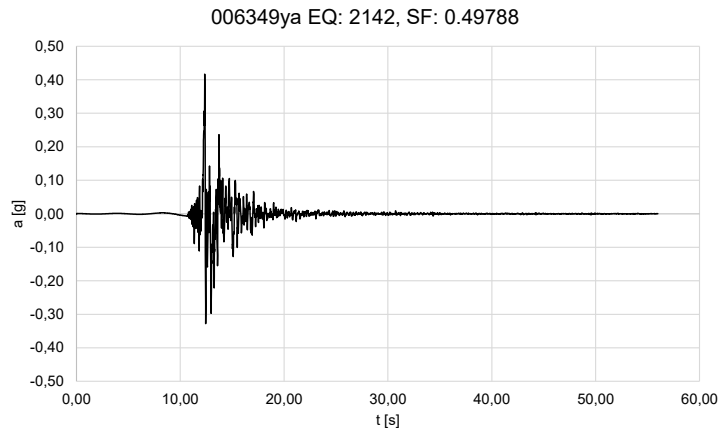


Figura 8-84 Accelerogramma 5 (006349ya)

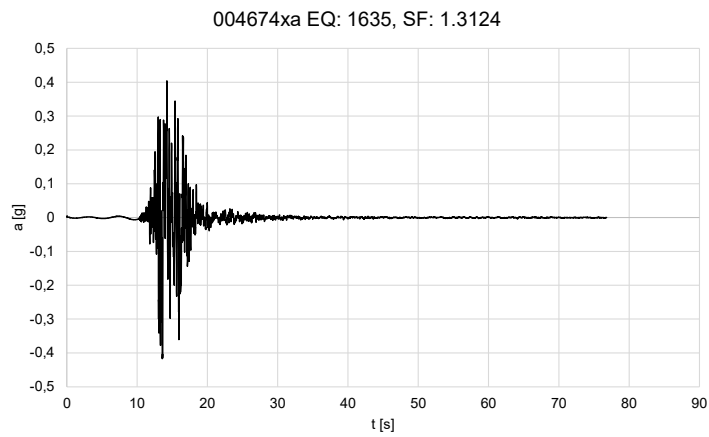


Figura 8-85 Accelerogramma 6 (004674xa)

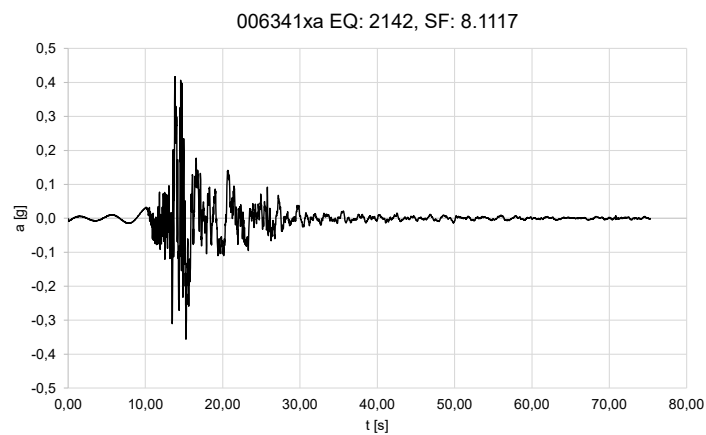


Figura 8-86 Accelerogramma 7 (006341xa)

8.2.1.5 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLD

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gjs.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento Figura 8-87 alla Figura 8-88 e alla sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=7$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=60$ km;



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

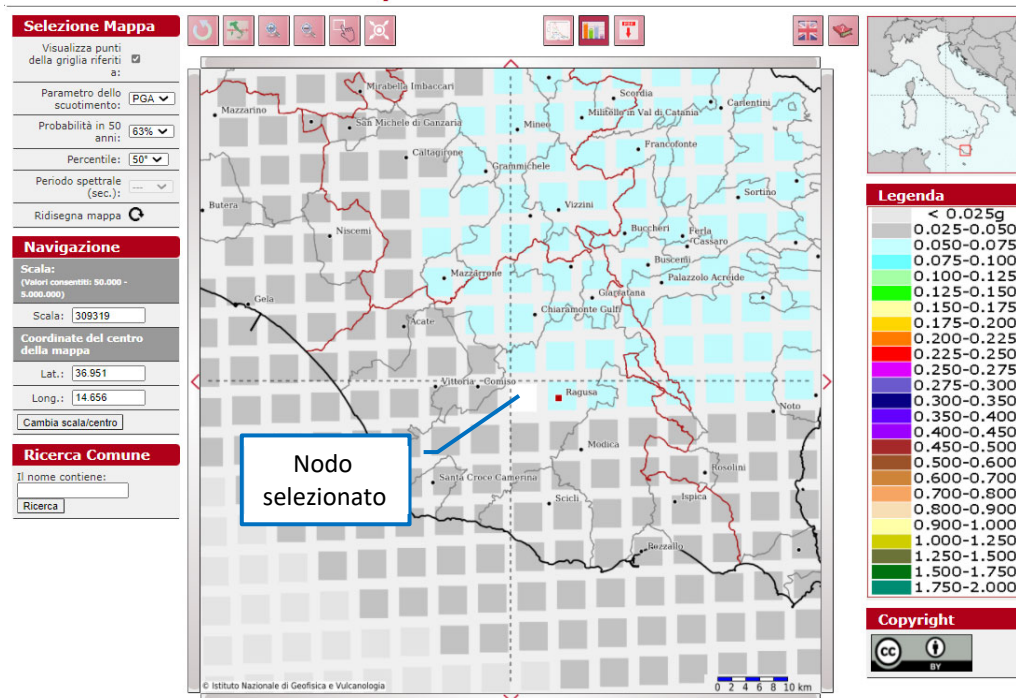


Figura 8-87 Grafico di disaggregazione M-R

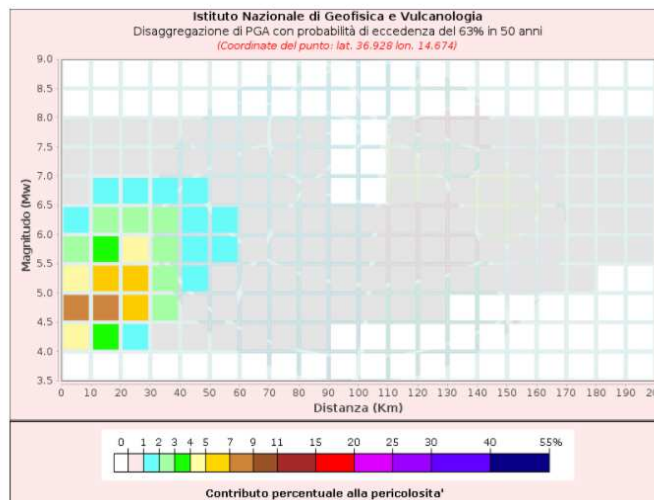


Figura 8-88 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Distanza (Km)	Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 36.928 lon. 14.674)										
	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	4.2800	7.4700	4.1300	2.1600	1.0900	0.5440	0.2700	0.0348	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.9300	8.6600	6.3000	3.9800	2.2500	1.1900	0.6050	0.0783	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.8900	5.2100	5.0400	4.0200	2.7100	1.6100	0.8700	0.1150	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.7070	2.3400	2.8200	2.7200	2.1600	1.4500	0.8580	0.1180	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.2430	0.9680	1.4300	1.6400	1.5200	1.1600	0.7520	0.1080	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0889	0.4470	0.7920	1.0500	1.1100	0.9440	0.6730	0.1020	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0135	0.1080	0.2340	0.3550	0.4170	0.3920	0.3040	0.0480	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0013	0.0467	0.0848	0.1240	0.1620	0.1670	0.1400	0.0232	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0003	0.0923	0.0736	0.0135	0.0191	0.0210	0.0187	0.0032	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0304	0.0393	0.0023	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0346	0.1120	0.1140	0.0212	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0132	0.0955	0.1550	0.0569	0.0380	0.0411	0.0078	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0025	0.0611	0.1320	0.0662	0.0603	0.0687	0.0134	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0223	0.0757	0.0555	0.0647	0.0779	0.0157	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0062	0.0406	0.0459	0.0645	0.0821	0.0170	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0352	0.0429	0.0602	0.0799	0.0171	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028	0.0412	0.0454	0.0513	0.0687	0.0150	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0271	0.0318	0.0330	0.0450	0.0101	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0089	0.0176	0.0224	0.0320	0.0074	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0103	0.0184	0.0281	0.0066	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.46	26.8	-0.149

Figura 8-89 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni

8.2.1.6 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLD

Si riporta in Figura 8-90 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

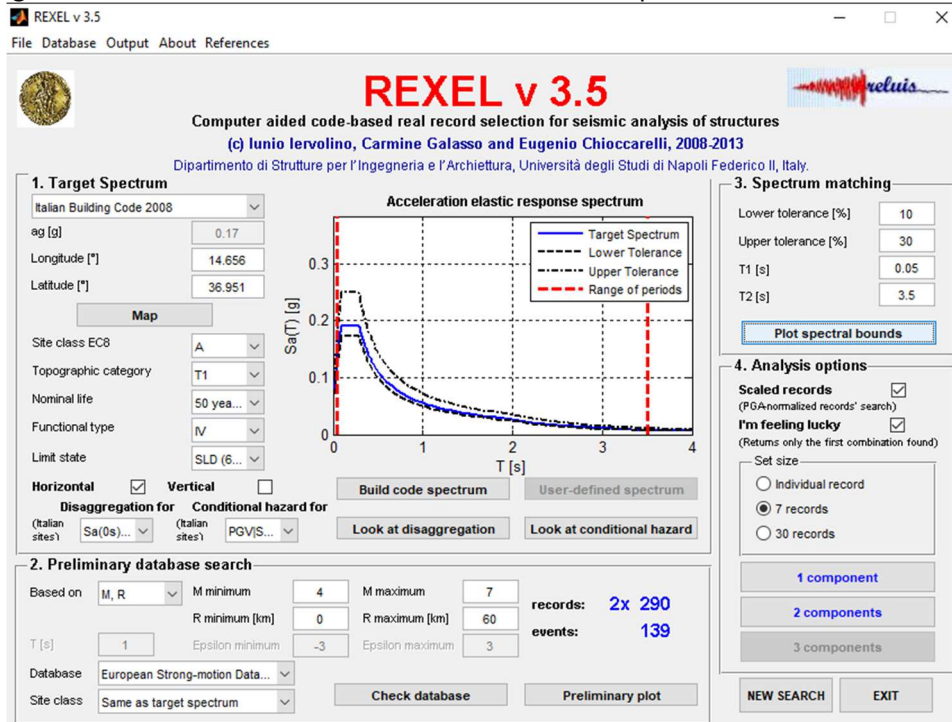


Figura 8-90 Stralcio della schermata di Roxel

Si riporta nella Tabella 8-5 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-5 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform I	Earthquake	Station ID	Earthquake	Date	Mw	Fault Mec	Epicentral	PGA_X [m]	PGA_Y [m]	PGV_X [m]	PGV_Y [m]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6,3	strike slip	14	5,0514	2,9178	0,336	0,2097	7,3341	8,4263	0,64556	0,85171	A
647	292	ST222	Umbria M	14/10/1997	5,6	normal	27	0,1236	0,1545	0,0078	0,0083	12,0456	10,1364	0,68331	0,82013	A
604	286	ST225	Umbria M	26/09/1997	6	normal	37	0,2121	0,2041	0,0111	0,011	14,8446	15,4434	0,74514	0,54051	A
598	286	ST222	Umbria M	26/09/1997	6	normal	27	0,2472	0,317	0,0167	0,0142	11,2898	11,5733	0,93533	0,81272	A
604	286	ST225	Umbria M	26/09/1997	6	normal	37	0,2121	0,2041	0,0111	0,011	14,8446	15,4434	0,74514	0,54051	A
5078	1464	ST2496	Mt. Hengi	04/06/1998	5,4	strike slip	18	0,1325	0,2386	0,0105	0,0193	5,2737	2,6775	0,86643	0,68945	A
350	170	ST129	Biga	05/07/1983	6,1	oblique	56	0,4765	0,4911	0,0558	0,0852	7,7322	3,4212	0,96706	1,113	A

Si riporta nella Figura 8-91 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1

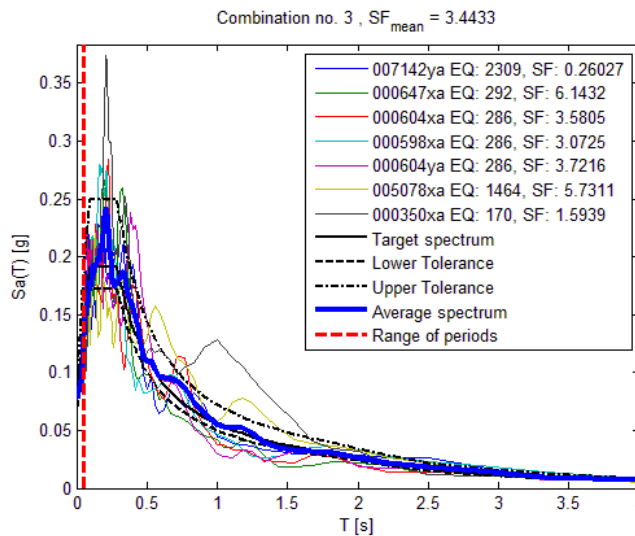


Figura 8-91 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (Figura 8-92 a Figura 8-98):

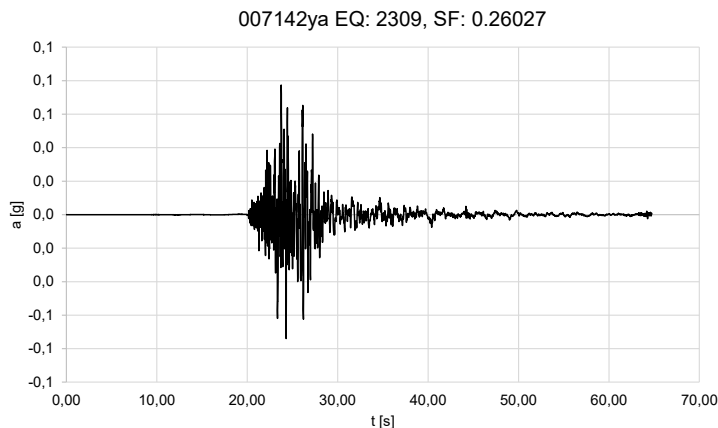


Figura 8-92 Accelerogramma 1 (007142ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

000647xa EQ: 292, SF: 6.1432

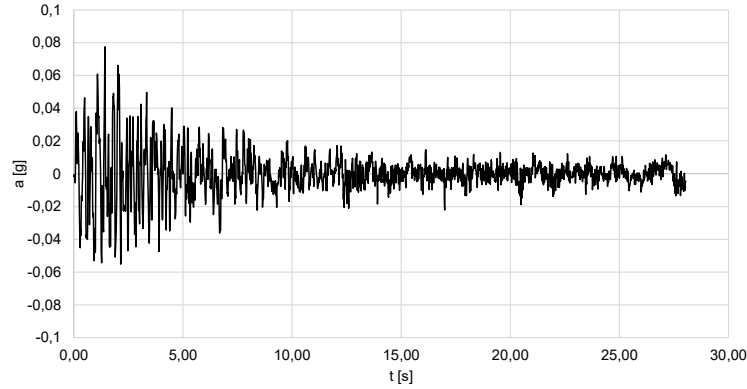


Figura 8-93 Accelerogramma 2 (000647xa)

000604xa EQ: 286, SF: 3.5805

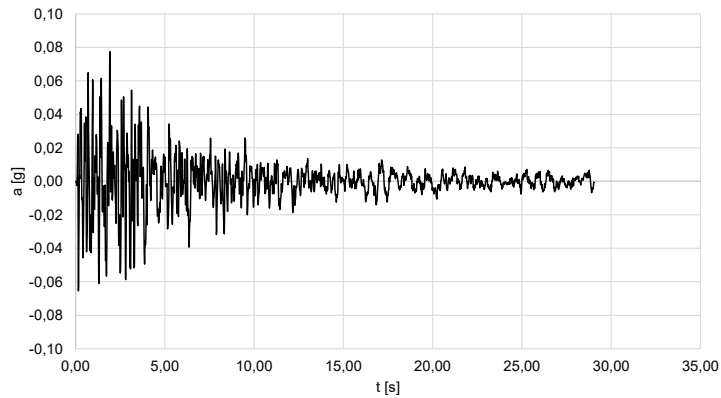


Figura 8-94 Accelerogramma 3 (000604xa)

000598xa EQ: 286, SF: 3.0725

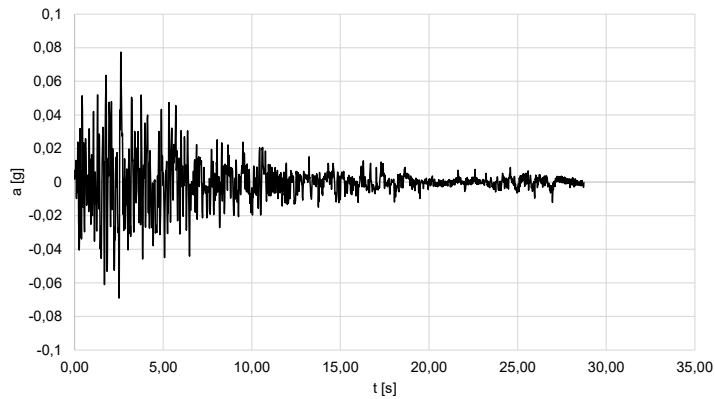


Figura 8-95 Accelerogramma 4 (000598xa)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

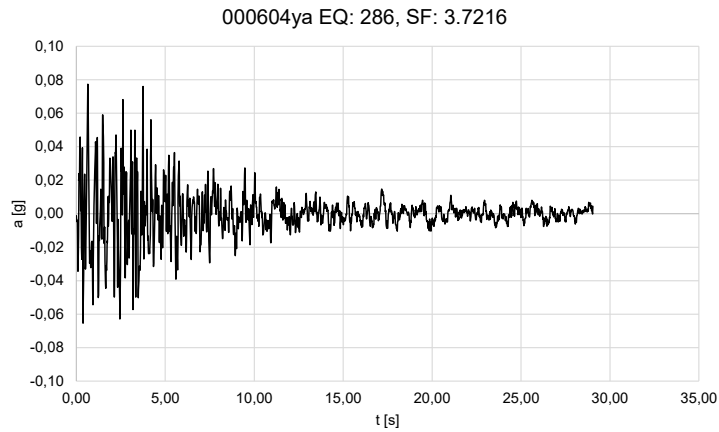


Figura 8-96 Accelerogramma 5 (000604ya)

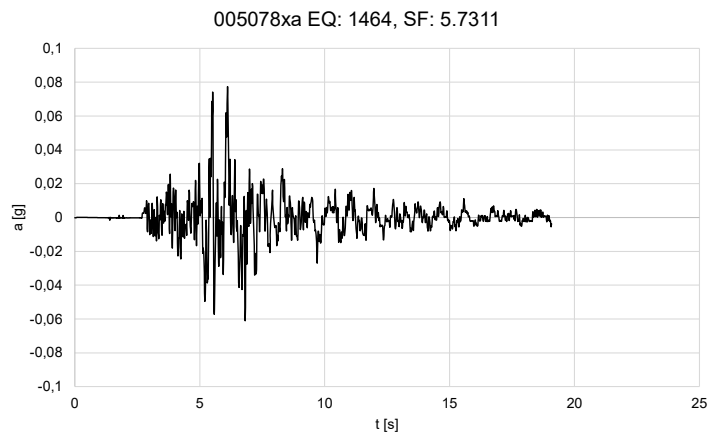


Figura 8-97 Accelerogramma 6 (005078xa)

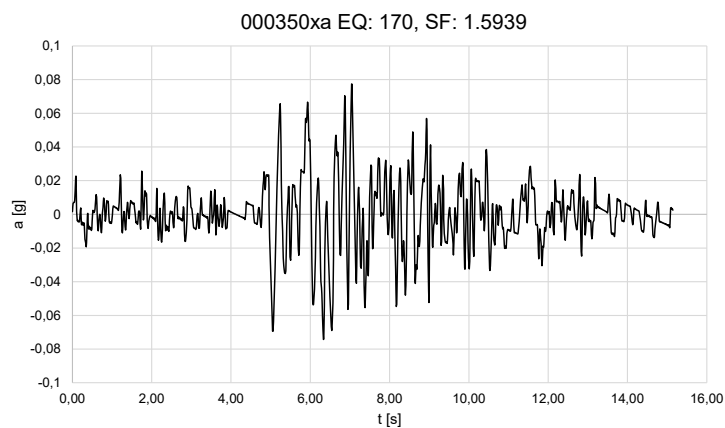


Figura 8-98 Accelerogramma 7 (000350xa)

8.2.2 Caratterizzazione sismica

Con riferimento a quanto riportato al §7.11.13 del D.M. 14/01/2008, le indagini geotecniche volte all'analisi di risposta sismica locale, a rigore, devono consentire la definizione delle condizioni sismo-stratigrafiche di sottosuolo, le proprietà fisiche e meccaniche degli strati del terreno e la profondità del substrato rigido.

A tal fine vengono prese in considerazione le seguenti indagini ubicate in prossimità dell'opera:

- n.1 sondaggi (SE04DH – campagna 2021)
- n.1 stendimenti di sismica a rifrazione (BS003 – campagna 2012-2013)

La Figura 8-99 mostra uno stralcio della planimetria delle indagini geognostiche eseguite nell'area oggetto di studio.

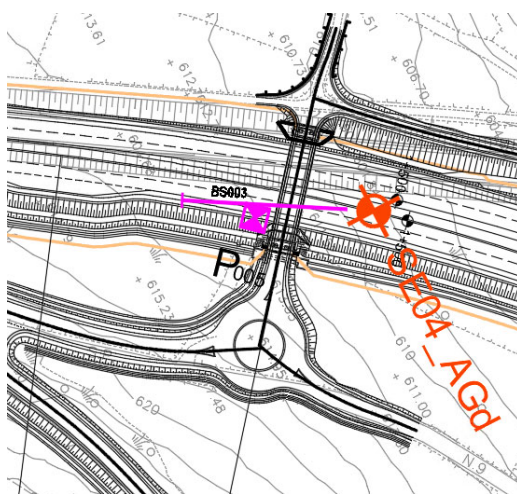


Figura 8-99 Stralcio della planimetria delle indagini per il sito di studio

Mentre, nella Figura 8-100 è presente uno stralcio del profilo geologico.

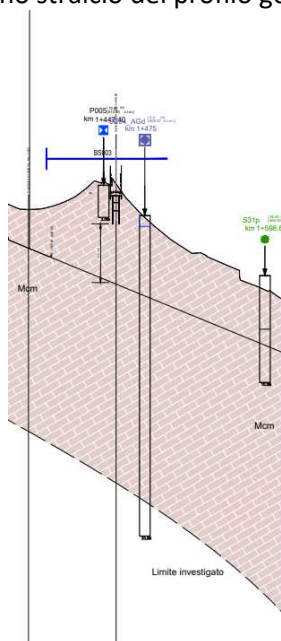


Figura 8-100 Stralcio del profilo geologico asse destro

8.2.2.1 Stendimento sismico a rifrazione

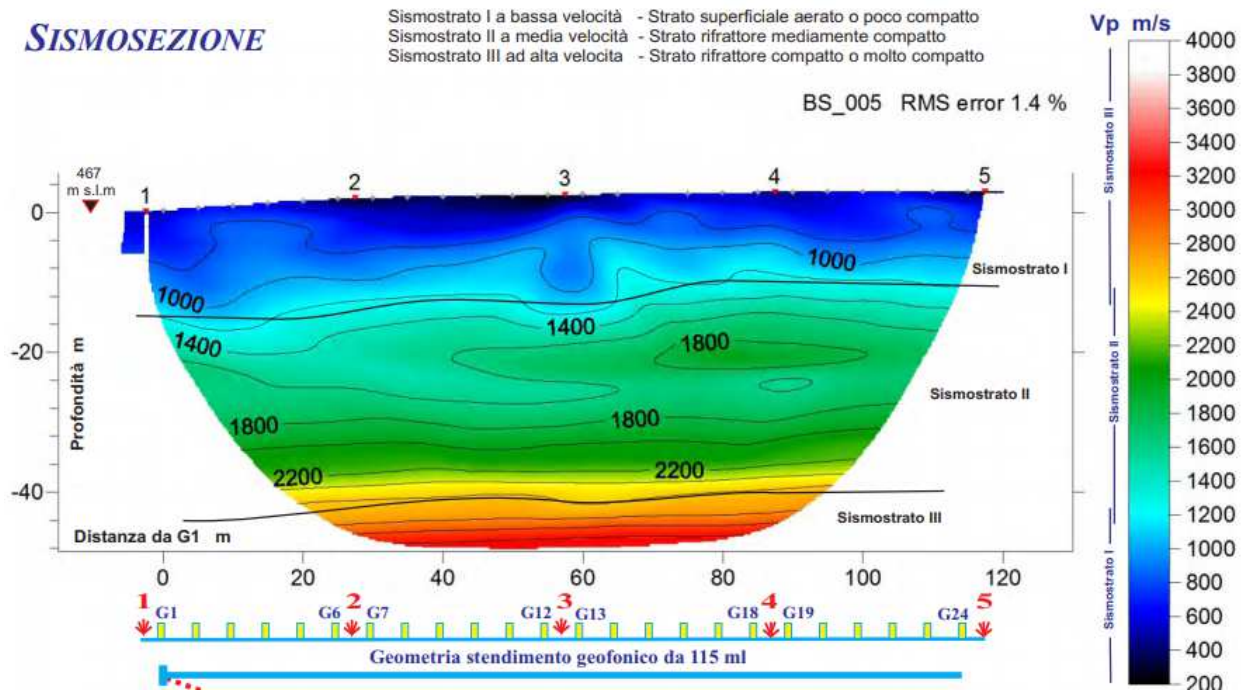


Figura 8-101 Elaborazione tomografica dello stendimento sismico a rifrazione BS_005.

8.2.2.2 Down-Hole SE04 -DH

Nella Figura 8-102 viene riportato il profilo di velocità di propagazione delle onde S ottenuto dalla prova Down-Hole SE04. Come si può osservare si presentano lungo la verticale due inversioni di velocità.

Anche in questo caso risulta necessario eseguire un'analisi di risposta sismica locale seguendo le indicazioni contenute nel §3.2.2 e §7.11.3 del D.M. 14/01/2008.

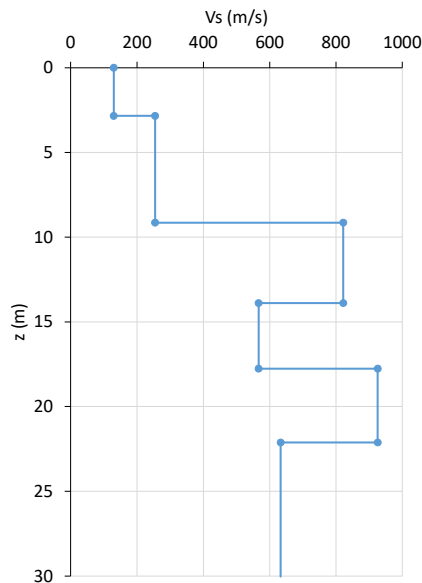


Figura 8-102 Profilo di velocità di propagazione delle onde S ottenuto dalla prova Down-Hole SE04.

8.2.3 RSL – DOWN-HOLE SE04

8.2.3.1 Definizione del modello stratigrafico di sottosuolo – DOWN-HOLE SE04

È stato considerato uno schema di terreno stratificato, delimitato dal piano campagna orizzontale e poggiante su substrato rigido anch'esso orizzontale, posto a una profondità di 35 m.

Il modello geotecnico di sottosuolo è stato ottenuto sulla base del profilo geotecnico. Nel caso in esame le unità presenti nel banco sono:

- M_{cm} (terreni prevalentemente calcarenitici) del tipo sabbia con ghiaia caratterizzata da un perso in volume pari a $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da Seed & Idriss (1991), valida per materiali a grana grossa;
- M_{cm} (terreni prevalentemente calcarenitici) del tipo litoide caratterizzata da un perso in volume pari a $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ una curva di decadimento della rigidezza a taglio per materiali rocciosi proposta da Idriss (1972).

Nelle Figura 8-104 e vengono riportate rispettivamente, in blu la curva di decadimento e in arancione la curva di smorzamento utilizzate per le analisi.

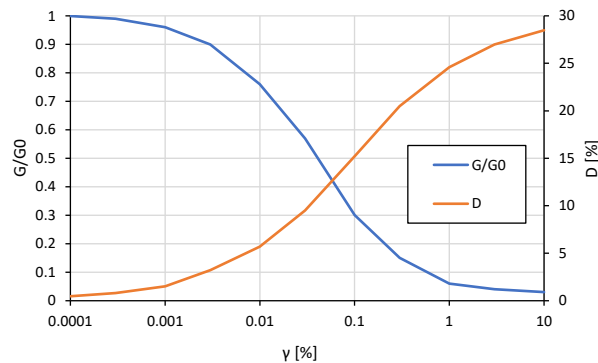


Figura 8-103 Curve di decadimento della rigidezza a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Seed & Idriss (1991)

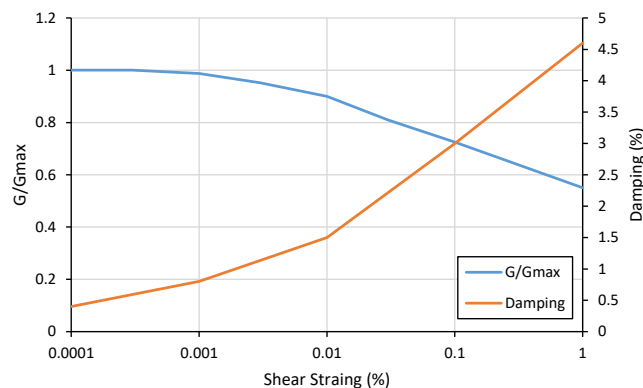


Figura 8-104 Curve di decadimento della rigidezza a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Idriss (1972)

Nella Figura 8-105 si porta la stratigrafia di calcolo:

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

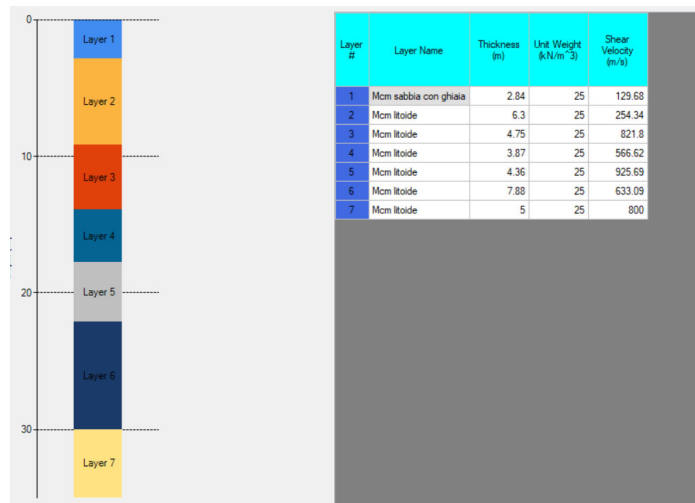


Figura 8-105 Stralcio della stratigrafia di calcolo ottenuta dal programma Deepsoil

Nel modello si è ipotizzato che alla base del deposito sia presente un substrato avente comportamento visco-elastico lineare, caratterizzato da un peso di volume pari a 25 kN/m³, un coefficiente di smorzamento pari al 5% e una velocità di propagazione delle onde S pari a 800 m/s. La falda è stata posizionata ad una profondità di 35m da p.c.

8.2.3.2 Risultati – DOWN-HOLE S04

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica in termini di:

- spettro di risposta elastico delle accelerazioni, calcolato a piano campagna (quota ritenuta rappresentativa per le spalle del cavalcavia).
- profilo medio di accelerazioni massima con la profondità.

8.2.3.2.1 Risultati – SLV – DOWN-HOLE S04

In Figura 8-106 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-107, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

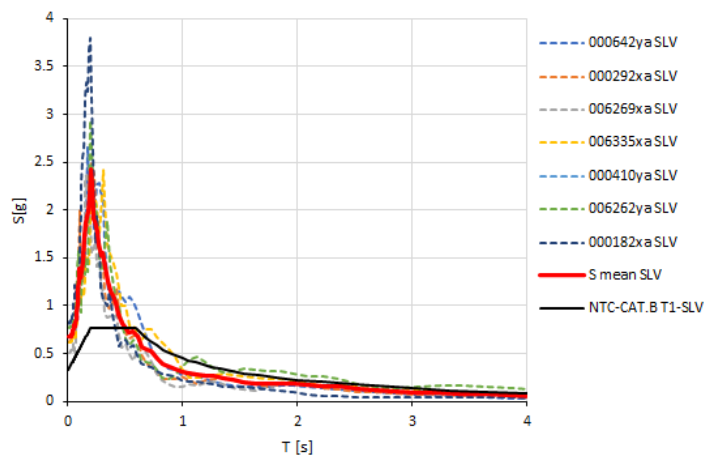


Figura 8-106 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

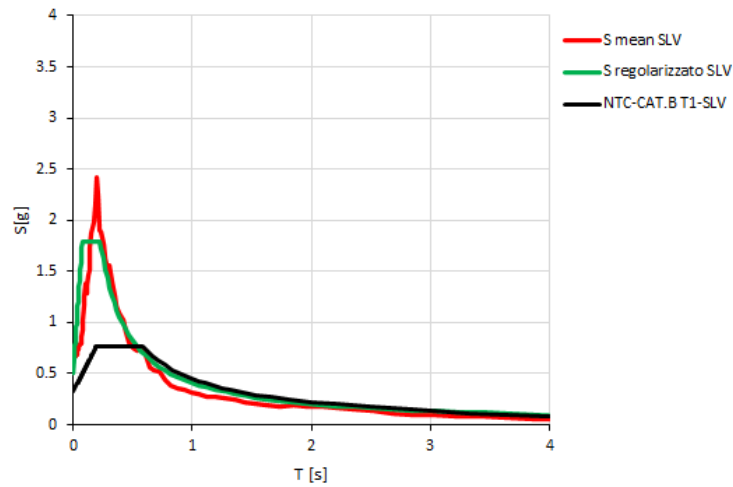


Figura 8-107 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

In Figura 8-108 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

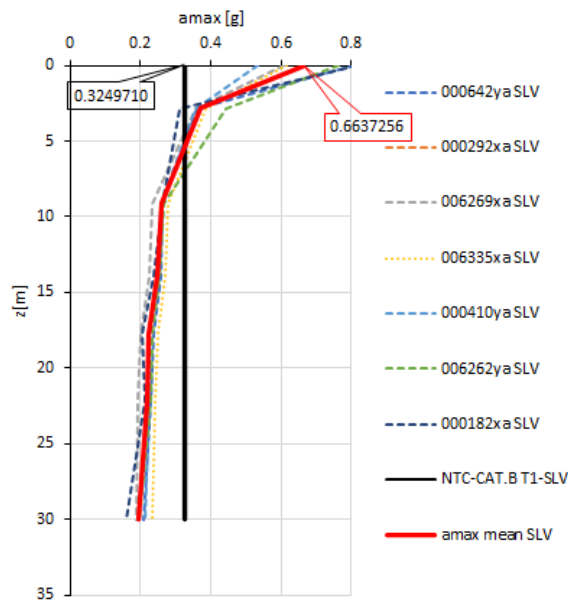


Figura 8-108 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.2.3.2.2 Risultati – SLC – DOWN-HOLE S04

In Figura 8-109 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-110, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

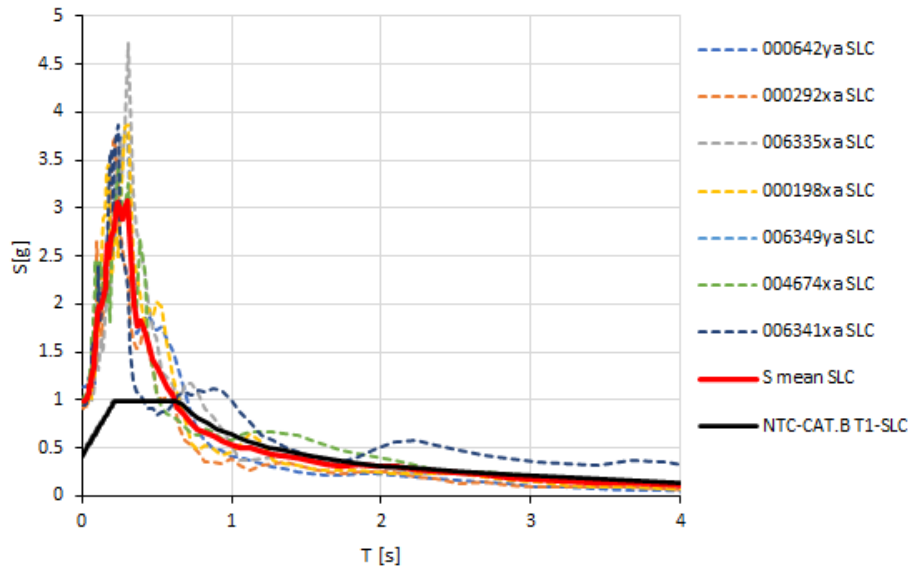


Figura 8-109 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

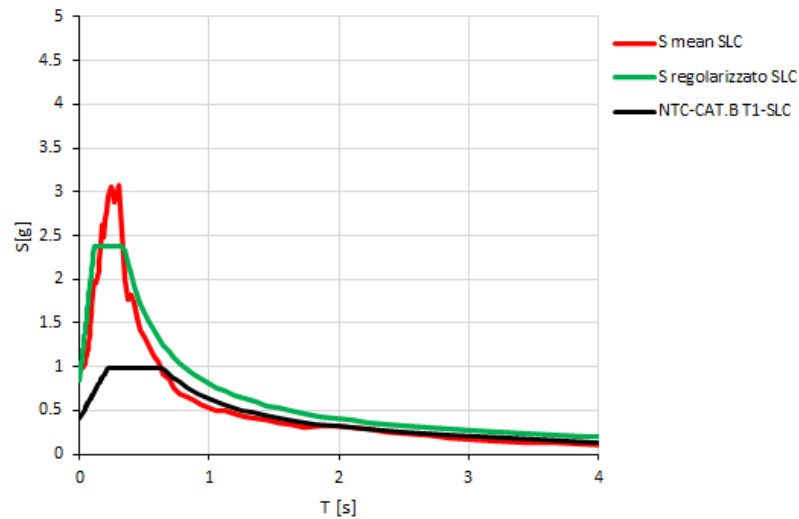


Figura 8-110 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

In Figura 8-111 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

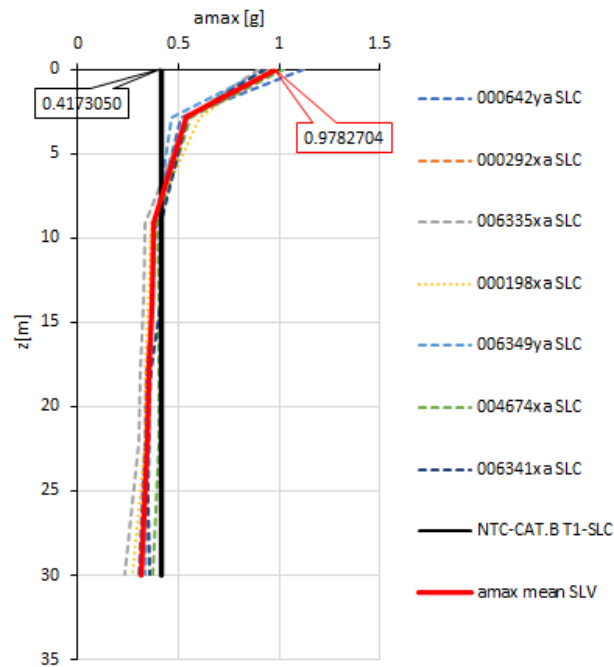


Figura 8-111 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.2.3.2.3 Risultati – SLD – DOWN-HOLE S04

In Figura 8-166 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-167, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

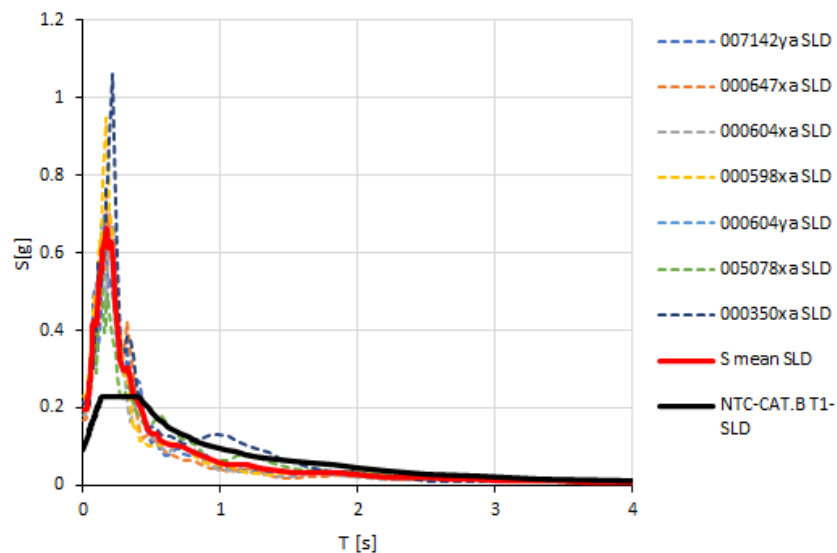


Figura 8-112 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

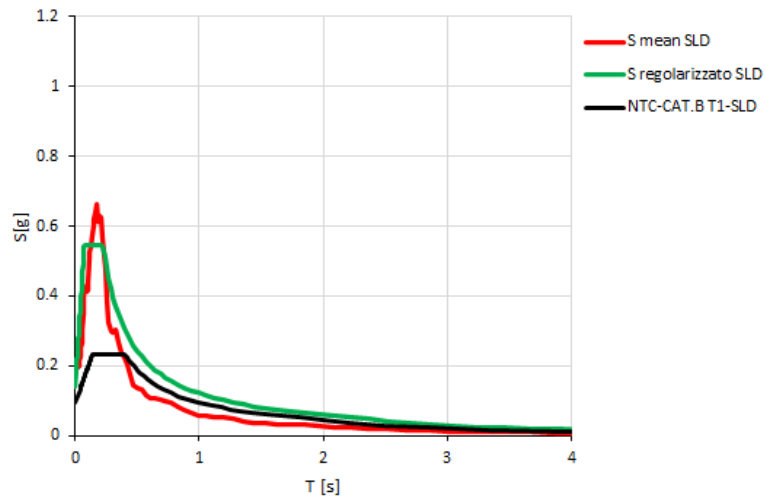


Figura 8-113 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

In Figura 8-168 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

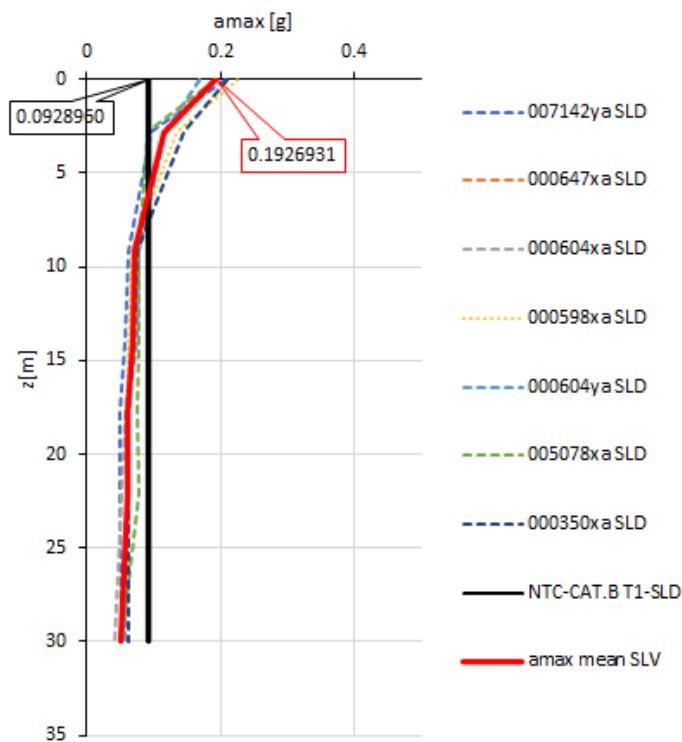


Figura 8-114 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.3 CAVALCAVIA PK 12+325 (0+964 EX L2 PD)

8.3.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione locale

Per effettuare le analisi di risposta sismica locale è necessario individuare almeno 7 accelerogrammi di riferimento compatibili con lo spettro di risposta elastico per il sito di riferimento. In particolare, gli accelerogrammi devono rispettare le indicazioni di compatibilità indicate al §3.2.3.6 del D.M. 14/01/2008 e al §3.2.3.6 nella Circolare n. 617 del 2/02/2009.

Per la definizione dello spettro di risposta elastico è necessario definire alcuni parametri tra cui:

- le coordinate del sito;
- il periodo di riferimento V_R ;
- lo stato limite di progetto di riferimento.

Le coordinate del sito sono state ottenute dal sito internet <https://www.google.com/intl/it/earth/> (Figura 8-115).

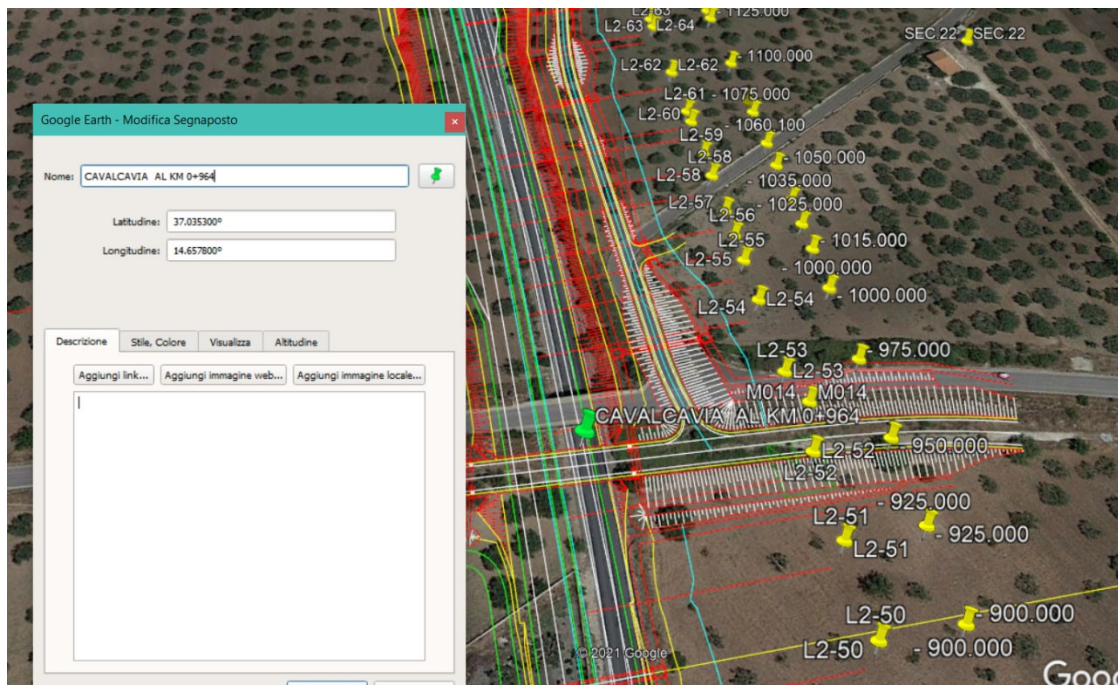


Figura 8-115 Individuazione coordinate del sito

Così come definito nel Paragrafo 4, per il dimensionamento dell'opera sono stati assunti i seguenti parametri:

- $V_N = 50$ anni;
- Classe d'uso IV ($C_u = 2$)
- Periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_u = (50 \text{ anni}) \times 2 = 100$ anni

Gli stati limite di riferimento per le seguenti analisi sono lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), lo Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) e Stato limite di Danno (SLD).

8.3.1.1 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLV

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Per cui, con riferimento alla Figura 8-116 e alla Figura 8-117, sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{\min}=4$ e $M_{\max}=7,5$;
- R (distanza) compresa tra $R_{\min}=0$ km e $R_{\max}=30$ km;

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

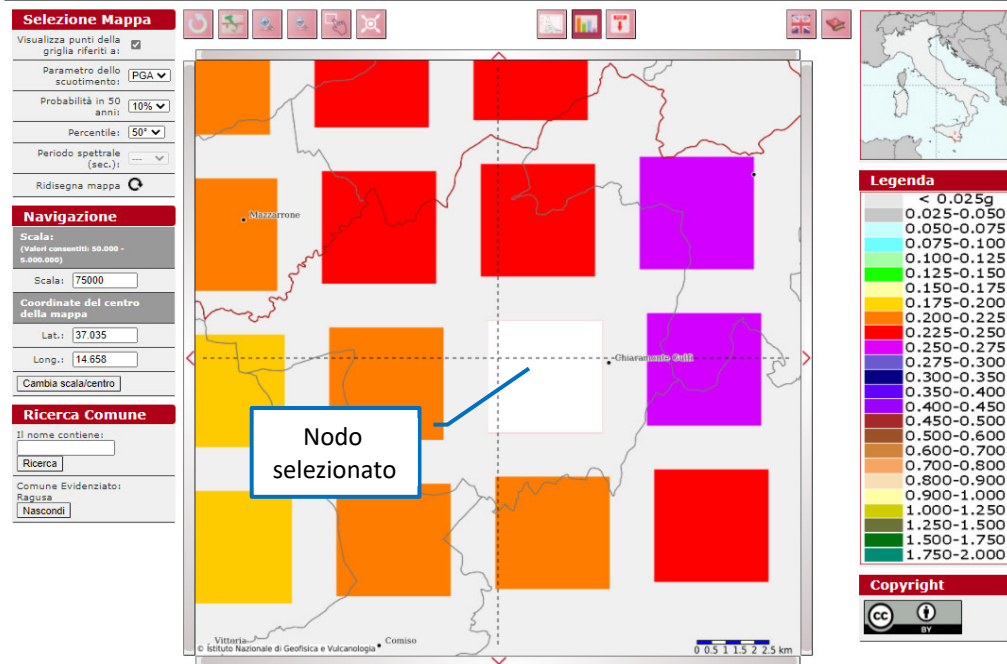


Figura 8-116 Grafico di disaggregazione M-R

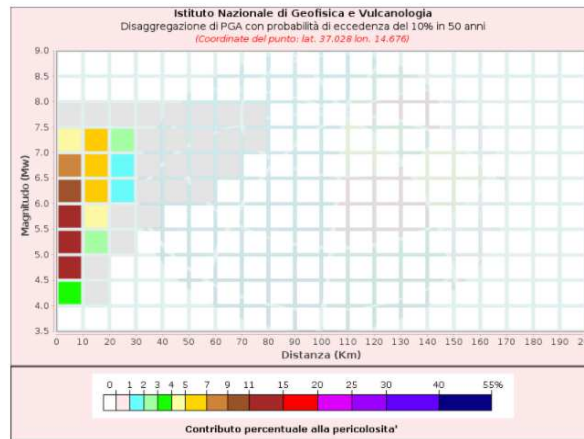


Figura 8-117 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PCA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.028 lon. 14.676)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	3.8700	12.1000	13.9000	13.4000	10.9000	7.7000	4.7900	0.6780	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0656	0.7550	2.2300	4.0200	5.4300	5.8600	5.1800	0.8860	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0571	0.4510	1.0800	1.7200	2.1200	0.4330	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143	0.1780	0.4550	0.7470	0.1780	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0195	0.1470	0.3280	0.0882	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0370	0.1360	0.0413	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0209	0.0074	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0007	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.98	9.23	0.631

Figura 8-118 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

8.3.1.2 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLV

Si riporta in Figura 8-119 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

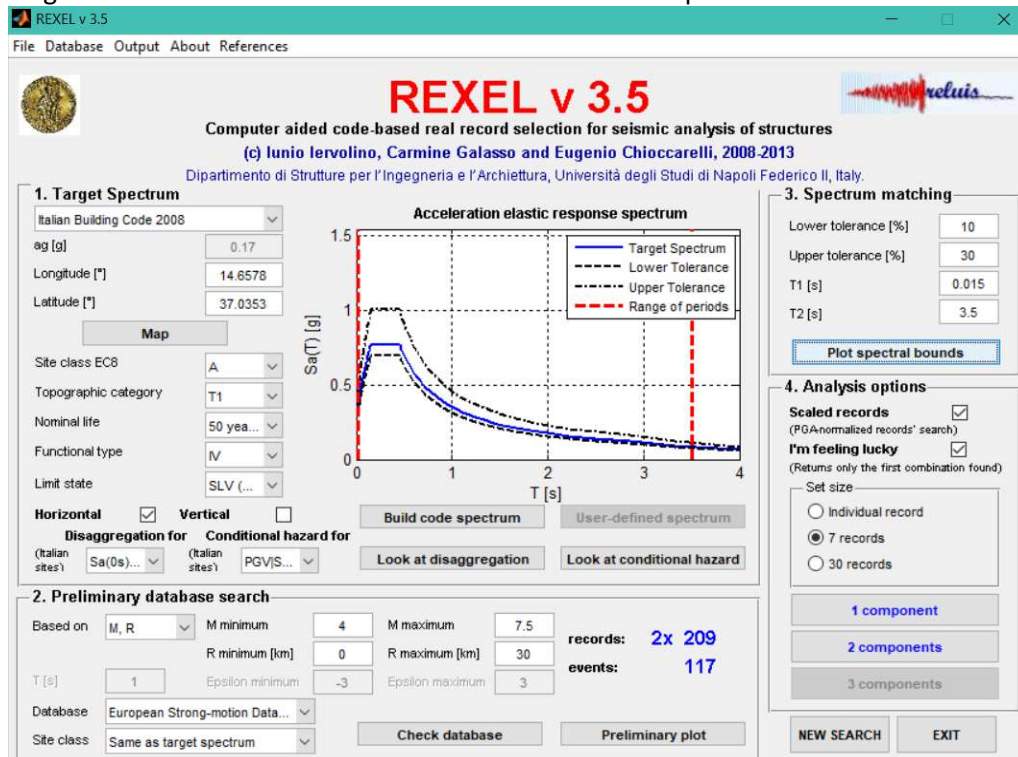


Figura 8-119 Stralcio della schermata di Roxel

Si riporta nella Tabella 8-6 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-6 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	A _X [m/s ²]	A _Y [m/s ²]	GV _X [m/s ²]	GV _Y [m/s ²]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	C8 Site clas
642	292	ST225	bria Marche (aftersh)	14/10/1997	5,6	normal	23	0.524	0.618	0.0507	0.0522	7.2443	7.7156	0.60762	0.64572	A
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6,9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.7949	0.65537	1.162	A
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6,9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.7949	0.65537	1.162	A
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7,3	oblique	12	3.316	3.7789	0.1768	0.2457	17.1433	10.8341	0.67726	0.65682	A
6335	2142	ST2557	uth Iceland (aftersh)	21/06/2000	6,4	strike slip	15	1.2481	1.1322	0.1659	0.1083	6.4075	7.0906	0.78039	0.61902	A
198	93	ST64	Montenegro	15/04/1979	6,9	thrust	21	1.7743	2.1985	0.1705	0.2591	13.0429	8.1574	0.5081	0.93423	A
6327	2142	ST2552	uth Iceland (aftersh)	21/06/2000	6,4	strike slip	24	1.2466	0.5814	0.083	0.0713	4.2339	6.5454	1.0673	0.90209	A

Si riporta nella Figura 8-120 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

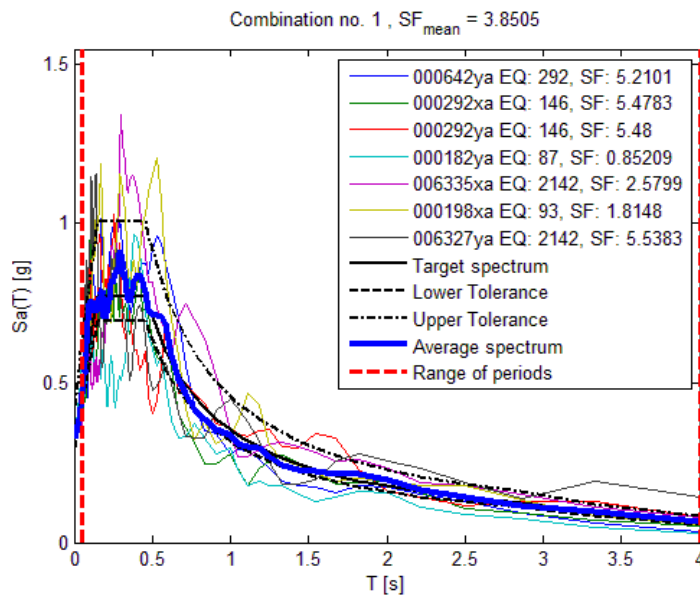


Figura 8-120 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (da Figura 8-121 a Figura 8-127):

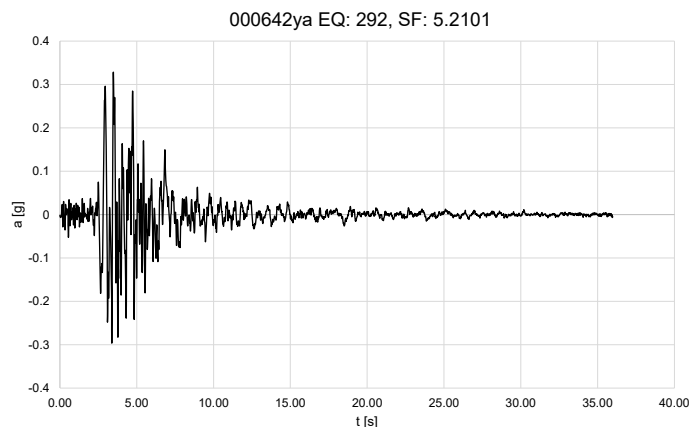


Figura 8-121 Accelerogramma 1 (000642ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

000292xa EQ: 146, SF: 5.4783

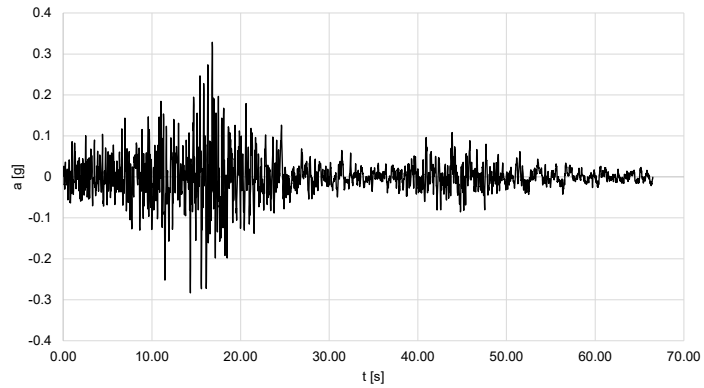


Figura 8-122 Accelerogramma 2 (000292xa)

000292ya EQ: 146, SF: 5.48

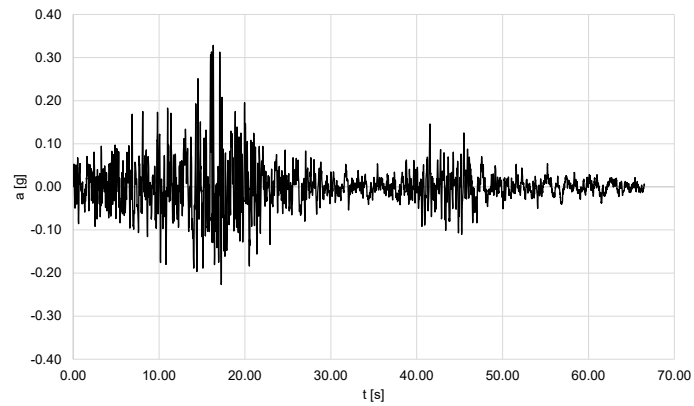


Figura 8-123 Accelerogramma 3 (000292ya)

000182ya EQ: 87, SF: 0.85209

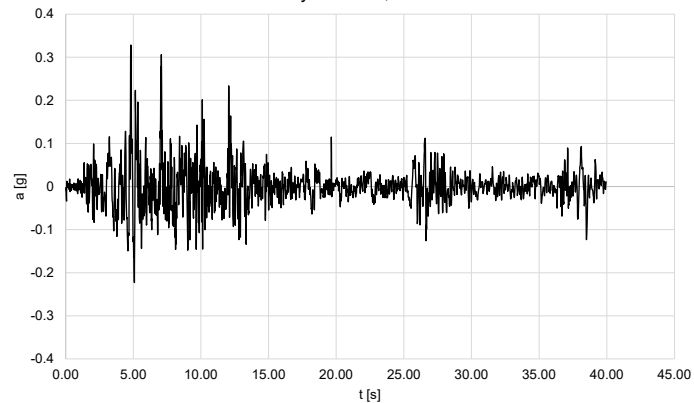


Figura 8-124 Accelerogramma 4 (000182ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

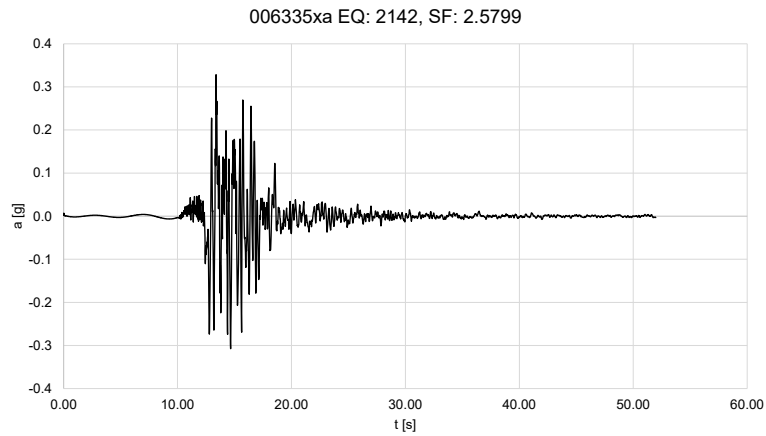


Figura 8-125 Accelerogramma 5 (006335xa)

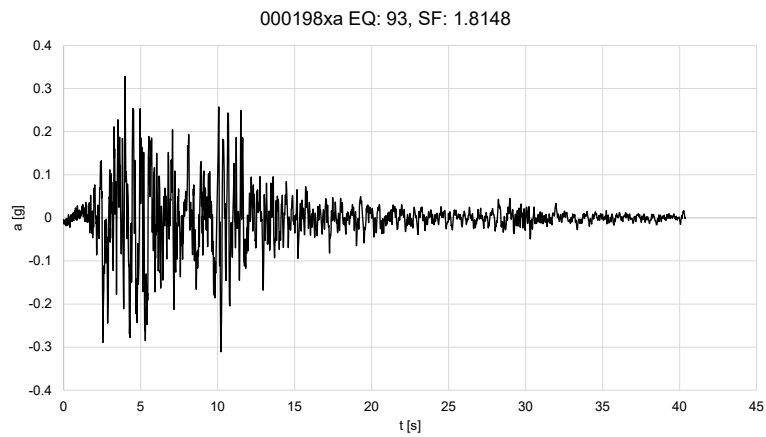


Figura 8-126 Accelerogramma 6 (000198xa)

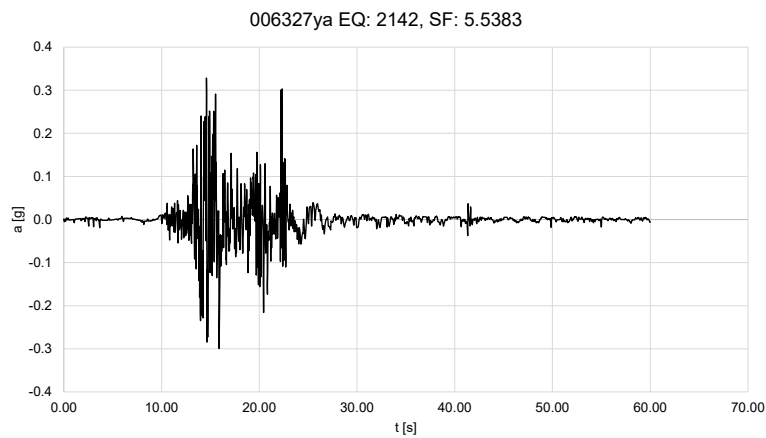


Figura 8-127 Accelerogramma 7 (006327ya)

8.3.1.3 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLC

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gjs.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla Figura 8-128 e alla Figura 8-129, sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=8$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=30$ km;



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

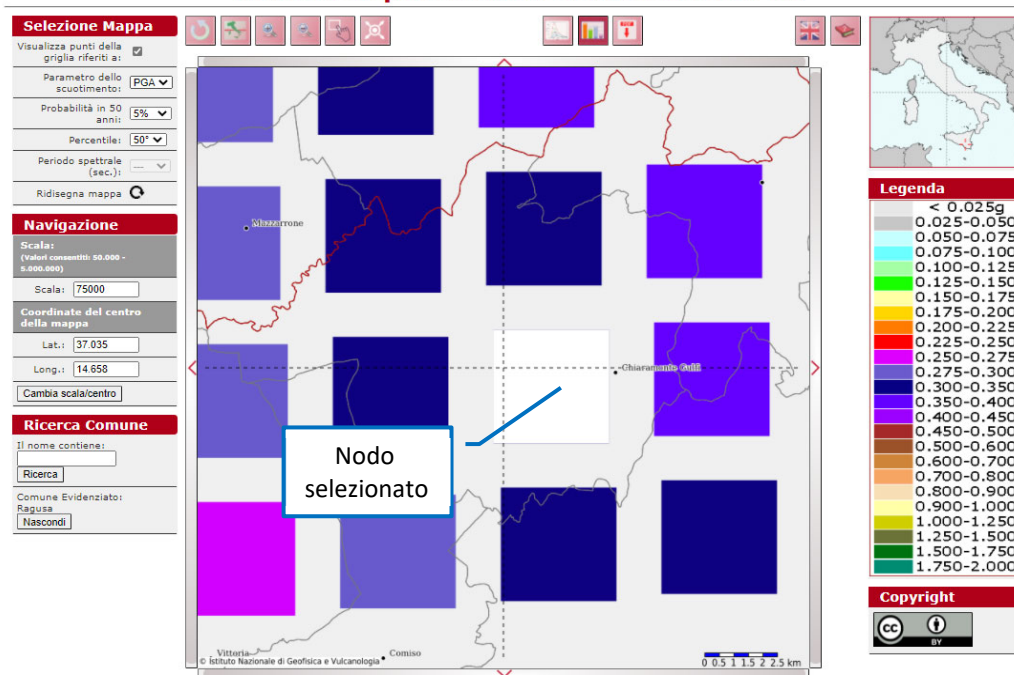


Figura 8-128 Grafico di disaggregazione M-R

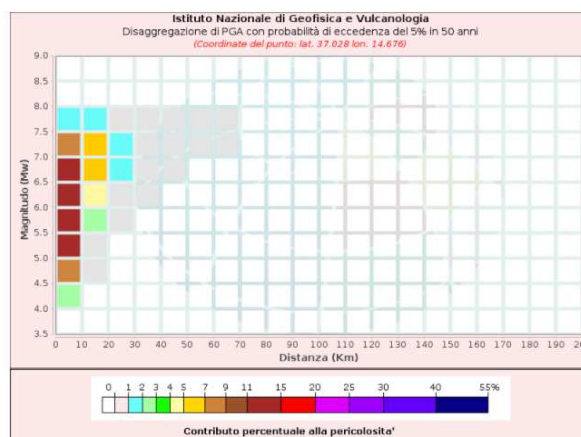


Figura 8-129 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PCA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.028 lon. 14.676)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	2.1900	8.5200	12.6000	14.9000	14.6000	12.2000	8.7800	1.3500	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0472	0.6590	2.1500	4.0700	5.7000	6.3300	1.2300	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0373	0.4070	1.0700	1.7700	0.4240	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.1570	0.4460	0.1280	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.1350	0.0487	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0290	0.0168	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0017	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.18	7.71	0.828

Figura 8-130 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni

8.3.1.4 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLC

Si riporta in Figura 8-131 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

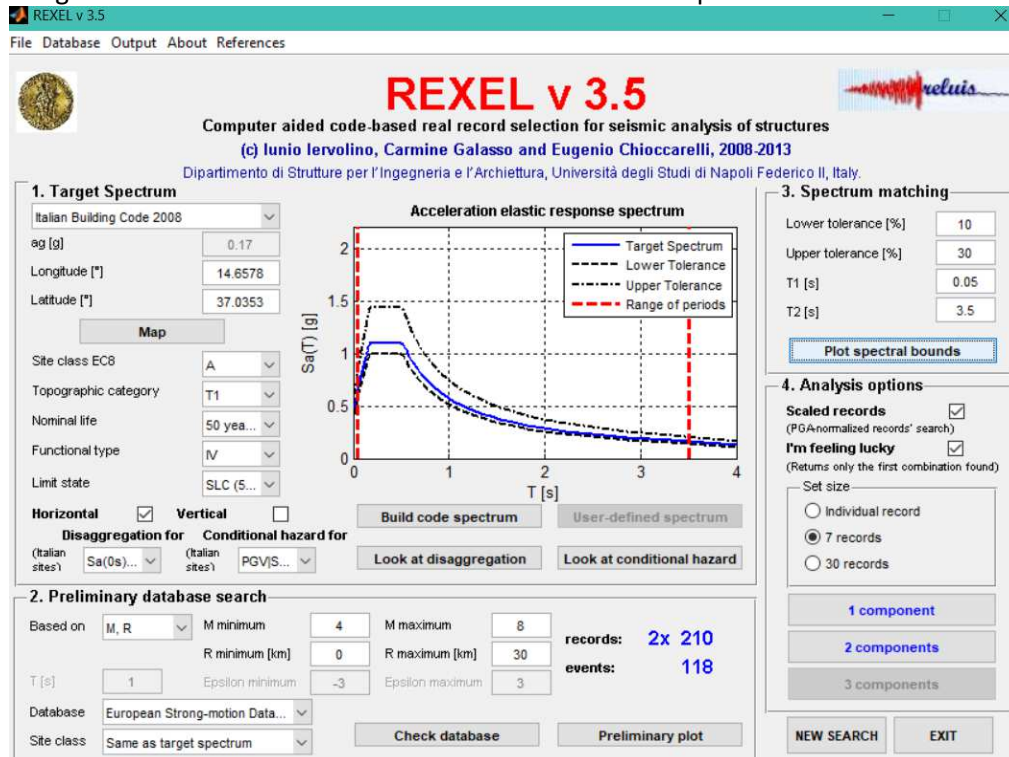


Figura 8-131 Stralcio della schermata di Roxel

Si riporta nella Tabella 8-7 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-7 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Central Distance	GA_X [m/s ²]	GA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
642	292	ST225	ria Marche (aftersh)	14/10/1997	5.6	normal	23	0.524	0.618	0.0507	0.0522	7.2443	7.7156	0.60762	0.64572	A
6331	2142	ST2486	th Iceland (aftersh)	21/06/2000	6.4	strike slip	22	0.513	0.386	0.0572	0.0397	6.5052	7.101	1.0681	0.76636	A
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.7949	0.65537	1.162	A
6349	2142	ST2558	th Iceland (aftersh)	21/06/2000	6.4	strike slip	5	7.2947	8.218	0.4557	0.9202	3.1036	2.2626	0.61082	0.66152	A
6326	2142	ST2496	th Iceland (aftersh)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	1.7476	1.1423	0.0966	0.1765	4.2231	5.5569	0.50963	0.59964	A
1231	472	ST575	Izmit	17/08/1999	7.6	strike slip	9	1.5764	2.1922	0.1901	0.2664	14.5853	9.8068	0.76365	0.99499	A
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	5	3.1176	3.3109	0.6122	0.2377	4.0709	9.8457	0.79545	0.58565	A

Si riporta nella Figura 8-132 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

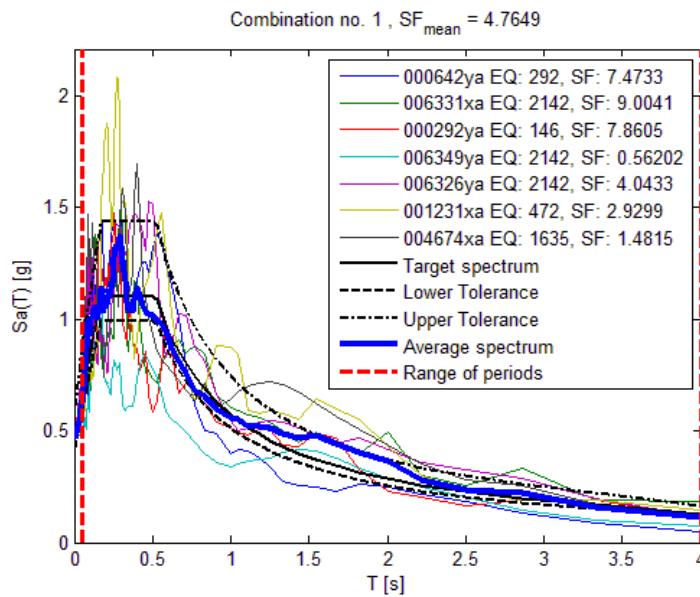


Figura 8-132 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (Figura 8-133 a Figura 8-139):

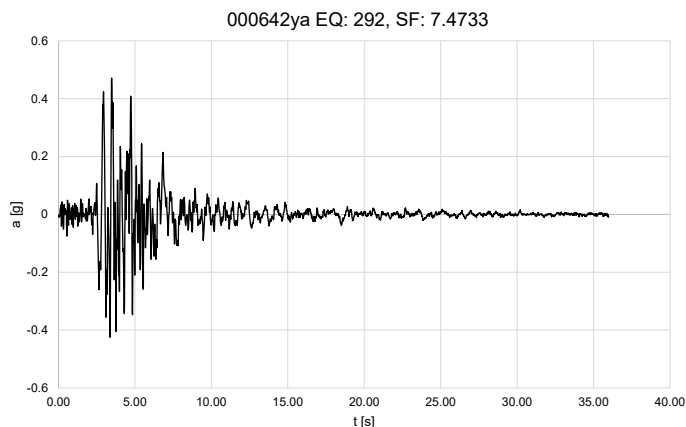


Figura 8-133 Accelerogramma 1 (000642ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

006331xa EQ: 2142, SF: 9.0041

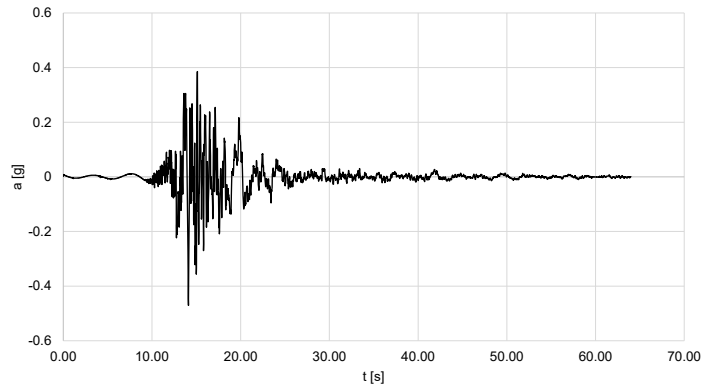


Figura 8-134 Accelerogramma 2 (006331xa)

000292ya EQ: 146, SF: 7.8605

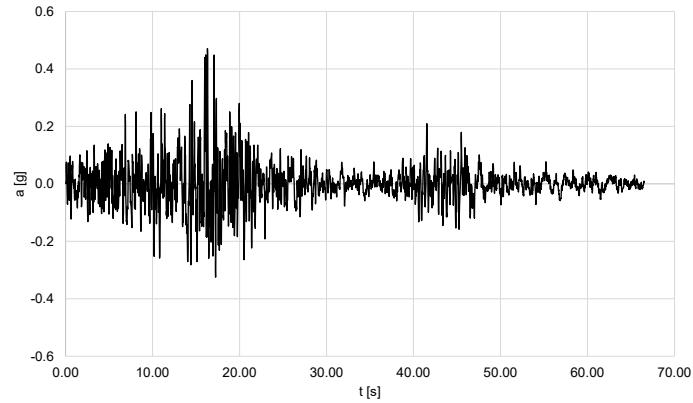


Figura 8-135 Accelerogramma 3 (000292ya)

006349ya EQ: 2142, SF: 0.56202

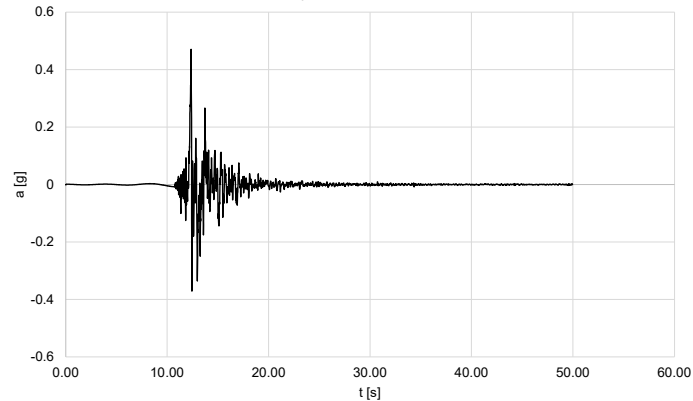


Figura 8-136 Accelerogramma 4 (006349ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

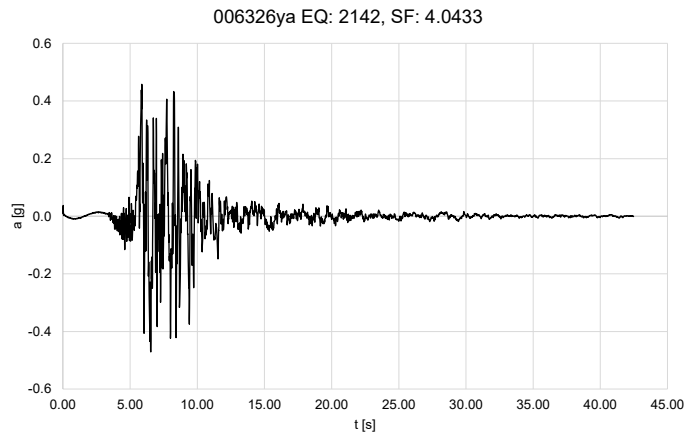


Figura 8-137 Accelerogramma 5 (006326ya)

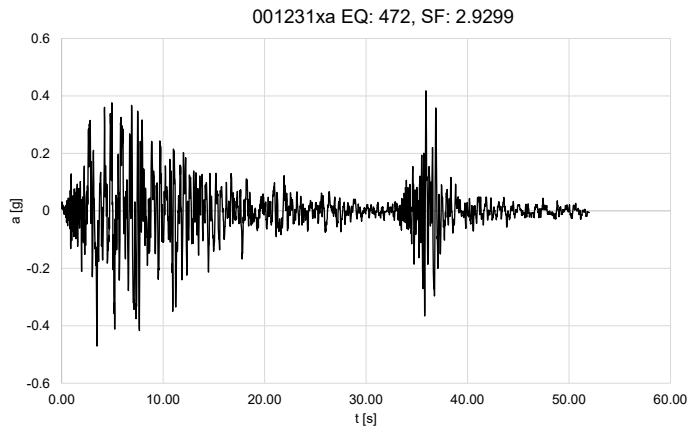


Figura 8-138 Accelerogramma 6 (001231xa)

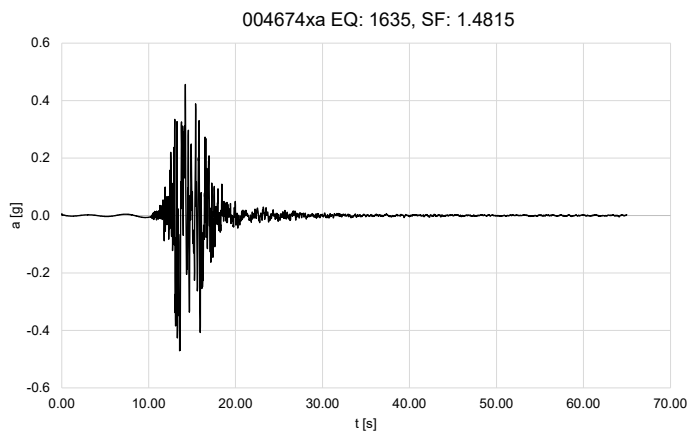


Figura 8-139 Accelerogramma 7 (004674xa)

8.3.1.5 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLD

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gjs.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla e alla sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=7$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=50$ km;

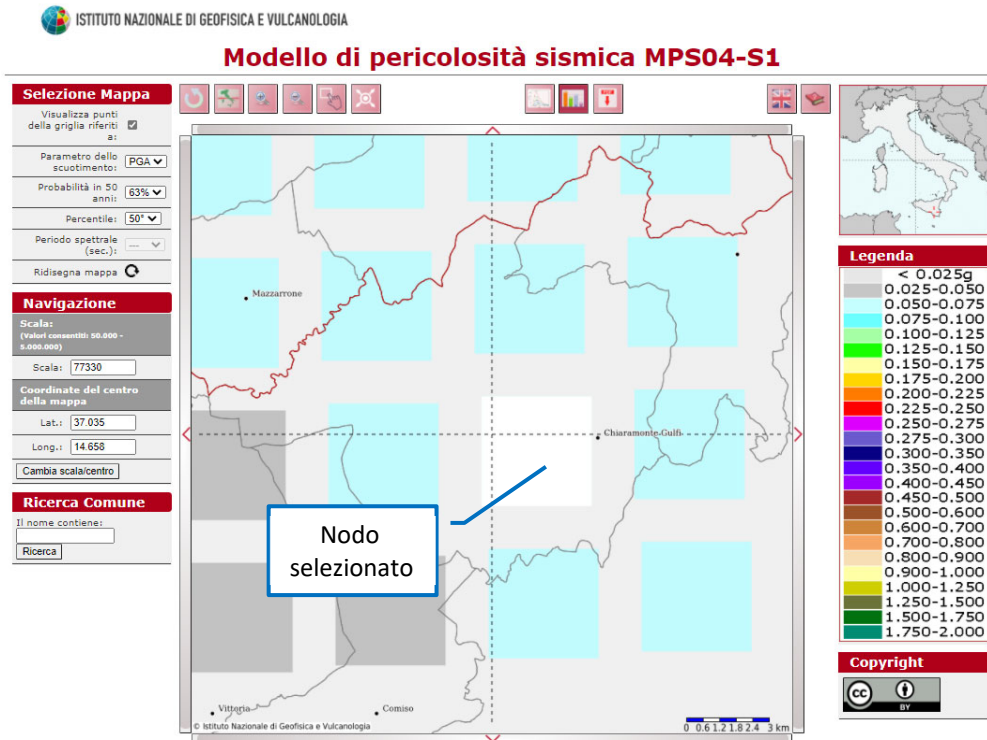


Figura 8-140 Grafico di disaggregazione M-R

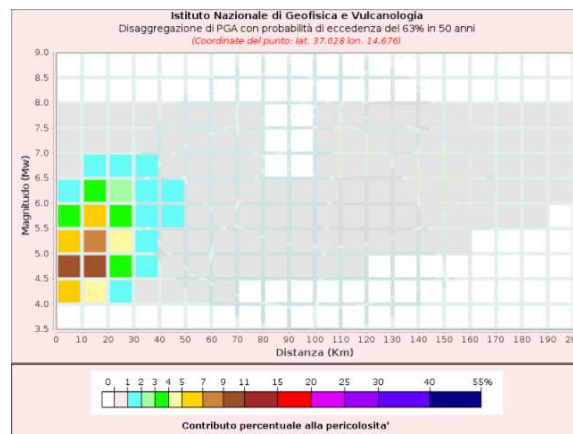


Figura 8-141 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Distanza (Km)	Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.028 lon. 14.676)										
	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	5.7800	10.5000	6.0700	3.2500	1.6700	0.8370	0.4160	0.0537	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	4.4400	10.3000	8.0400	5.3700	3.1700	1.7100	0.8820	0.1150	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.3000	3.8400	4.0200	3.4400	2.4600	1.5300	0.8510	0.1140	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.3420	1.2500	1.6900	1.8000	1.5600	1.1300	0.7050	0.0995	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.1100	0.5110	0.8590	1.1000	1.1100	0.9230	0.6420	0.0957	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0268	0.1950	0.4110	0.6120	0.7090	0.6590	0.5050	0.0793	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0012	0.0484	0.0893	0.1310	0.1720	0.1780	0.1490	0.0247	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0001	0.0689	0.0618	0.0146	0.0210	0.0235	0.0212	0.0036	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0196	0.0342	0.0073	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0179	0.0831	0.0942	0.0180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0042	0.0600	0.1120	0.0412	0.0275	0.0310	0.0060	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0001	0.0324	0.0889	0.0464	0.0441	0.0527	0.0106	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	0.0430	0.0364	0.0461	0.0587	0.0122	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0211	0.0287	0.0441	0.0598	0.0128	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0116	0.0233	0.0406	0.0582	0.0129	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0170	0.0246	0.0338	0.0494	0.0112	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0110	0.0177	0.0216	0.0321	0.0075	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0048	0.0100	0.0139	0.0218	0.0053	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0049	0.0111	0.0189	0.0047	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0089	0.0163	0.0042	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.41	21.0	-0.224

Figura 8-142 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni

8.3.1.6 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLD

Si riporta in Figura 8-143 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

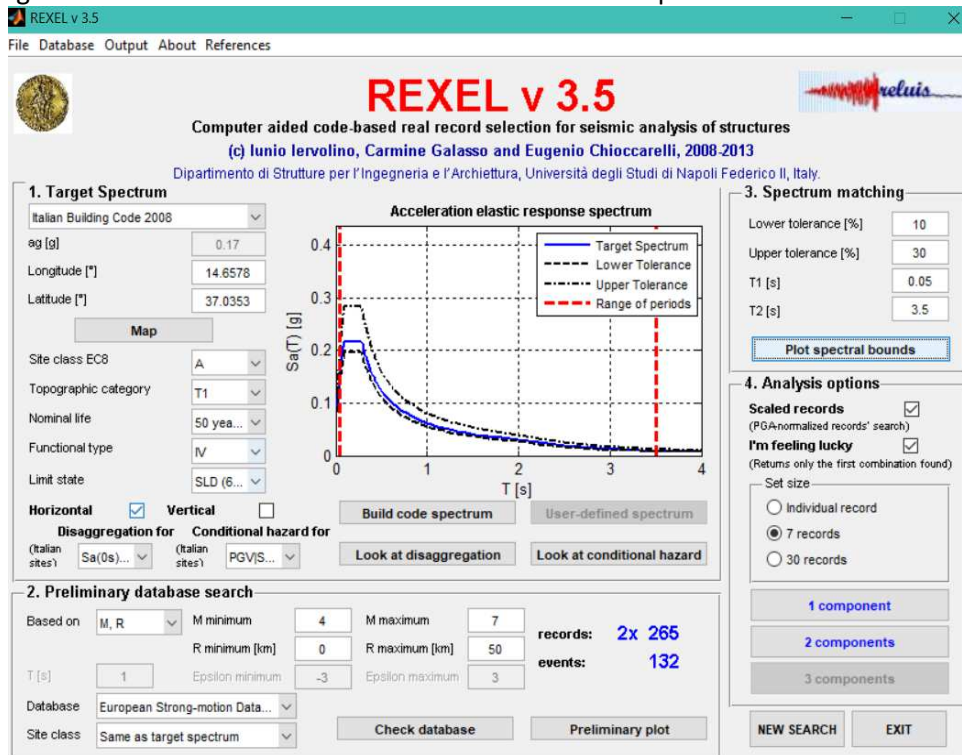


Figura 8-143 Stralcio della schermata di Roxel

Si riporta nella Tabella 8-8 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-8 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Central Distance	GA_X [m/s ²]	GA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	5.0514	2.9178	0.336	0.2097	7.3341	8.4263	0.64556	0.85171	A
647	292	ST222	ria Marche (aftersh)	14/10/1997	5.6	normal	27	0.1236	0.1545	0.0078	0.0083	12.0456	10.1364	0.68331	0.82013	A
604	286	ST225	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	37	0.2121	0.2041	0.0111	0.011	14.8446	15.4434	0.74514	0.54051	A
551	260	ST212	Tithorea	18/11/1992	5.9	normal	37	0.1599	0.2104	0.0124	0.0121	7.3454	6.3165	0.82574	0.83162	A
6332	2142	ST2483	th Iceland (aftersh)	21/06/2000	6.4	strike slip	6	5.1881	5.5698	0.218	0.8303	6.6884	2.0632	0.70838	0.69452	A
5027	1509	ST2496	Oelfus	13/11/1998	5.1	oblique	18	0.0942	0.2838	0.004	0.0155	12.042	3.4152	0.74328	0.83873	A
198	93	ST64	Montenegro	15/04/1979	6.9	thrust	21	1.7743	2.1985	0.1705	0.2591	13.0429	8.1574	0.5081	0.93423	A

Si riporta nella Figura 8-144 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1

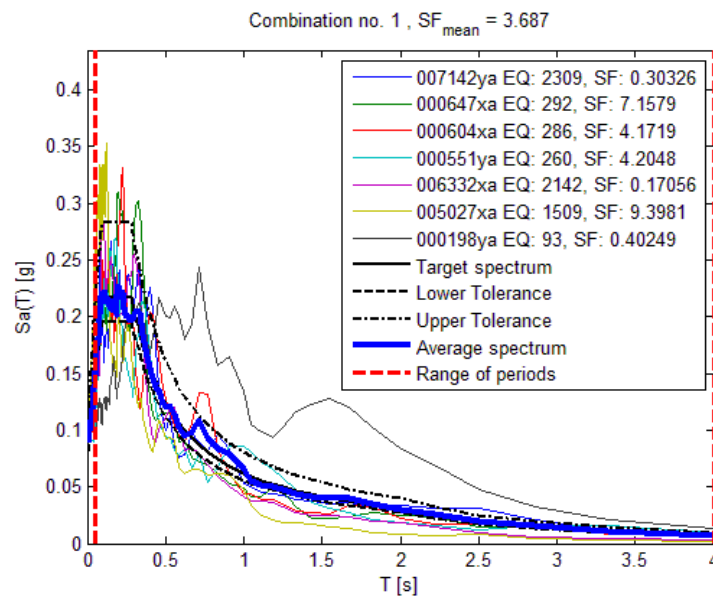


Figura 8-144 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (Figura 8-145 a Figura 8-151):

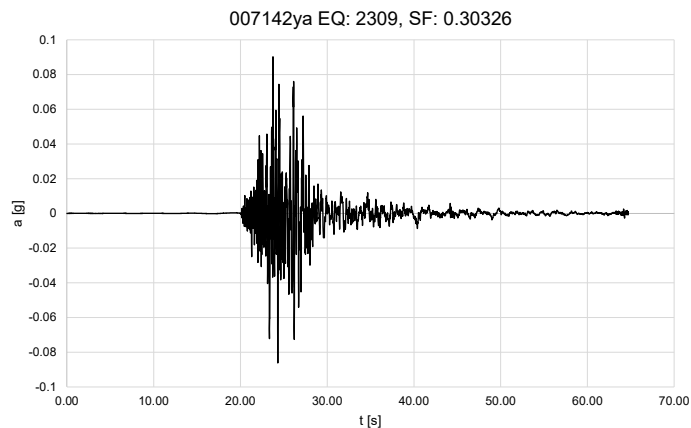


Figura 8-145 Accelerogramma 1 (007142ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

000647xa EQ: 292; SF: 7.1579

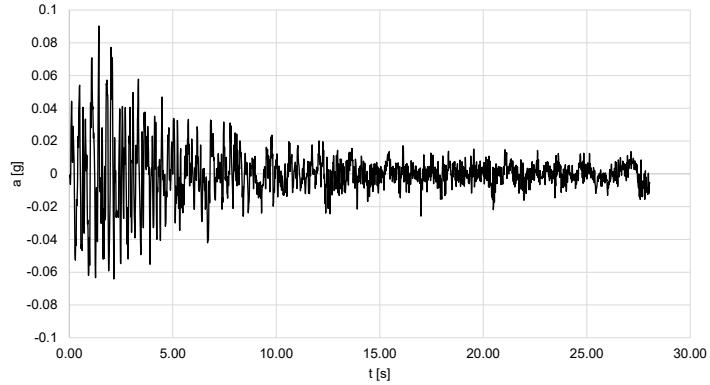


Figura 8-146 Accelerogramma 2 (007142ya)

000604xa EQ: 286; SF: 4.1719

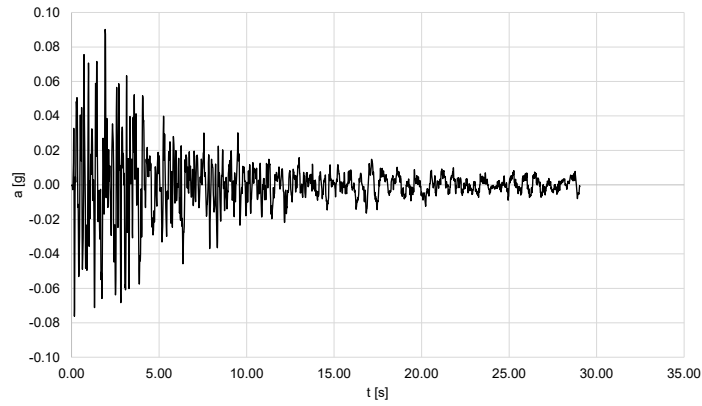


Figura 8-147 Accelerogramma 3 (000604xa)

000551ya EQ: 260; SF: 4.2048

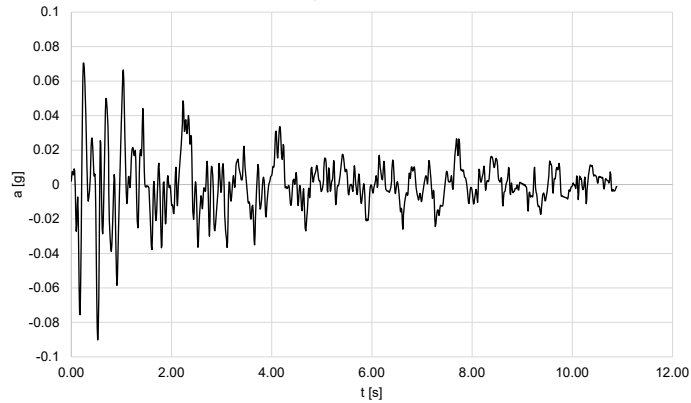


Figura 8-148 Accelerogramma 4 (000551ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

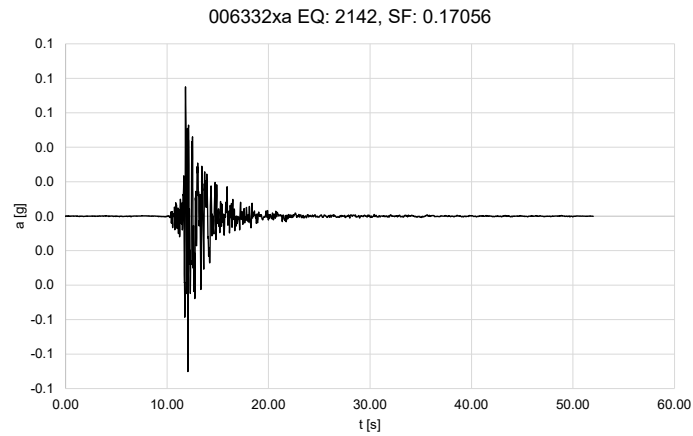


Figura 8-149 Accelerogramma 5 (006332xa)

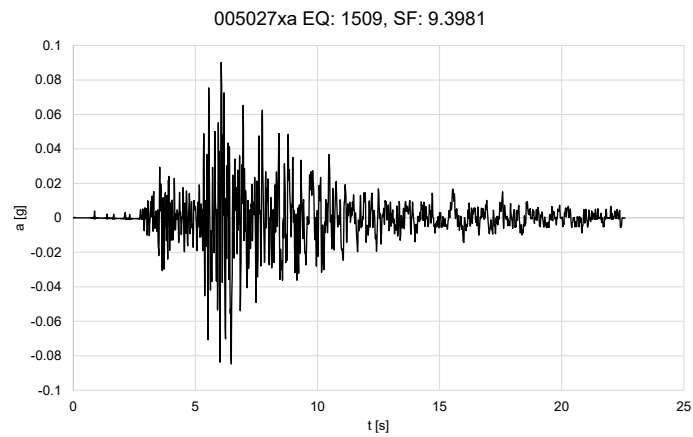


Figura 8-150 Accelerogramma 6 (005027xa)

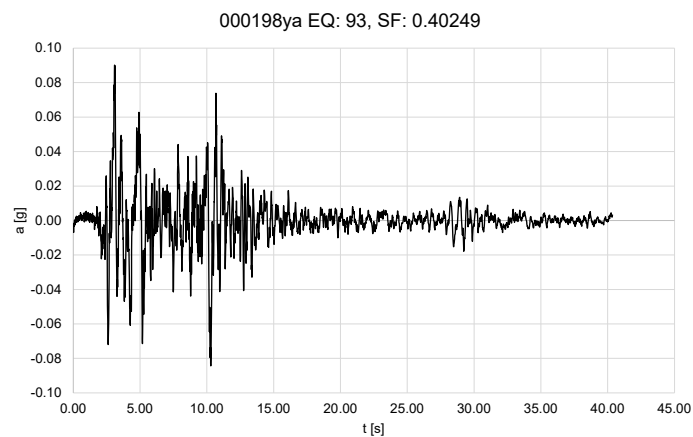


Figura 8-151 Accelerogramma 7 (000198ya)

8.3.2 Caratterizzazione sismica

Con riferimento a quanto riportato al §7.11.13 del D.M. 14/01/2008, le indagini geotecniche volte all'analisi di risposta sismica locale, a rigore, devono consentire la definizione delle condizioni sismo-stratigrafiche di sottosuolo, le proprietà fisiche e meccaniche degli strati del terreno e la profondità del substrato rigido.

A tal fine vengono prese in considerazione le seguenti indagini ubicate in prossimità dell'opera:

- n.1 sondaggi (S046p – campagna 2012-2013)
- n.1 stendimenti di sismica a rifrazione (BS033 – campagna 2012-2013)
- n.1 indagine geofisica tipo MASW (M014 – campagna 2012-2013).

La Figura 8-152 mostra uno stralcio della planimetria delle indagini geognostiche eseguite nell'area oggetto di studio.

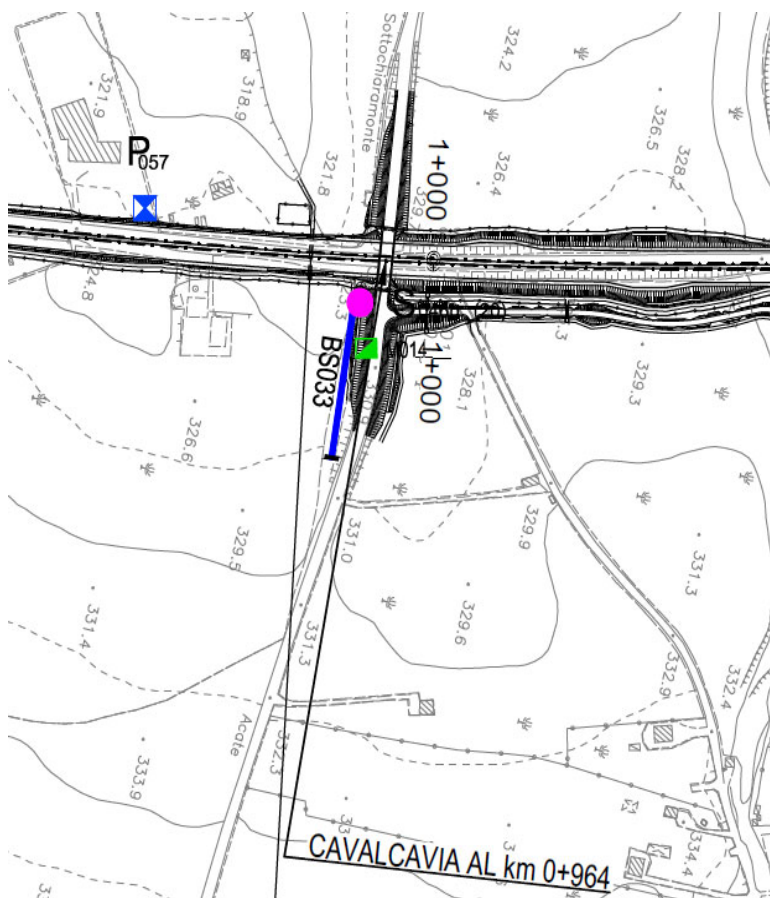


Figura 8-152 Stralcio della planimetria delle indagini per il sito di studio

Mentre, nella Figura 8-153 è presente uno stralcio del profilo geotecnico.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

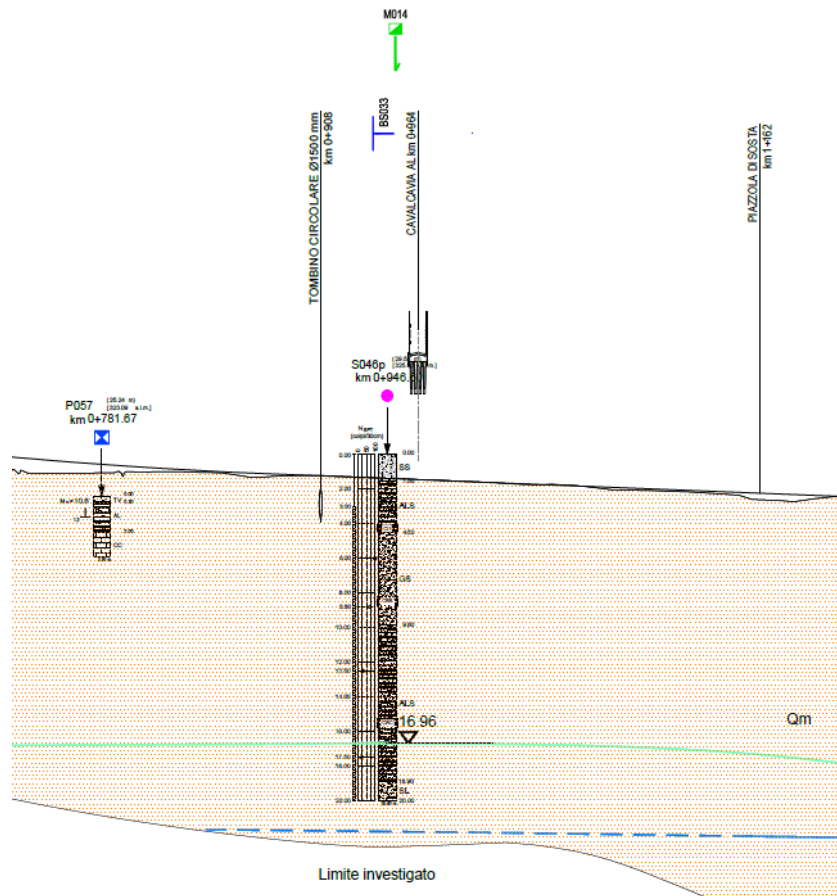


Figura 8-153 Stralcio del profilo geotecnico asse destro

8.3.2.1 Stendimento sismico a rifrazione

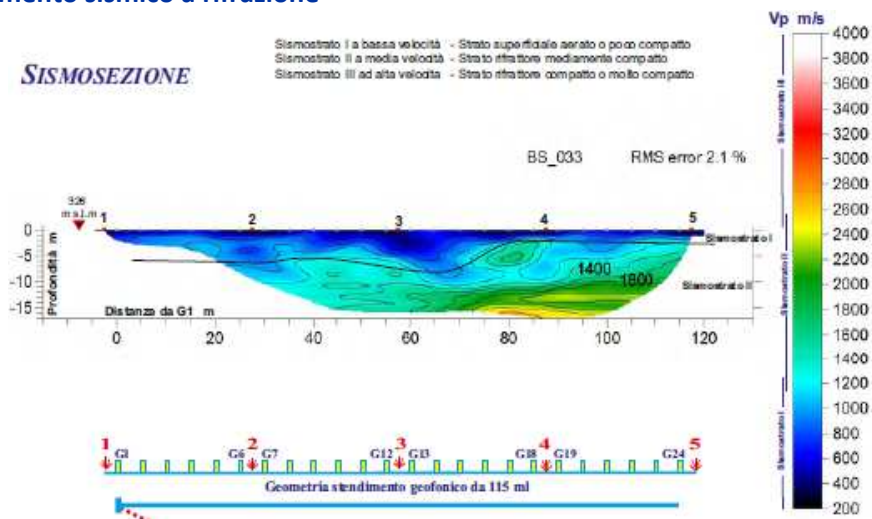


Figura 8-154 Elaborazione tomografica dello stendimento sismico a rifrazione BS_003

8.3.2.2 MASW M014

Nella Figura 8-155 è riportato il profilo di velocità delle onde S ottenuto dalla prova MASW – M014. Come si può osservare, tra 9,2 m e 18,4 m di profondità dal p.c. è presente una riduzione di velocità. Infatti, la velocità di propagazione delle onde di taglio passa dai 361 m/sec dello strato superiore ai 321 m/s dello strato inferiore. Inoltre, dalla prova non è possibile definire la posizione del bedrock.

In tal caso è necessario eseguire un'analisi di risposta sismica locale seguendo le indicazioni al §3.2.2 e al §7.11.3 del D.M. 14/01/2008.

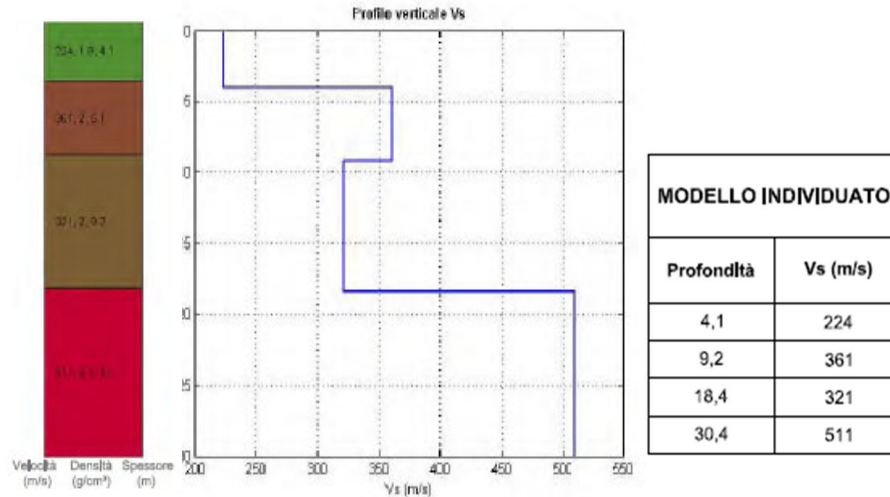


Figura 8-155 Profilo delle velocità onde Vs ottenuto dalla prova MASW - M014

8.3.3 RSL – MASW M014

8.3.3.1 Definizione del modello stratigrafico di sottosuolo – MASW M014

Il sito ricade nella categoria topografica T1, secondo quanto riportato al §3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e pertanto gli effetti topografici possono essere trascurati (§7.11.3.3 del D.M. 14/01/2008) nell'analisi di risposta sismica locale oggetto del presente studio.

È stato considerato uno schema di terreno stratificato, delimitato dal piano campagna orizzontale e poggiante su substrato rigido anch'esso orizzontale, posto a una profondità di 45 m. Come visto dalla prova MASW, nei primi 30 m da p.c. non viene raggiunta la velocità di 800 m/s. A causa di ciò, la profondità del bedrock è stata stimata a partire dalle caratteristiche di rigidità dei terreni in sito. Infatti, è possibile correlare il modulo di taglio G allo stato tensionale in sito attraverso la seguente relazione (Viggiani G., Atkinson JH¹(1995)):

$$\frac{G}{p_r} = A \left(\frac{p'}{p_r} \right)^n$$

dove:

- G è il modulo di taglio del terreno in sito;
- $p' = \frac{1(\sigma_v' + 2\sigma_h')}{3}$;

¹ Viggiani G., Atkinson J.H. (1995). Stiffness of fine-grained soil at very small strains. Géotechnique 45, No. 2, pp. 249-265.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

- p_r è una pressione di riferimento posta in questo caso pari a 100 kPa;
- A e n parametri.

Scrivendo la relazione precedente nella forma:

$$\log\left(\frac{G}{p_r}\right) = \log(A) + n \log\left(\frac{p'}{p_r}\right)$$

e ricordando la relazione che lega la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s al modulo di taglio:

$$G = \rho V_s^2$$

dove ρ [kg/m³] è la densità del terreno in sito, è stato possibile ottenere i parametri A e n effettuando una regressione lineare a partire dalle caratteristiche di rigidezza dei terreni in sito.

In Figura 8-6 si riportano le quantità calcolate, mentre in Figura 8-6 è raffigurata la regressione effettuata.

Tabella 8-9 Quantità calcolate per la regressione lineare

da [m]	a [m]	z _b [m]	V _s [m/s]	G [kPa]	G/p _r [-]	p'/p _r [-]	log(G/p _r) [-]	log(p'/p _r) [-]
9.2	18	13.6	321	199570	1996	1.8	3.3	0.3
18	30	24	511	505739	5057	2.7	3.7	0.4

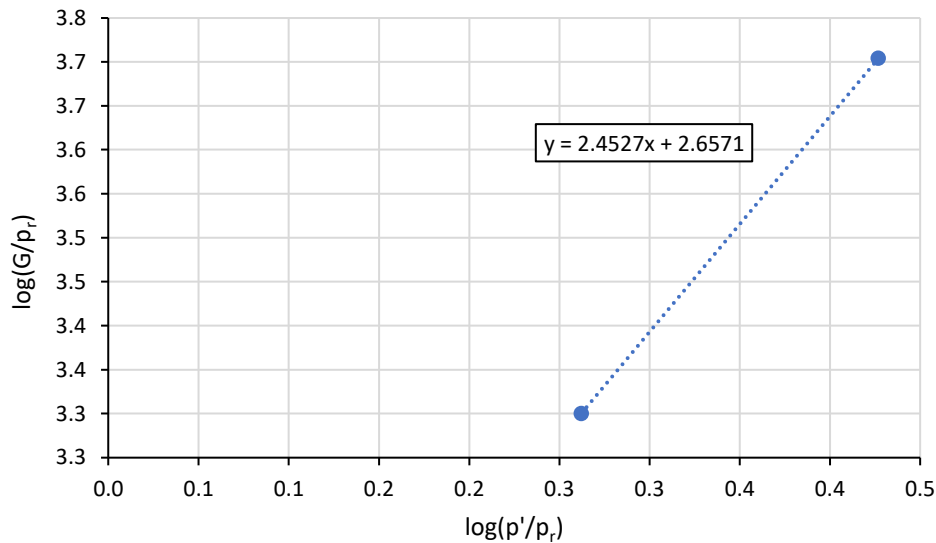


Figura 8-156 Regressione lineare dei dati in sito

Dalla regressione lineare sono stati ottenuti i seguenti valori dei parametri A e n :

Tabella 8-10 Valori dei parametri A e n ottenuti dalla regressione lineare

log(A)	A	n
2.6571	454	2.4527

Dai parametri A e n è stato possibile ottenere valori del modulo G per profondità maggiori di 30 m dal p.c. dalla seguente relazione:

$$G = 454 * p_r \left(\frac{p'}{p_r}\right)^{2.4527}$$

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-11 Valori di velocità di propagazione delle onde S per profondità maggiori di 30 m da p.c.

da [m]	a [m]	z _b [m]	ρ'/ρ _r [-]	G [-]	V _s [m/s]
30	40	35	3.4	905098	684
40	50	45	4.0	1392487	848

Come si può osservare dai dati riportati in Tabella 8-11 si raggiunge una velocità di 800 m/s nello strato tra i 40 m e i 50 m da p.c. motivo per cui è stato posizionato il bedrock ad una profondità di 45 m.

Il modello geotecnico di sottosuolo è stato ottenuto sulla base del profilo geotecnico, facendo riferimento al sondaggio geognostico S046p e ai campioni prelevati in sito.

Nel caso in esame le unità presenti nel banco sono:

- Qm (Terreni limnici, silt e argille lacustri, ghiaie e sabbie) del tipo ALS (argilla limosa sabbiosa) caratterizzata da un peso in volume pari a $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da Vucetic & Dobry (1991), valida per materiali a grana fine e un indice di plasticità di circa il 15%.
- Qm (Terreni limnici, silt e argille lacustri, ghiaie e sabbie) del tipo GS (Ghiaia sabbiosa) caratterizzata da un peso in volume pari a $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da da Seed & Idriss (1991), valida per materiali a grana grossa;

Nella Figura 8-157 si riportano rispettivamente, in blu la curva di decadimento e in arancione la curva di smorzamento utilizzate per i materiali ALS mentre in Figura 8-158 si riportano rispettivamente, in blu la curva di decadimento e in arancione la curva di smorzamento utilizzate per i materiali GS.

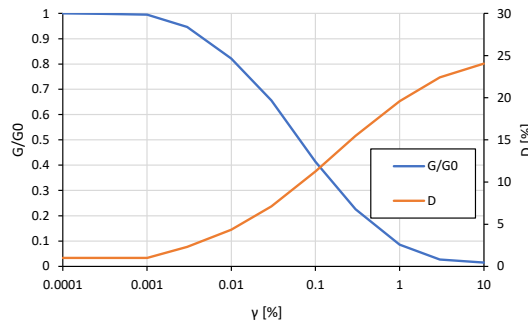


Figura 8-157 Curve di decadimento della rigidezza a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Vucetic & Dobry (1991)

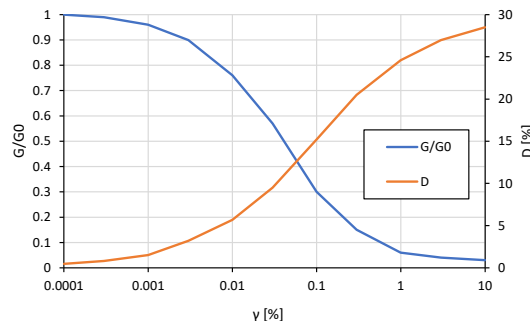


Figura 8-158 Curve di decadimento della rigidezza a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Seed & Idriss (1991)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Nella Figura 8-159 si porta la stratigrafia di calcolo:

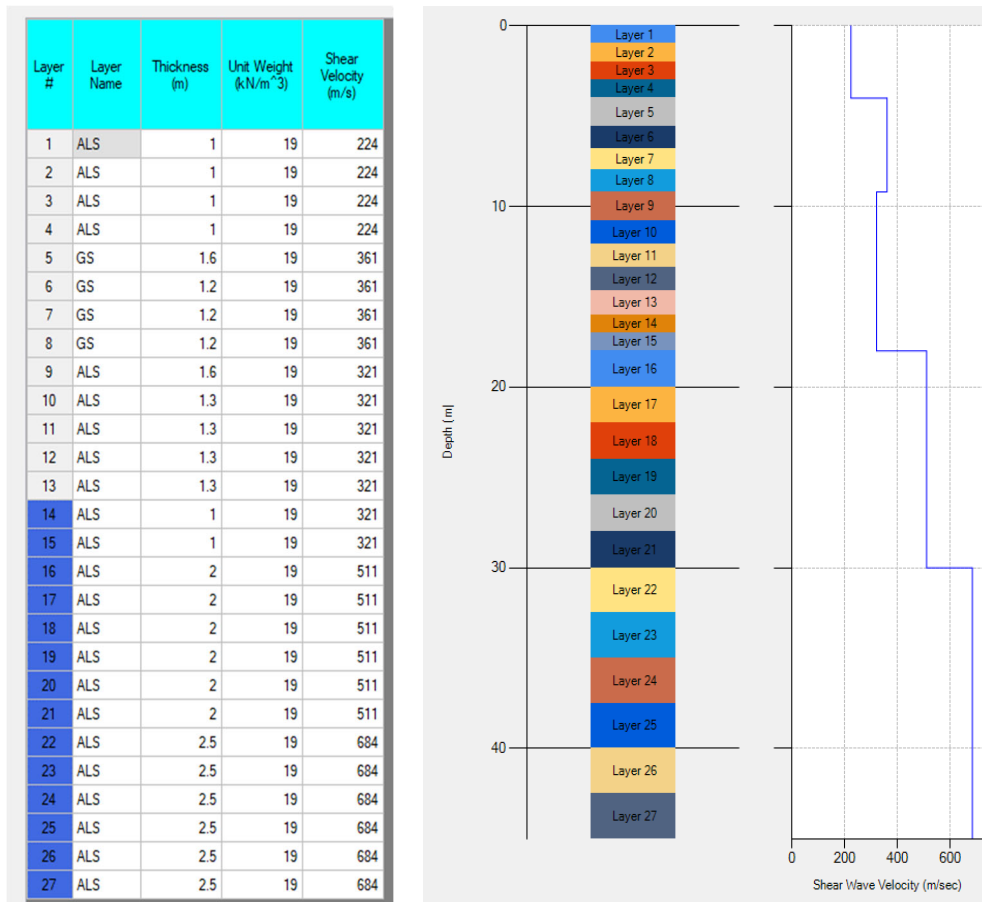


Figura 8-159 Stralcio della stratigrafia di calcolo ottenuta dal programma Deepsoil

Nel modello si è ipotizzato che alla base del deposito sia presente un substrato avente comportamento visco-elastico lineare, caratterizzato da un peso di volume pari a 22 kN/m³, un coefficiente di smorzamento pari al 5% e una velocità di propagazione delle onde S pari a 800 m/s. La falda è stata posizionata ad una profondità di 16 m da p.c.

8.3.3.2 Risultati – MASW M014

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica in termini di:

- spettro di risposta elastico delle accelerazioni, calcolato a piano campagna (quota ritenuta rappresentativa per le spalle del cavalcavia).
- profilo medio di accelerazioni massima con la profondità.

8.3.3.2.1 Risultati – SLV – MASW M014

In Figura 8-160 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-161, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

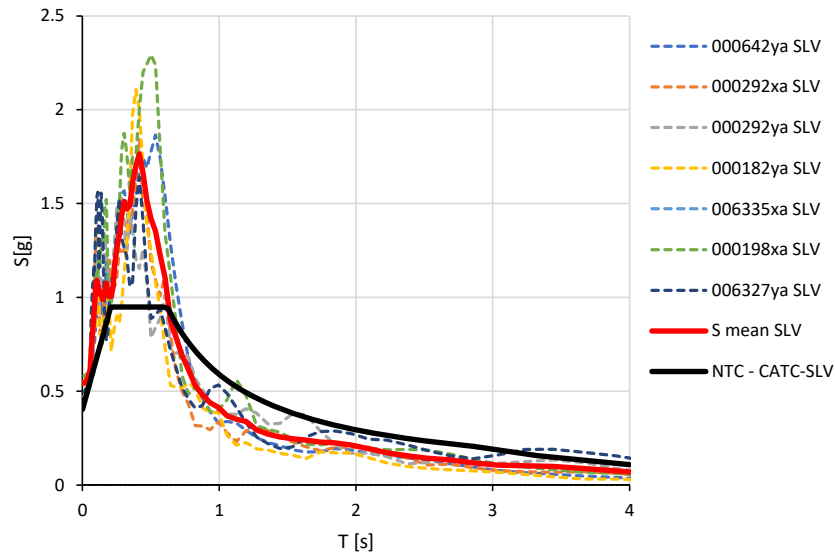


Figura 8-160 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera)

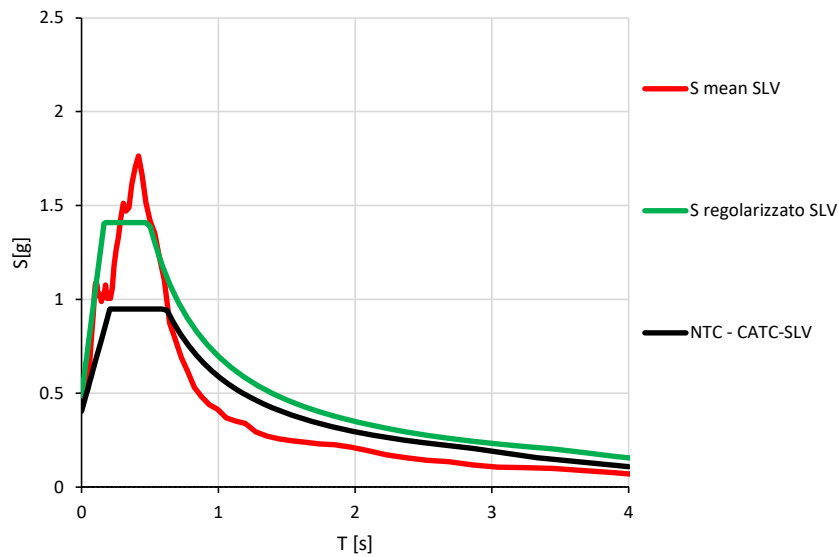


Figura 8-161 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera)

In Figura 8-162 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

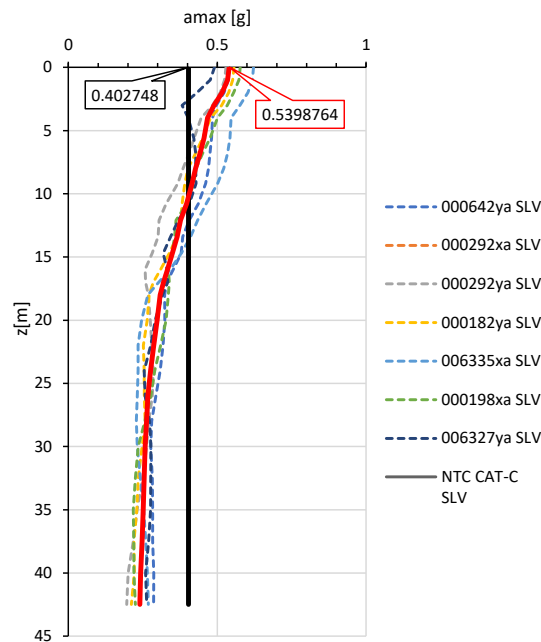


Figura 8-162 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.3.3.2.2 Risultati – SLC – MASW M014

In Figura 8-163 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-164, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera).

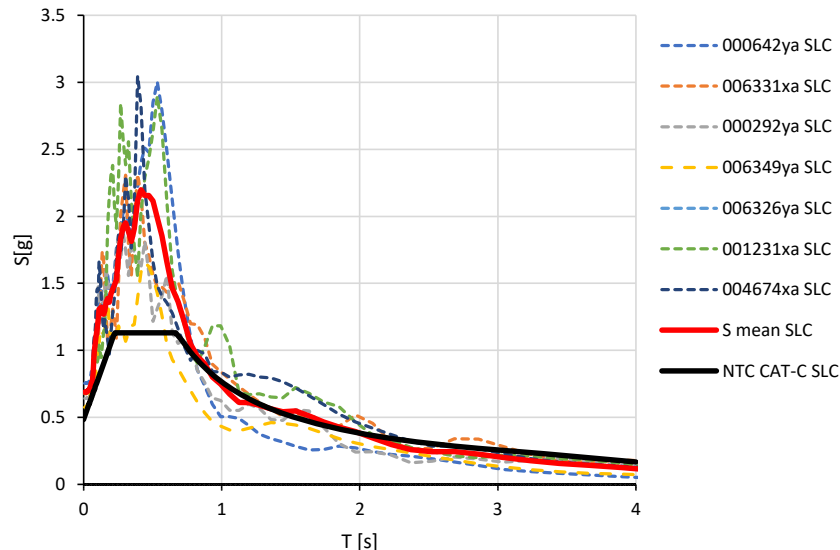


Figura 8-163 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

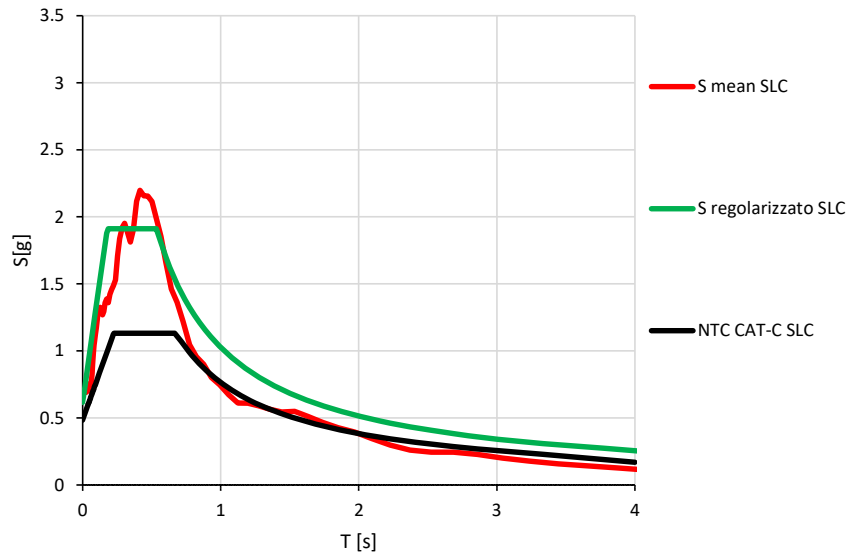


Figura 8-164 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera)

In Figura 8-165 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

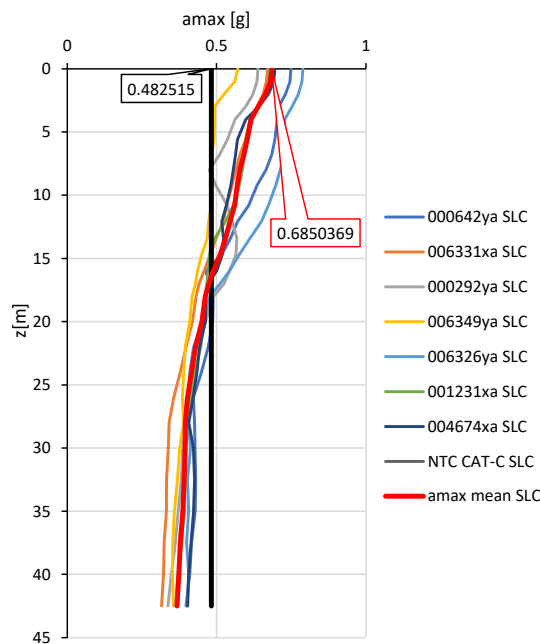


Figura 8-165 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.3.3.2.3 Risultati – SLD – MASW M014

In Figura 8-166 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-167, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera).

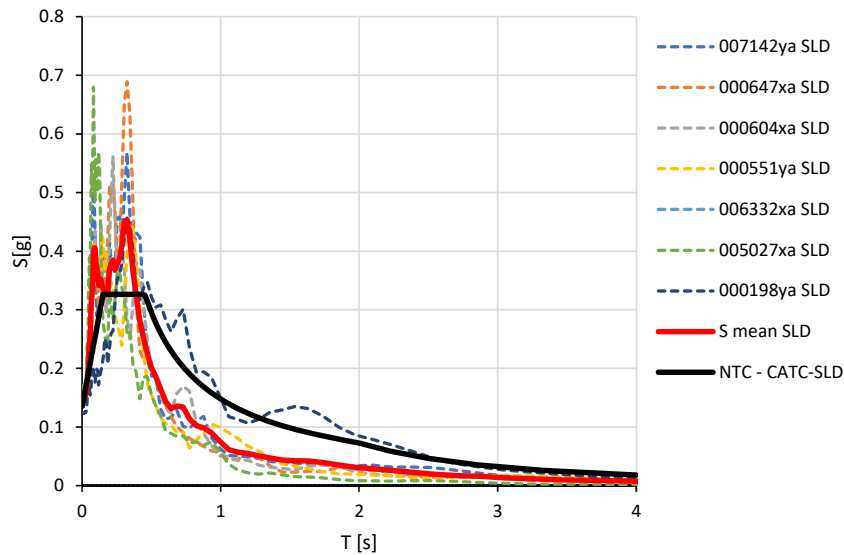


Figura 8-166 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera)

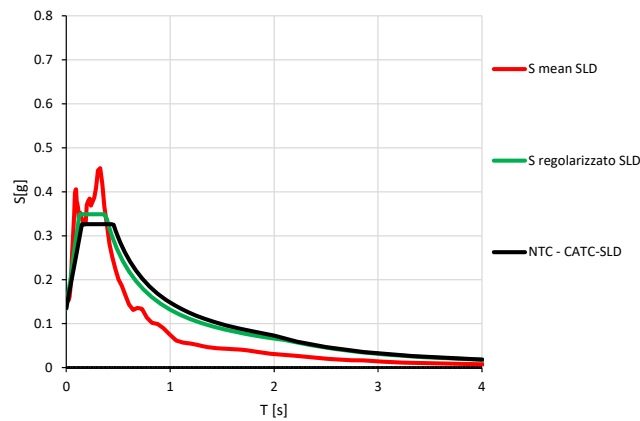


Figura 8-167 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo C (curva nera)

In Figura 8-168 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

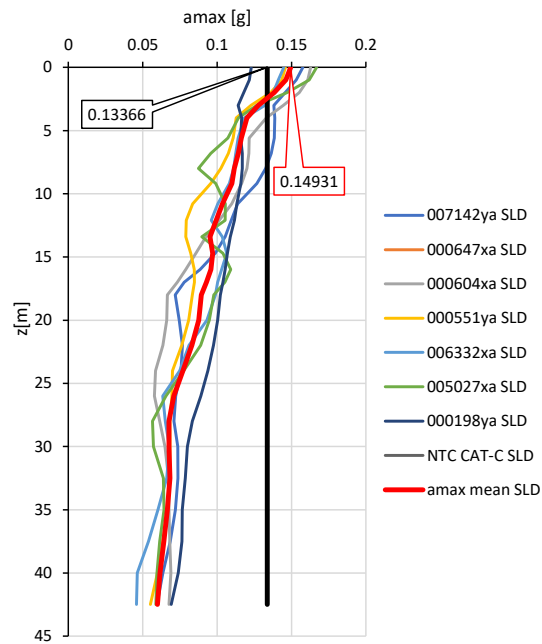


Figura 8-168 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.4 CAVALCAVIA PK 15+818 (PK 4+457 EX L2 PD)

8.4.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione locale

Per effettuare le analisi di risposta sismica locale è necessario individuare almeno 7 accelerogrammi di riferimento compatibili con lo spettro di risposta elastico per il sito di riferimento. In particolare, gli accelerogrammi devono rispettare le indicazioni di compatibilità indicate al §3.2.3.6 del D.M. 14/01/2008 e al §3.2.3.6 nella Circolare n. 617 del 2/02/2009.

Per la definizione dello spettro di risposta elastico è necessario definire alcuni parametri tra cui:

- le coordinate del sito;
- il periodo di riferimento V_R ;
- lo stato limite di progetto di riferimento.

Le coordinate del sito sono state ottenute dal sito internet <https://www.google.com/intl/it/earth/> (Figura 8-169)

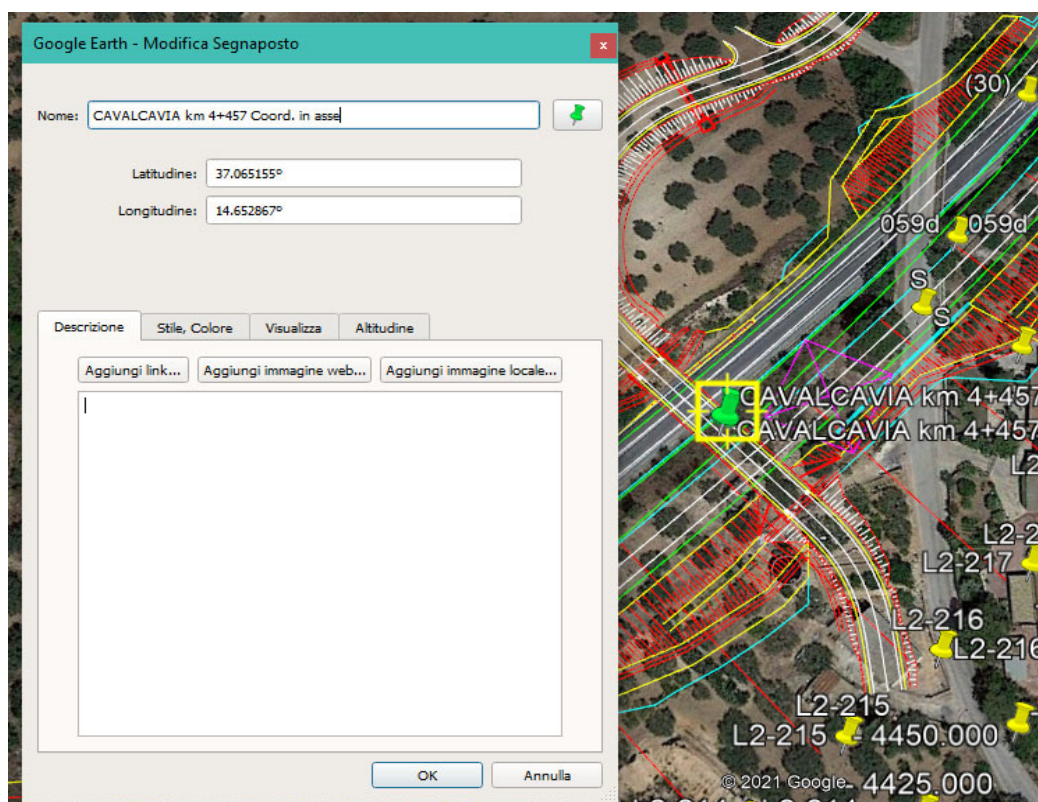


Figura 8-169 Individuazione coordinate del sito

Così come definito nel Paragrafo 4, per il dimensionamento dell'opera sono stati assunti i seguenti parametri:

- $V_N = 50$ anni;
- Classe d'uso IV ($C_u = 2$)
- Periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_u = (50 \text{ anni}) \times 2 = 100$ anni

Gli stati limite di riferimento per le seguenti analisi sono lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), lo Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) e Stato limite di Danno (SLD).

8.4.1.1 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLV

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gjs.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla Figura 8-170 e alla , sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=8$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=30$ km;

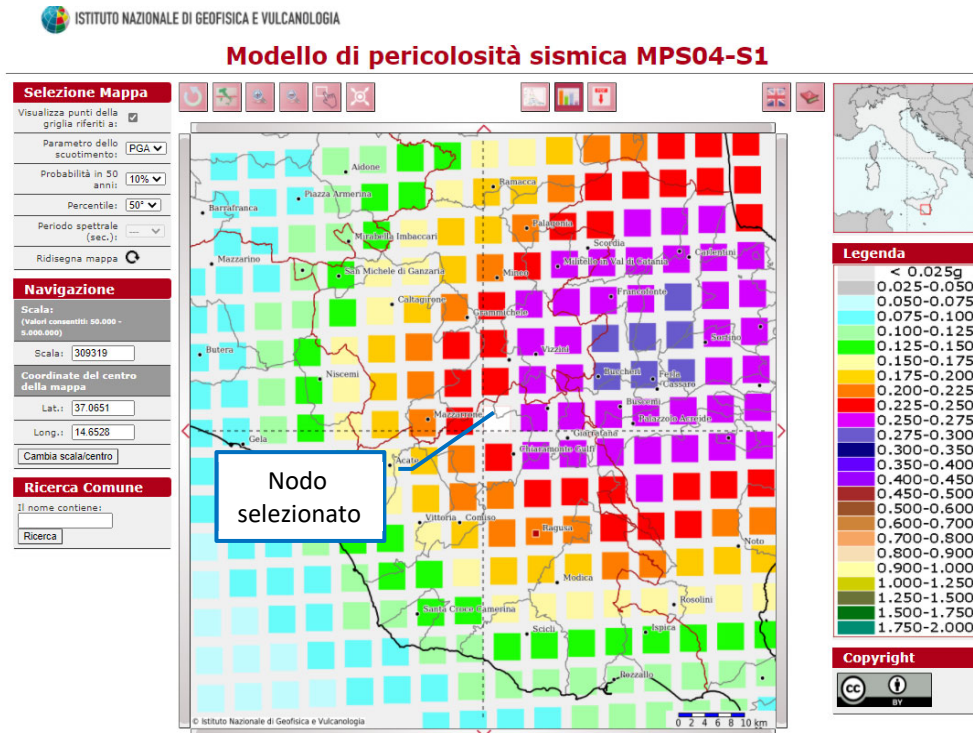


Figura 8-170 Grafico di disaggregazione M-R

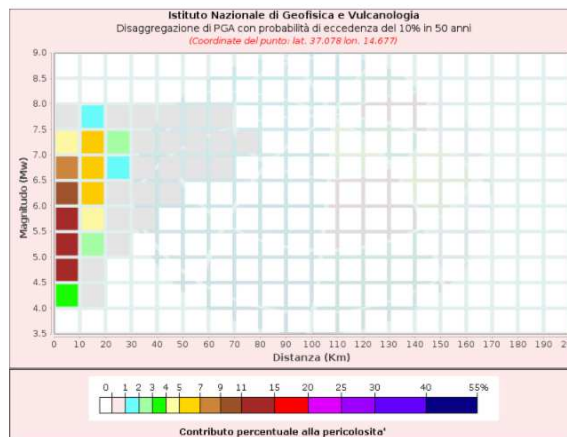


Figura 8-171 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.078 lon. 14.677)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	3.4500	11.0000	13.1000	12.9000	10.8000	7.7700	4.9100	0.7010	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0496	0.7390	2.3800	4.4500	6.1700	6.8100	6.1300	1.0600	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0347	0.3660	0.9540	1.5800	2.0100	0.4180	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0081	0.1490	0.4190	0.7140	0.1730	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.1270	0.3020	0.0830	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0268	0.1150	0.0359	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0124	0.0046	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.02	9.36	0.675

Figura 8-172 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

8.4.1.2 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLV

Si riporta in Figura 8-173 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

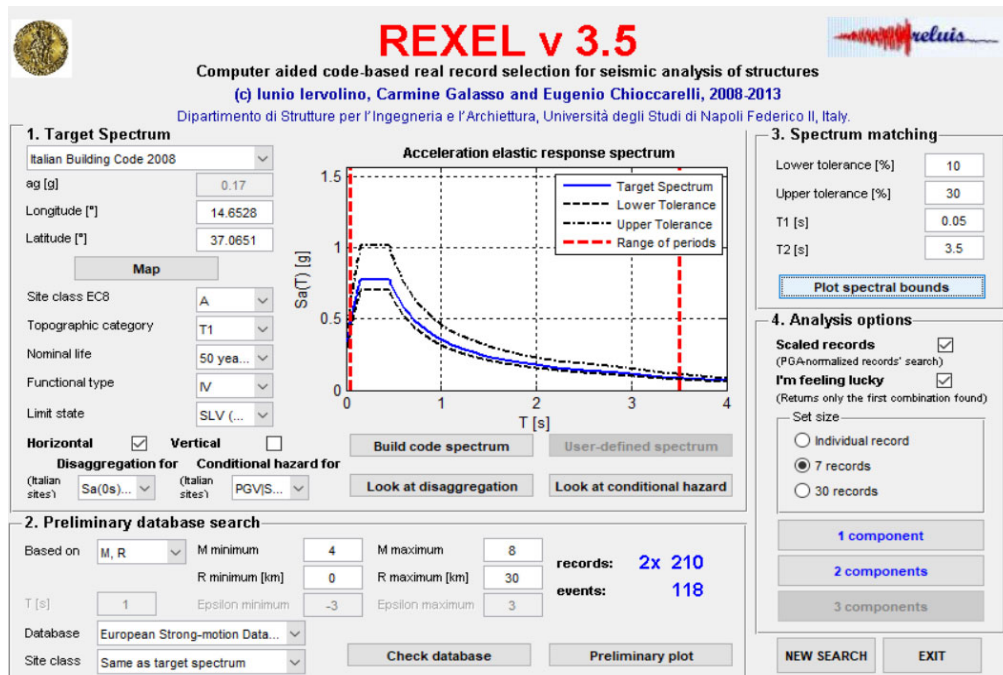


Figura 8-173 Stralcio della schermata di Roxel

Si riporta nella Tabella 8-12 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

Tabella 8-12 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	ult. Mechanism	Stral Distance	GA_X [m/s ²]	GA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
642	292	ST225	Umbria Marche (aftershock)	14/10/1997	5.6	normal	23	0.524	0.618	0.0507	0.0522	7.2443	7.7156	0.60762	0.64572	A
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.7949	0.65537	1.162	A
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.7949	0.65537	1.162	A
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3	oblique	12	3.316	3.789	0.1768	0.2457	17.1433	10.8341	0.67726	0.65682	A
6335	2142	ST2557	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	15	1.2481	1.1322	0.1659	0.1083	6.4075	7.0906	0.78039	0.61902	A
198	93	ST64	Montenegro	15/04/1979	6.9	thrust	21	1.7743	2.1985	0.1705	0.2591	13.0429	8.1574	0.5081	0.93423	A
6327	2142	ST2552	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	24	1.2466	0.5814	0.083	0.0713	4.2339	6.5454	1.0673	0.90209	A

Si riporta nella Figura 8-174 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

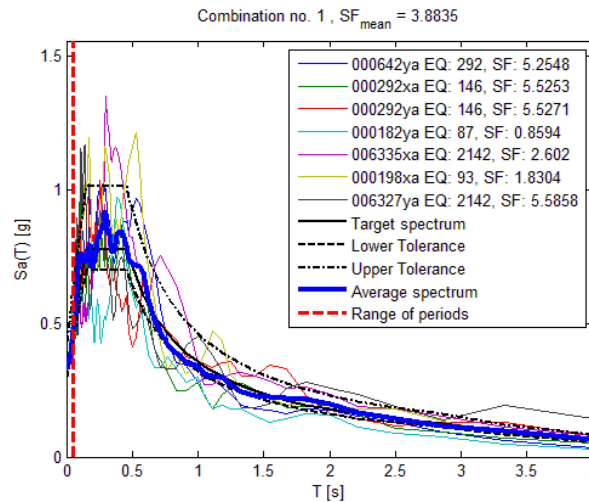


Figura 8-174 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (da Figura 8-175 a Figura 8-181):

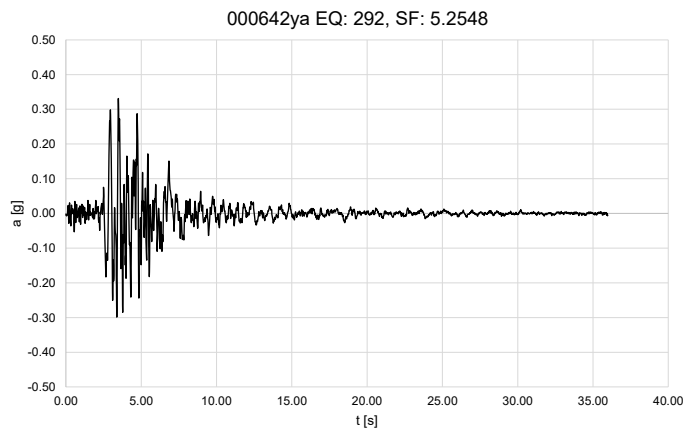


Figura 8-175 Accelerogramma 1 (000642ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

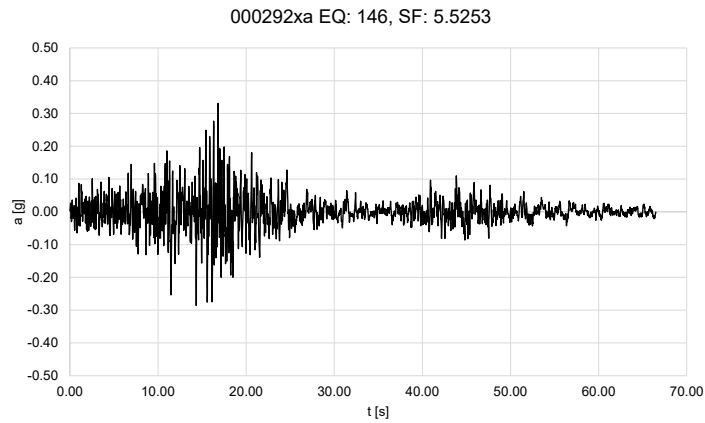


Figura 8-176 Accelerogramma 2 (000292xa)

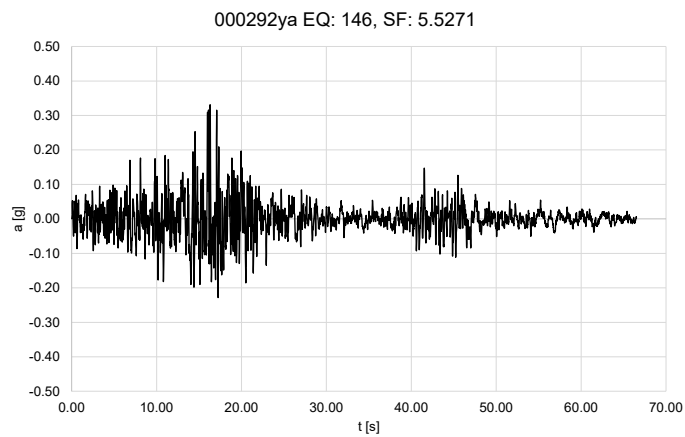


Figura 8-177 Accelerogramma 3 (000292ya)

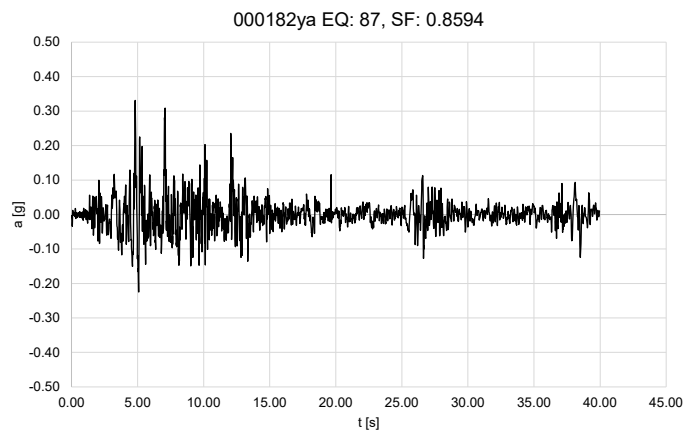


Figura 8-178 Accelerogramma 4 (000182ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

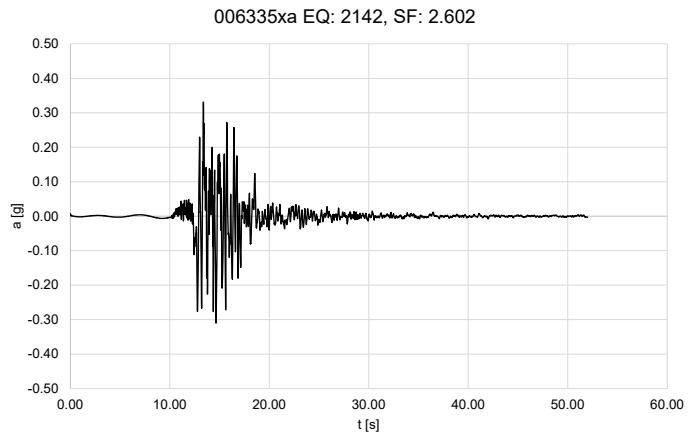


Figura 8-179 Accelerogramma 5 (006335xa)

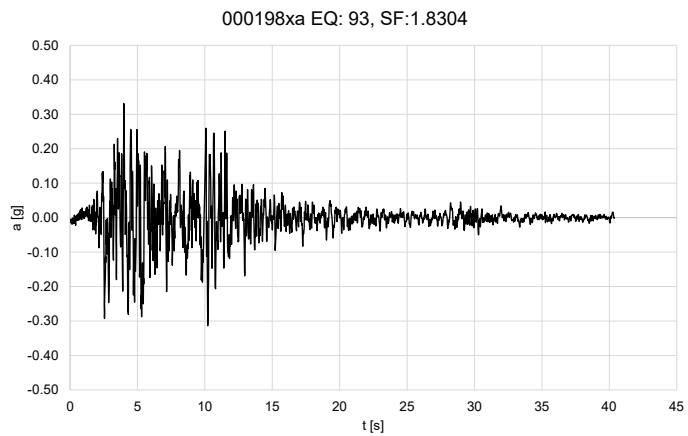


Figura 8-180 Accelerogramma 6 (000198xa)

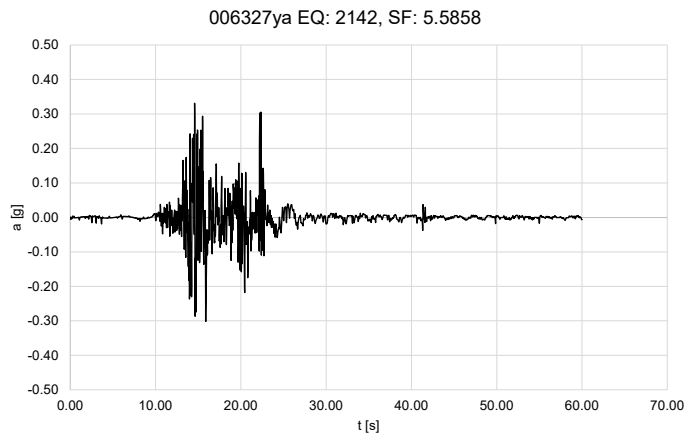


Figura 8-181 Accelerogramma 7 (006327ya)

8.4.1.3 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLC

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gjs.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla Figura 8-182 e alla, sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=8$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=30$ km;

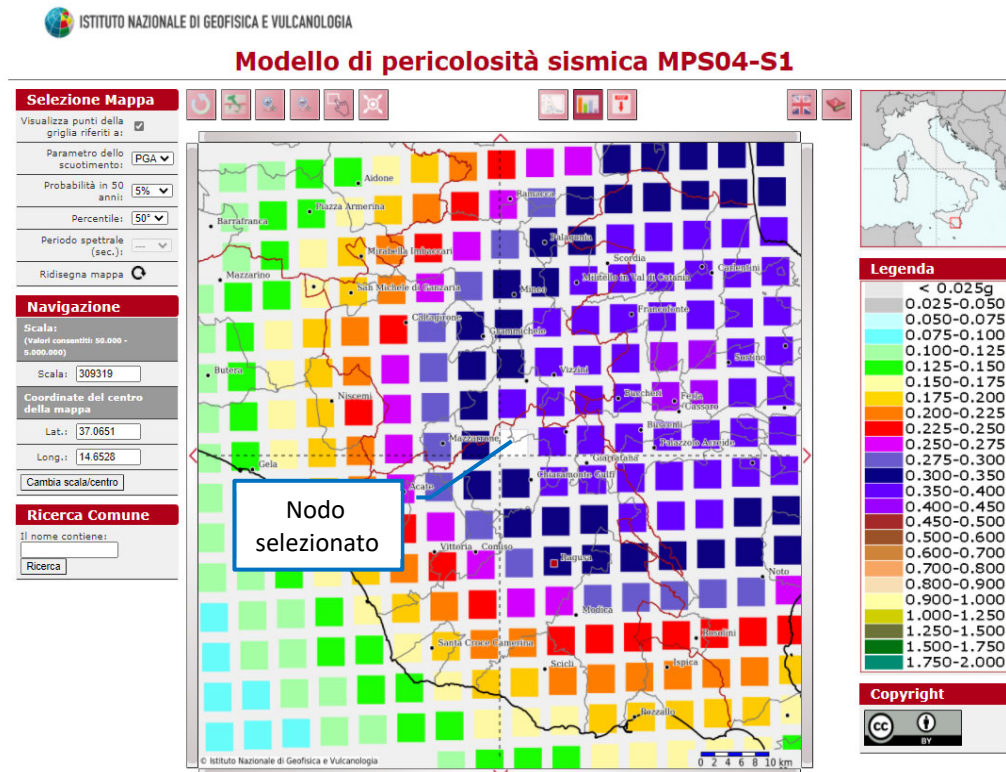


Figura 8-182 Grafico di disaggregazione M-R

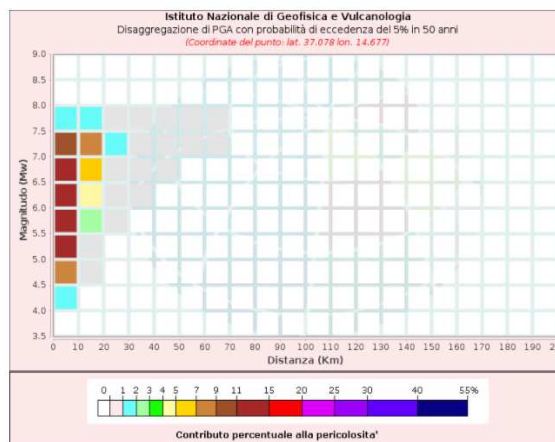


Figura 8-183 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.078 lon. 14.677)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	1.8900	7.6200	11.7000	14.3000	14.4000	12.3000	9.0100	1.4000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0317	0.6500	2.3300	4.6000	6.6000	7.4900	1.4700	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0216	0.3320	0.9580	1.6600	0.4040	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.1320	0.4180	0.1230	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	0.1170	0.0448	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0207	0.0139	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0009	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.23	7.9	0.871

Figura 8-184 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni

8.4.1.4 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLC

Si riporta in Figura 8-185 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

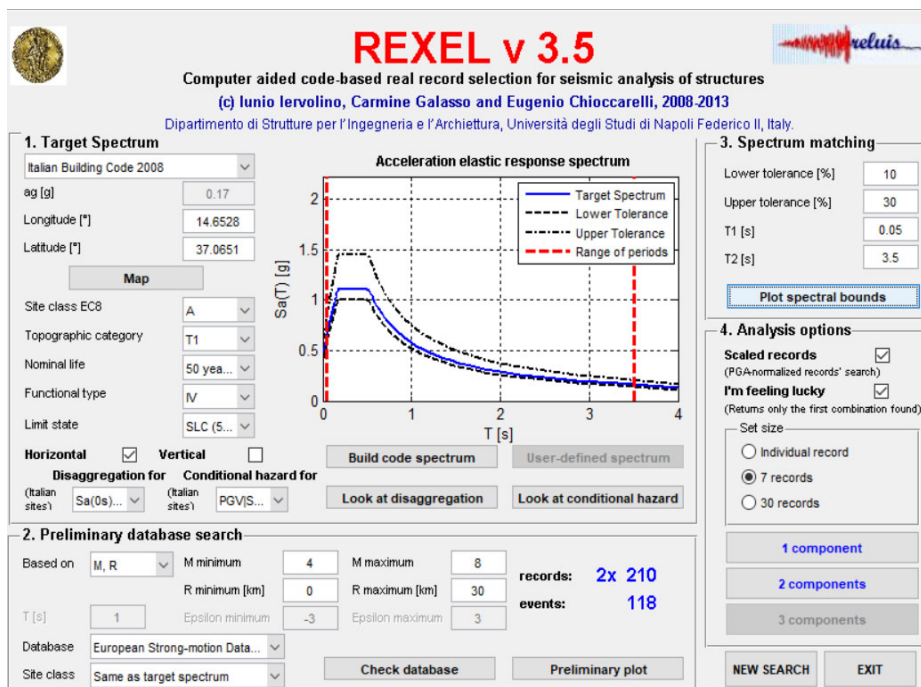


Figura 8-185 Stralcio della schermata di Roxel

Si riporta nella Tabella 8-13 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Tabella 8-13 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Ult. Mechanism	Strikal Distance	GA_X [m/s ²]	GA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
642	292	ST225	Umbria Marche (aftershock)	14/10/1997	5,6	normal	23	0.524	0.618	0.0507	0.0522	7.2443	7.7156	0.60762	0.64572	A
6331	2142	ST2486	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6,4	strike slip	22	0.513	0.386	0.0572	0.0397	6.5052	7.101	1.0681	0.76636	A
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6,9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.7949	0.65537	1.162	A
6349	2142	ST2558	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6,4	strike slip	5	7.2947	8.218	0.4557	0.9202	3.1036	2.2626	0.61082	0.66152	A
6326	2142	ST2496	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6,4	strike slip	14	1.7476	1.1423	0.0966	0.1765	4.2231	5.5569	0.50963	0.59964	A
1231	472	ST575	Izmit	17/08/1999	7,6	strike slip	9	1.5764	2.1922	0.1901	0.2664	14.5853	9.8068	0.76365	0.99499	A
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6,5	strike slip	5	3.1176	3.3109	0.6122	0.2377	4.0709	9.8457	0.79545	0.58565	A

Si riporta nella Figura 8-186 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

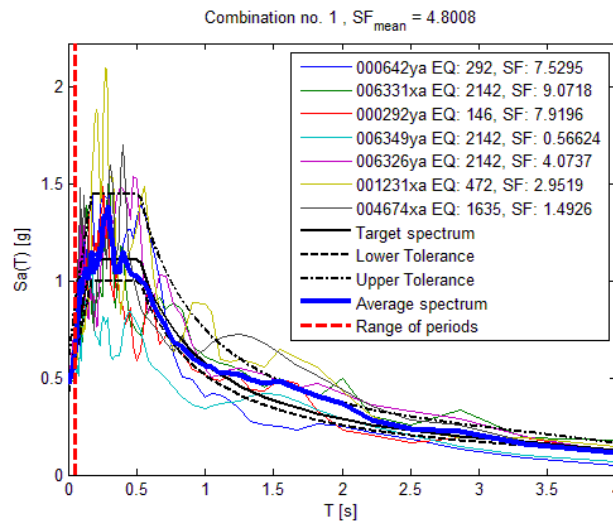


Figura 8-186 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (da Figura 8-187 a Figura 8-193):

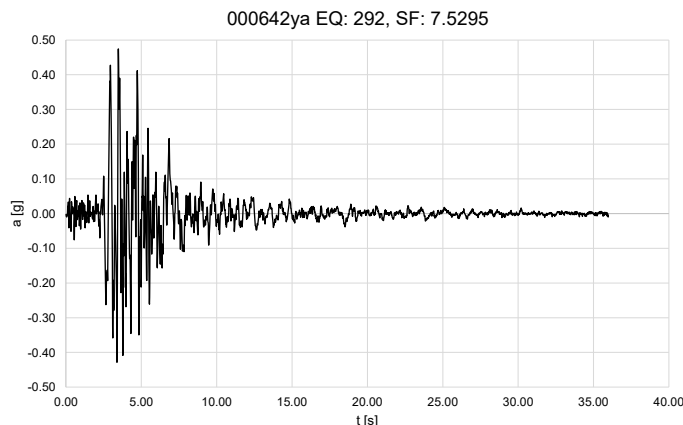


Figura 8-187 Accelerogramma 1 (000642ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

006331xa EQ: 2142, SF: 9.0718

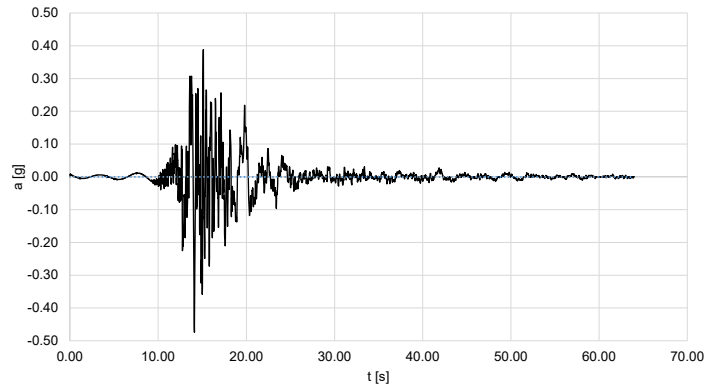


Figura 8-188 Accelerogramma 2 (006331xa)

000292ya EQ: 146, SF: 7.9196

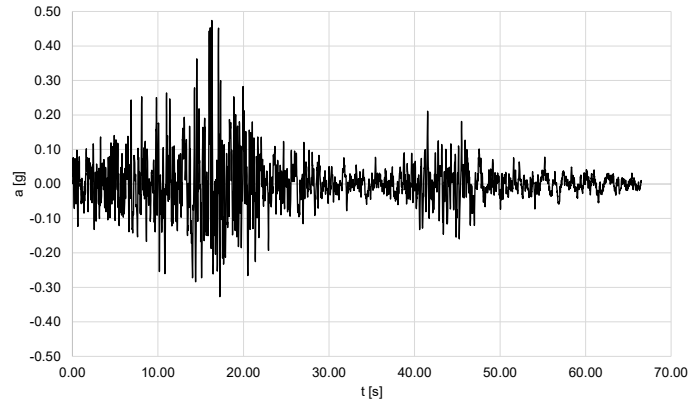


Figura 8-189 Accelerogramma 3 (000292ya)

006349ya EQ: 2142, SF: 0.56624

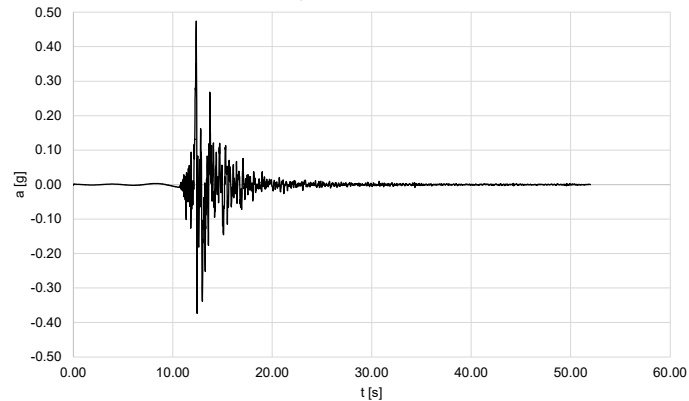


Figura 8-190 Accelerogramma 4 (006349ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

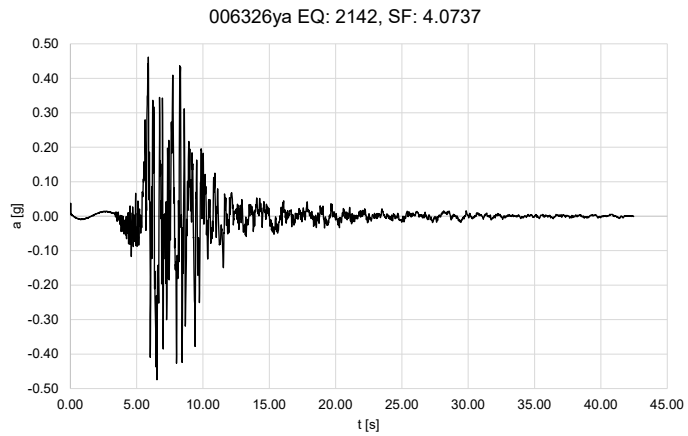


Figura 8-191 Accelerogramma 5 (006326ya)

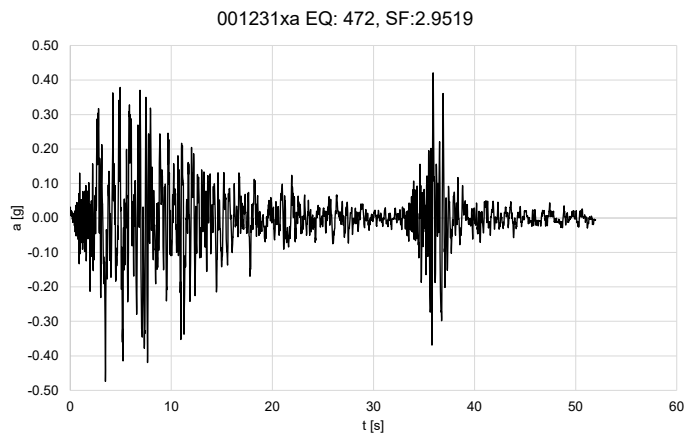


Figura 8-192 Accelerogramma 6 (001231xa)

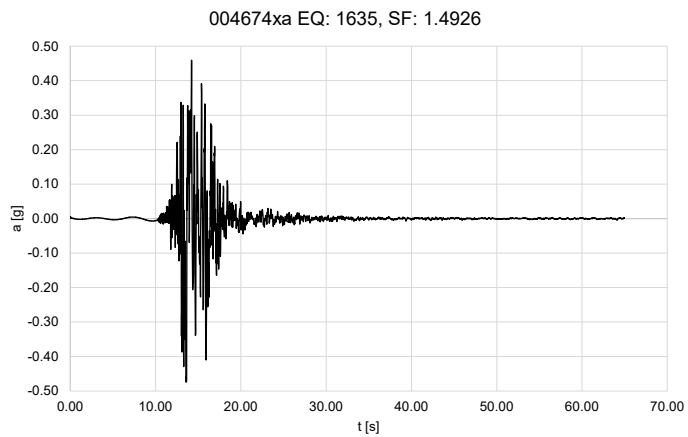


Figura 8-193 Accelerogramma 7 (004674xa)

8.4.1.5 Definizione input sismico e dati di disaggregazione SLD

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gjs.mi.ingv.it>.

Per cui, con riferimento alla Figura 8-194 e alla Figura 8-195 sono stati determinati i seguenti parametri M-R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min}=4$ e $M_{max}=7.5$;
- R (distanza) compresa tra $R_{min}=0$ km e $R_{max}=50$ km;



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

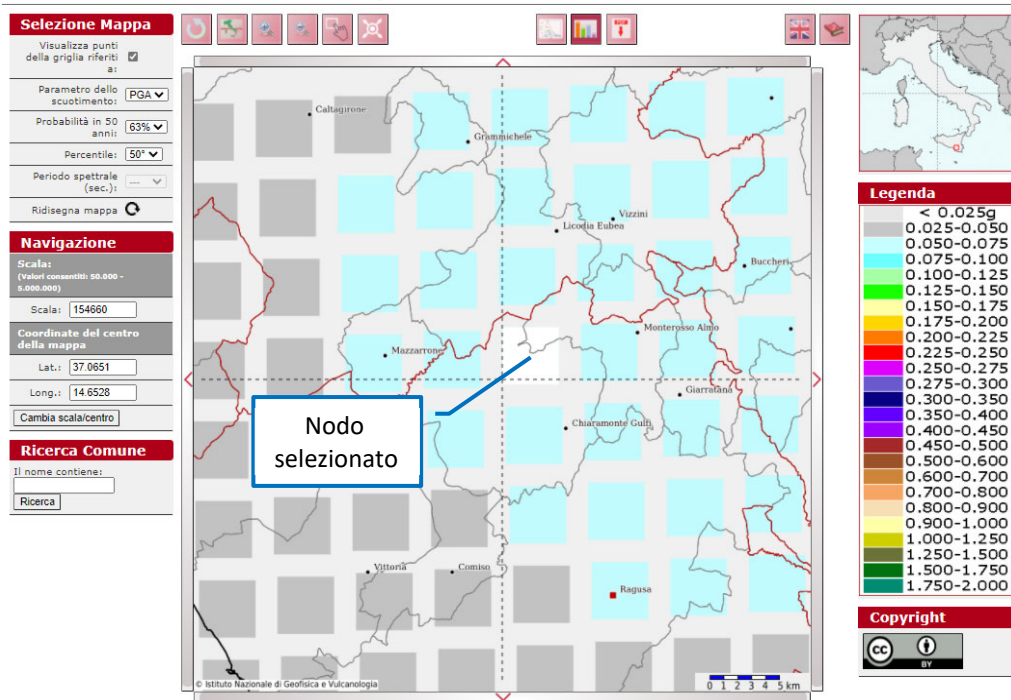


Figura 8-194 Grafico di disaggregazione M-R

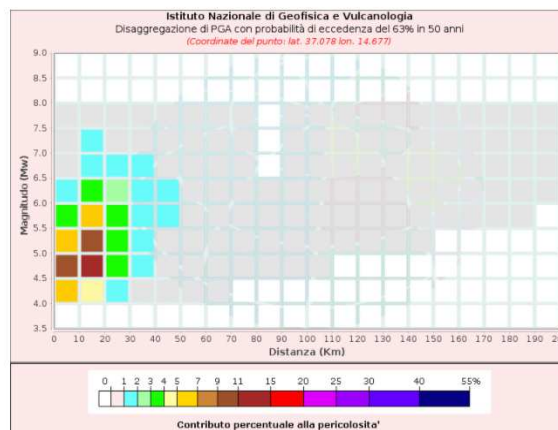


Figura 8-195 Dati di disaggregazione per il nodo del reticolo di riferimento selezionato

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.078 lon. 14.677)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	5.4700	10.0000	5.8900	3.1800	1.6400	0.8240	0.4100	0.0529	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	4.8400	11.4000	9.0400	6.1100	3.6400	1.9900	1.0300	0.1330	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.1200	3.3800	3.6500	3.2000	2.3400	1.4800	0.8330	0.1120	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.2960	1.1100	1.5500	1.7000	1.5100	1.1100	0.7040	0.1000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0887	0.4360	0.7630	1.0000	1.0500	0.8860	0.6280	0.0946	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0174	0.1520	0.3380	0.5180	0.6150	0.5850	0.4570	0.0725	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0029	0.0977	0.0947	0.0789	0.1050	0.1110	0.0951	0.0159	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0514	0.0491	0.0010	0.0015	0.0017	0.0016	0.0003	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0245	0.0684	0.0550	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0124	0.0814	0.1160	0.0285	0.0074	0.0082	0.0016	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0015	0.0476	0.1040	0.0477	0.0403	0.0464	0.0091	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193	0.0670	0.0417	0.0449	0.0552	0.0112	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0036	0.0281	0.0315	0.0447	0.0587	0.0124	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0149	0.0249	0.0414	0.0579	0.0126	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0099	0.0210	0.0362	0.0531	0.0119	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0209	0.0282	0.0421	0.0097	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	0.0125	0.0149	0.0227	0.0054	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0068	0.0117	0.0194	0.0047	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0032	0.0093	0.0167	0.0042	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0073	0.0143	0.0037	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.41	20.2	-0.196

Figura 8-196 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni

8.4.1.6 Determinazione accelerogrammi di input – REXEL V3.5 – Stato limite SLD

Si riporta in Figura 8-197 una schermata del software con i dati di input utilizzati:

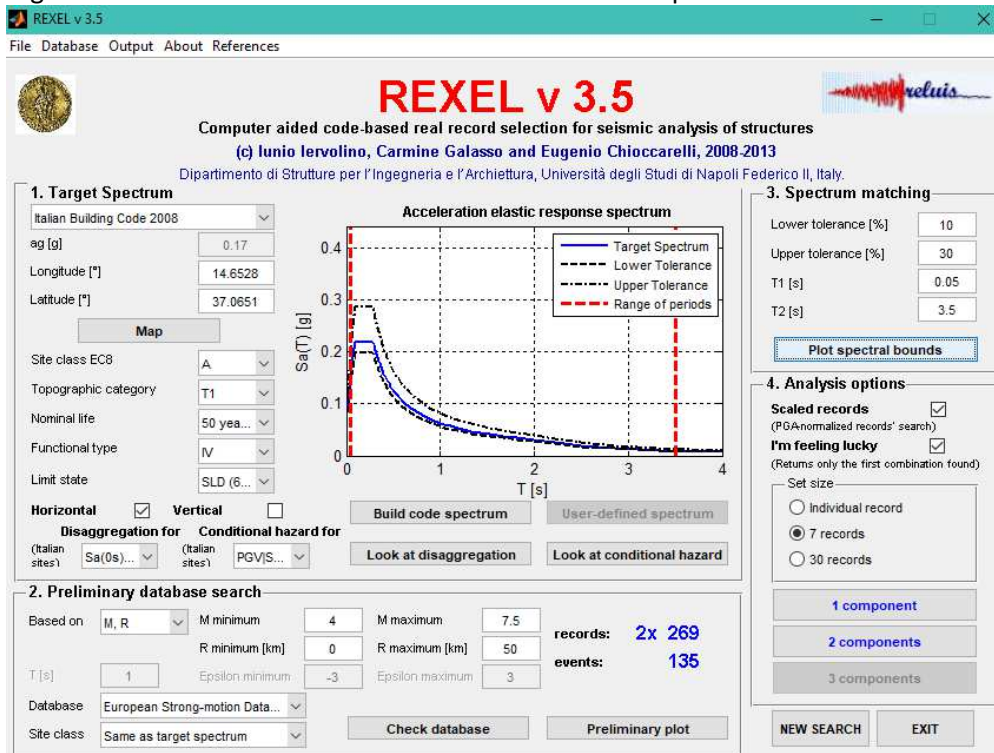


Figura 8-197 Stralcio della schermata di Roxel

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

Si riporta nella Tabella 8-14 il riepilogo delle caratteristiche degli accelerogrammi individuati.

Tabella 8-14 Riepilogo degli accelerogrammi individuati

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Central Distance	GA_X [m/s ²]	GA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	5.0514	2.9178	0.336	0.2097	7.3341	8.4263	0.64556	0.85171	A
647	292	ST222	Umbria Marche (aftershock)	14/10/1997	5.6	normal	27	0.1236	0.1545	0.0078	0.0083	12.0456	10.1364	0.68331	0.82013	A
604	286	ST225	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	37	0.2121	0.2041	0.0111	0.011	14.8446	15.4434	0.74514	0.54051	A
551	260	ST212	Tithorea	18/11/1992	5.9	normal	37	0.1599	0.2104	0.0124	0.0121	7.3454	6.3165	0.82574	0.83162	A
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	6	5.1881	5.5698	0.218	0.8303	6.6884	2.0632	0.70838	0.69452	A
5027	1509	ST2496	Oeifus	13/11/1998	5.1	oblique	18	0.0942	0.2838	0.004	0.0155	12.042	3.4152	0.74328	0.83873	A
198	93	ST64	Montenegro	15/04/1979	6.9	thrust	21	1.7743	2.1985	0.1705	0.2591	13.0429	8.1574	0.5081	0.93423	A

Si riporta nella Figura 8-198 la verifica di spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati con riferimento allo spettro di risposta in accordo al D.M. 14/01/2008. Lo spettro di risposta elastico di riferimento è quello da normativa ottenuto per una categoria di sottosuolo A con coefficiente topografico T1:

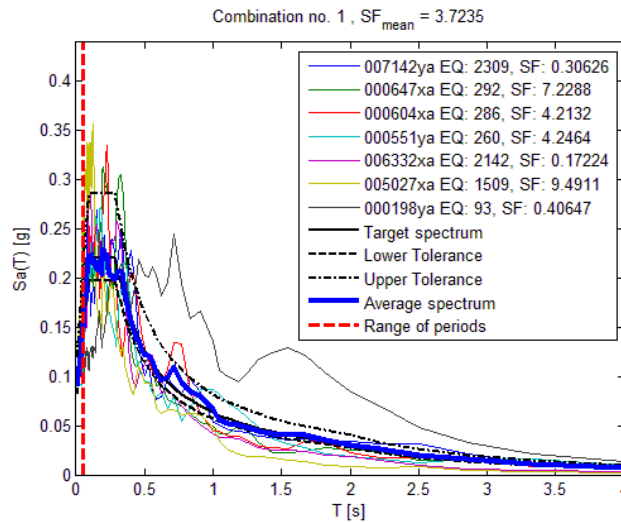


Figura 8-198 Verifica di spettro-compatibilità degli input sismici considerati

Di seguito si riportano gli input sismici considerati (da Figura 8-199 a):

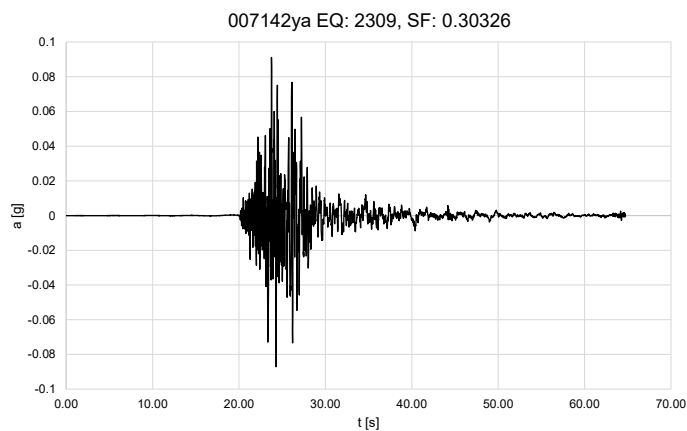


Figura 8-199 Accelerogramma 1 (007142ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

000647xa EQ: 292; SF: 7.2288

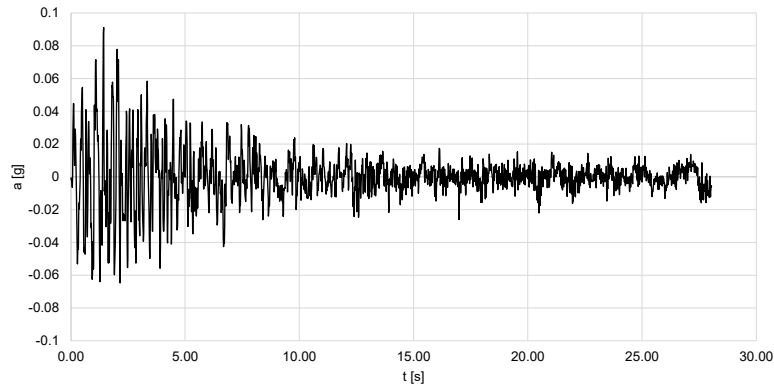


Figura 8-200 Accelerogramma 2 (000647xa)

000604xa EQ: 286; SF: 4.2132

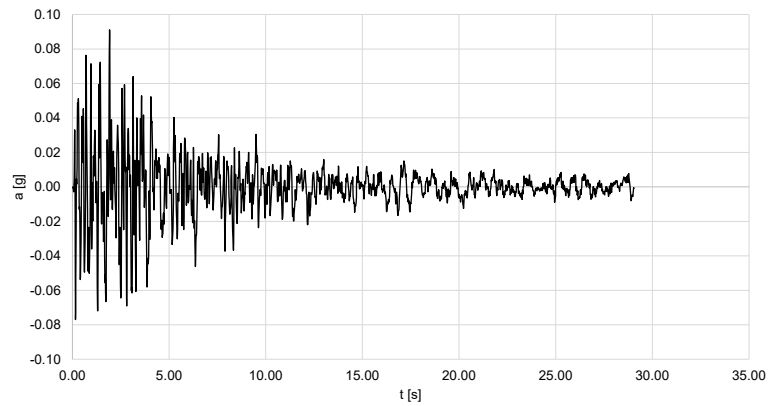


Figura 8-201 Accelerogramma 3 (000604xa)

000551ya EQ: 260; SF: 4.2464

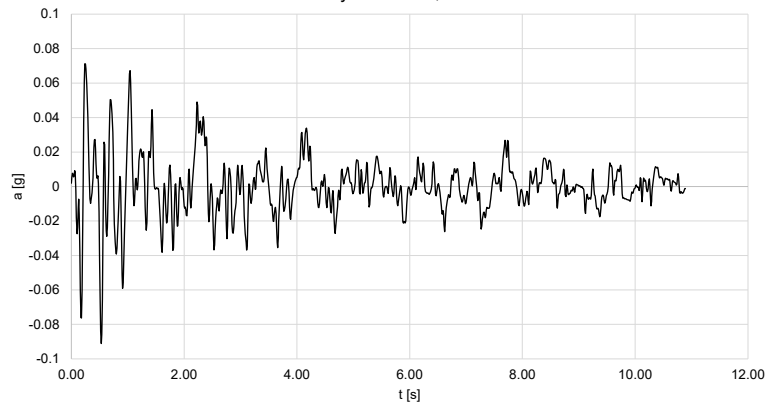


Figura 8-202 Accelerogramma 4 (000551ya)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

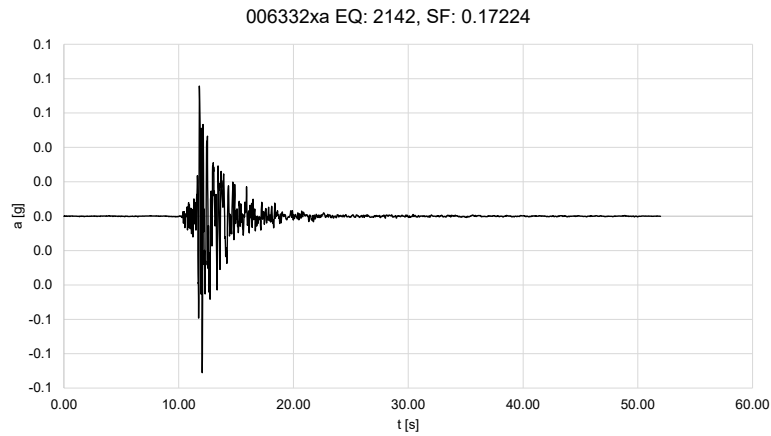


Figura 8-203 Accelerogramma 5 (006332xa)

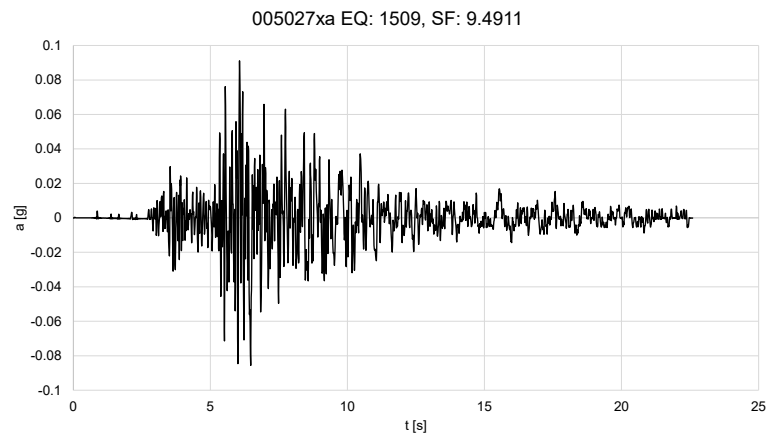


Figura 8-204 Accelerogramma 6 (005027xa)

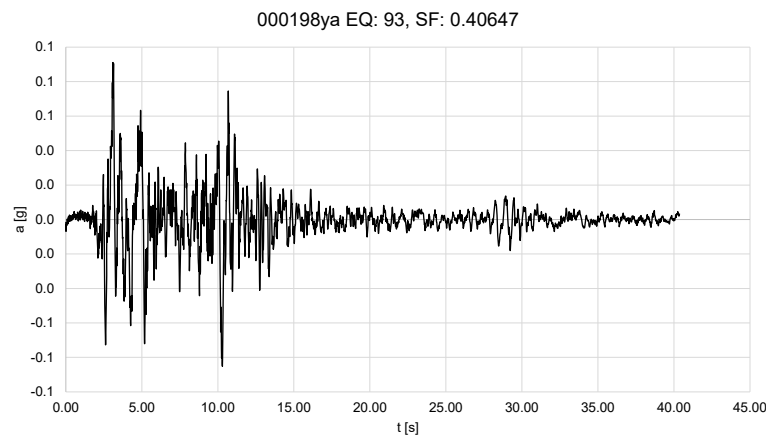


Figura 8-205 Accelerogramma 7 (000198ya)

8.4.2 Caratterizzazione sismica

Con riferimento a quanto riportato al §7.11.13 del D.M. 14/01/2008, le indagini geotecniche volte all'analisi di risposta sismica locale, a rigore, devono consentire la definizione delle condizioni sismo-stratigrafiche di sottosuolo, le proprietà fisiche e meccaniche degli strati del terreno e la profondità del substrato rigido.

A tal fine vengono prese in considerazione le seguenti indagini ubicate in prossimità dell'opera:

- n.1 sondaggio (S059d– campagna 2012-2013)
- n.1 prova Down-Hole eseguita nel foro S059d – campagna 2012-2013;
- n.1 stendimento di sismica a rifrazione (BS014 – campagna 2012-2013)

La Figura 8-206 mostra uno stralcio della planimetria delle indagini geognostiche eseguite nell'area oggetto di studio.

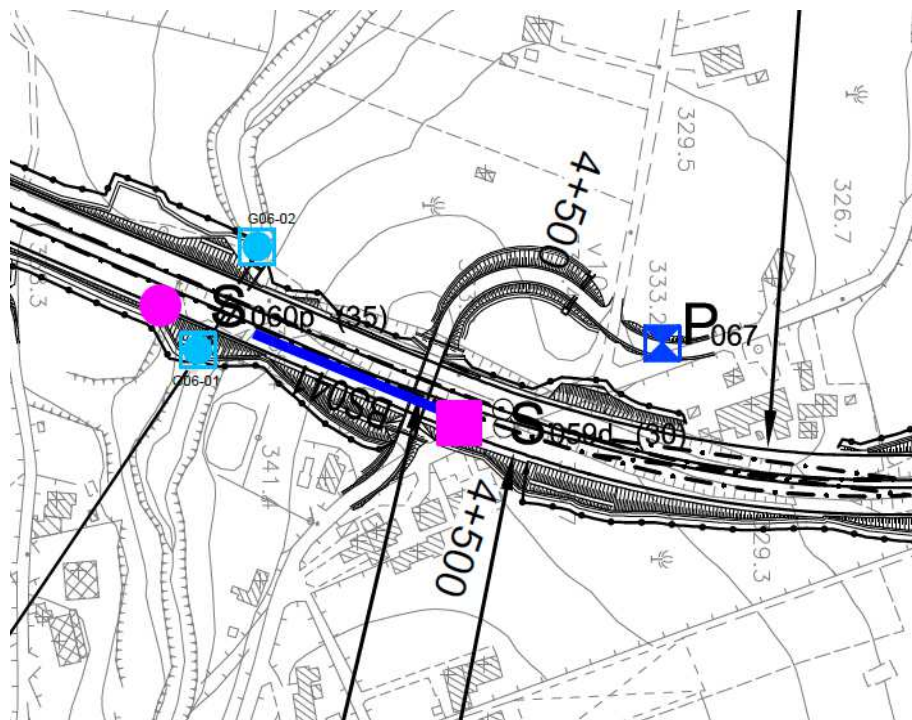


Figura 8-206 Stralcio della planimetria delle indagini per il sito di studio

Mentre, nella Figura 8-207 è presente uno stralcio del profilo geotecnico.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

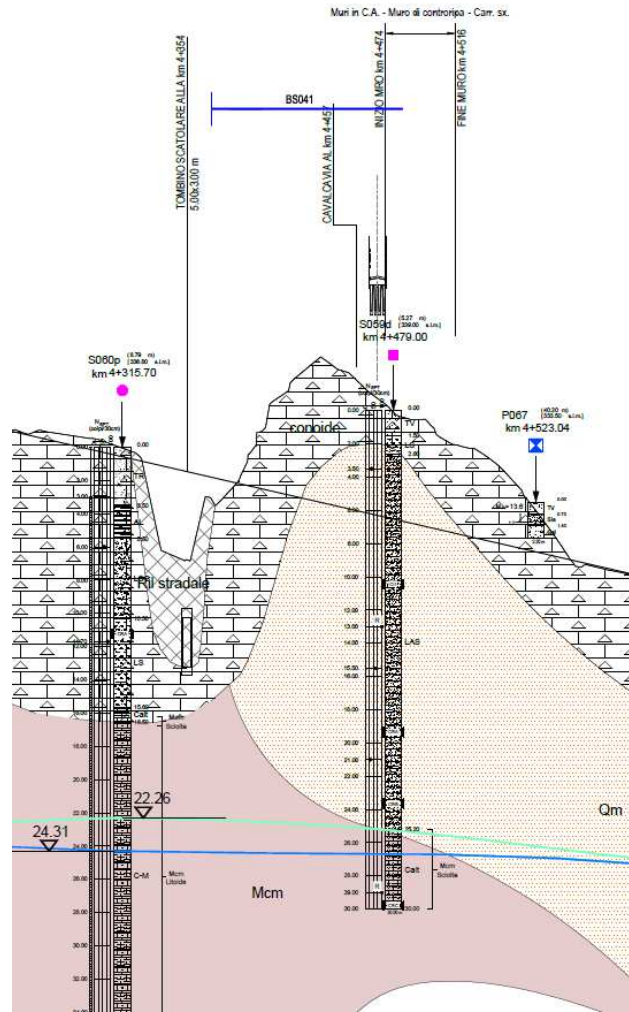


Figura 8-207 Stralcio del profilo geotecnico asse destro

8.4.2.1 Stendimento sismico a rifrazione

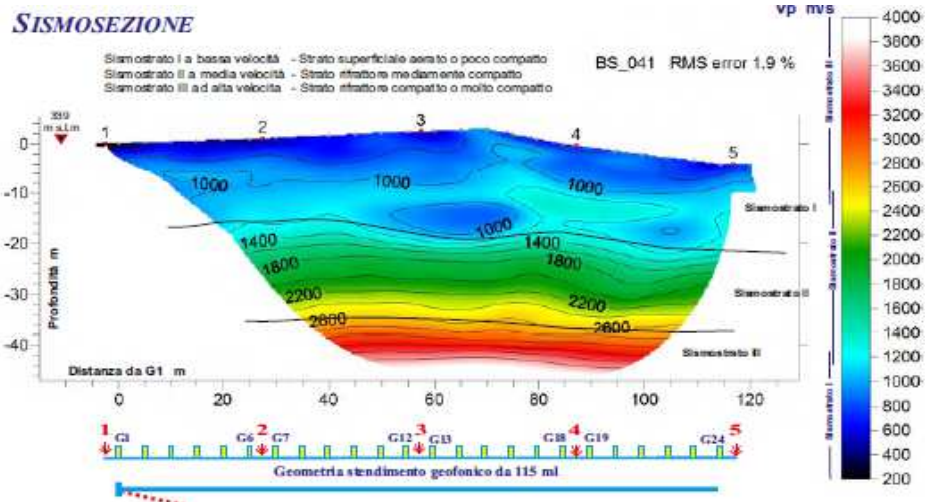


Figura 8-208 Elaborazione tomografica dello stendimento sismico a rifrazione BS_014

8.4.2.2 DOWN-HOLE S059d

Nella Figura 8-209 vengono riportati i profili di velocità di propagazione delle onde P ed S ottenuti dalla prova Down-Hole S059. Come si può osservare dai 17m ai 21m di profondità dal p.c. è presente una riduzione della velocità. **Anche in questo caso risulta necessario eseguire un'analisi di risposta sismica locale seguendo le indicazioni contenute nel §3.2.2 e §7.11.3 del D.M. 14/01/2008.**

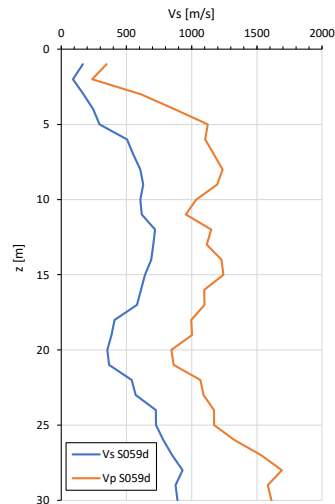


Figura 8-209 Profilo di velocità di propagazione delle onde S ottenuto dalla prova Down-Hole S059d

8.4.3 RSL – DOWN-HOLE S059d

8.4.3.1 Definizione del modello stratigrafico di sottosuolo – DOWN-HOLE S059d

È stato considerato uno schema di terreno stratificato, delimitato dal piano campagna orizzontale e poggiate su substrato rigido anch'esso orizzontale, posto a una profondità di 23 m. Tale valore è stato dedotto dall'analisi della prova sismica DOWN-HOLE S059d.

Il modello geotecnico di sottosuolo è stato ottenuto sulla base del profilo geotecnico. Nel caso in esame le unità presenti nel banco sono:

- Qm (terreni limnici, silt e argille lacustri, ghiaie e sabbie) del tipo TV-LS (terreno vegetale e limo sabbioso) caratterizzato da un peso in volume pari a $\gamma=17 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da da Seed & Idriss (1991), valida per materiali a grana grossa;
- Qm del tipo LAS (limo argilloso sabbioso) caratterizzato da un peso in volume pari a $\gamma=17 \text{ kN/m}^3$ e una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da Vucetic & Dobry (1991), valida per materiali a grana fine e un indice di plasticità di circa 15%.
- Mcm (terreni prevalentemente calcarenitici) del tipo Calt (calcarenite molto alterata) caratterizzata da un peso in volume pari a $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ una curva di decadimento della rigidezza a taglio proposta da da Seed & Idriss (1991), valida per materiali a grana grossa;

Nella Figura 8-210 si riportano rispettivamente, in blu la curva di decadimento e in arancione la curva di smorzamento utilizzate per i materiali dell'unità Qm del tipo LAS, mentre in Figura 8-211 si riportano rispettivamente, in blu la curva di decadimento e in arancione la curva di smorzamento utilizzate per i materiali dell'unità Qm del tipo TV-LS e dell'unità Mcm del tipo Calt.

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

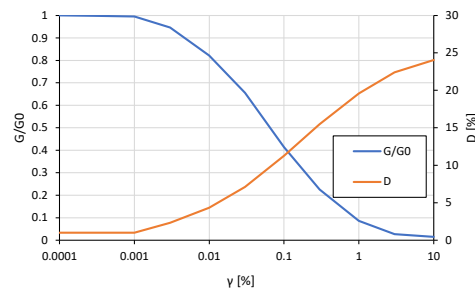


Figura 8-210 Curve di decadimento della rigidità a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Vucetic & Dobry (1991)

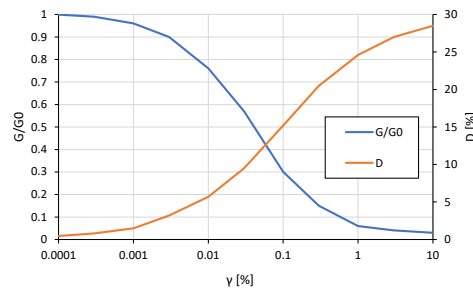


Figura 8-211 Curve di decadimento della rigidità a taglio normalizzata (in blu) e dello smorzamento (in arancione) proposte da Seed & Idriss (1991)

Nella Figura 8-212 si porta la stratigrafia di calcolo:

Layer #	Layer Name	Thickness (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Shear Velocity (m/s)
1	Conoide	2.00	17.00	143.00
2	Conoide	1.00	17.00	143.00
3	LAS	2.00	17.00	269.50
4	LAS	2.00	17.00	529.50
5	LAS	10.00	17.00	641.10
6	LAS	4.00	17.00	379.50
7	Calt	2.00	18.00	555.50

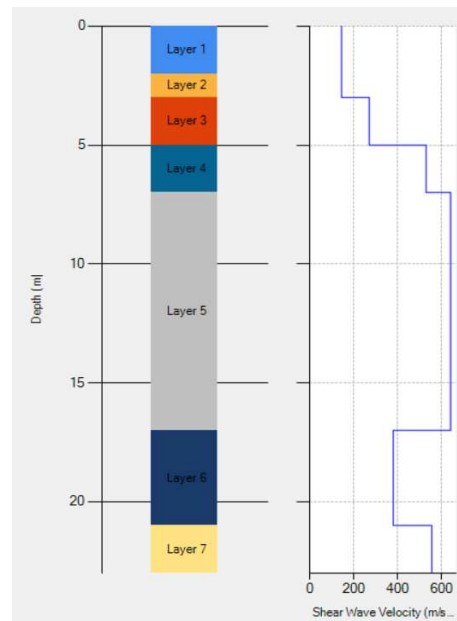


Figura 8-212 Stralcio della stratigrafia di calcolo ottenuta dal programma Deepsoil

Nel modello si è ipotizzato che alla base del deposito sia presente un substrato avente comportamento visco-elastico lineare, caratterizzato da un peso di volume pari a 22 kN/m³, un coefficiente di smorzamento pari al 5% e una velocità di propagazione delle onde S pari a 826 m/s. La falda è stata posizionata ad una profondità di 22m da p.c.

8.4.3.2 Risultati – DOWN-HOLE S059d

8.4.3.2.1 Risultati – SLV – MASW S059d

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica in termini di:

- spettro di risposta elastico delle accelerazioni, calcolato a 2 m dal piano campagna (quota ritenuta rappresentativa per le spalle del cavalcavia).
- profilo medio di accelerazioni massima con la profondità.

In Figura 8-213 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-214, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

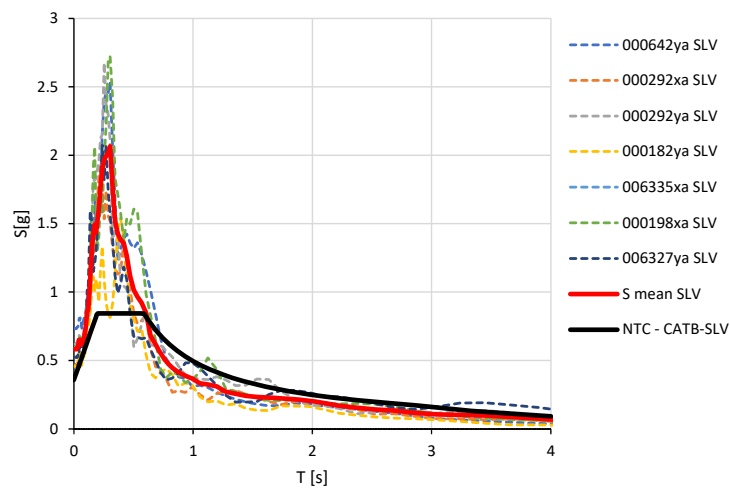


Figura 8-213 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

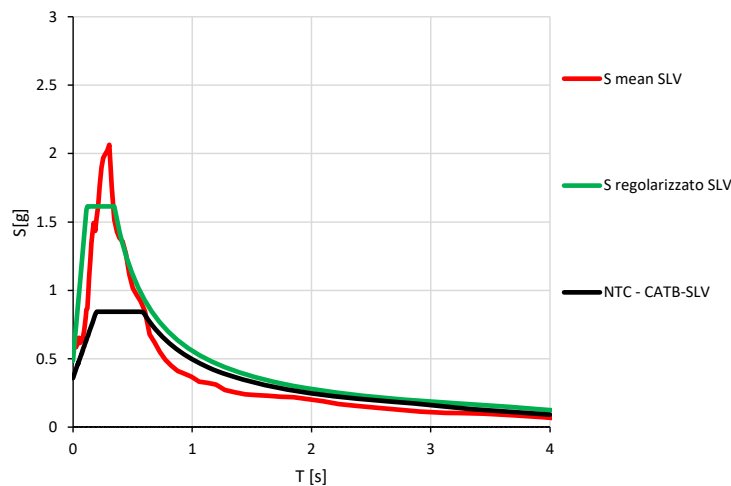


Figura 8-214 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

In Figura 8-215 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

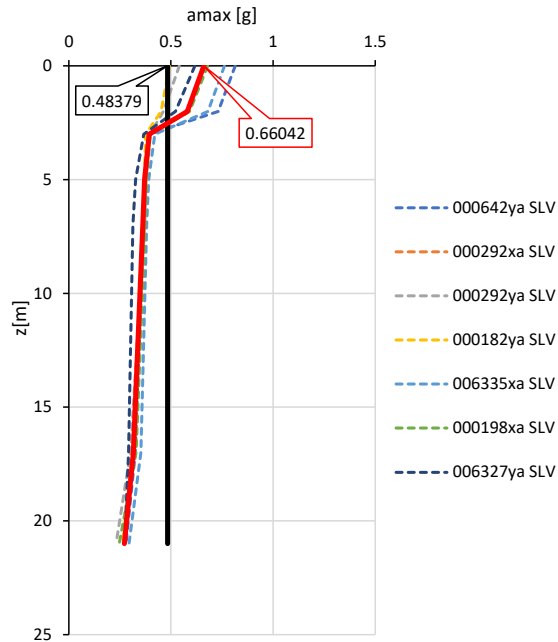


Figura 8-215 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.4.3.2.2 Risultati – SLC – DOWN-HOLE S059d

In Figura 8-216 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-217, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

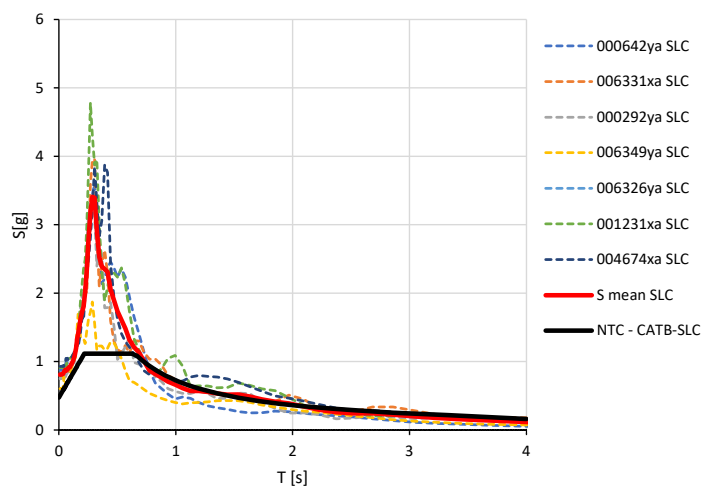


Figura 8-216 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

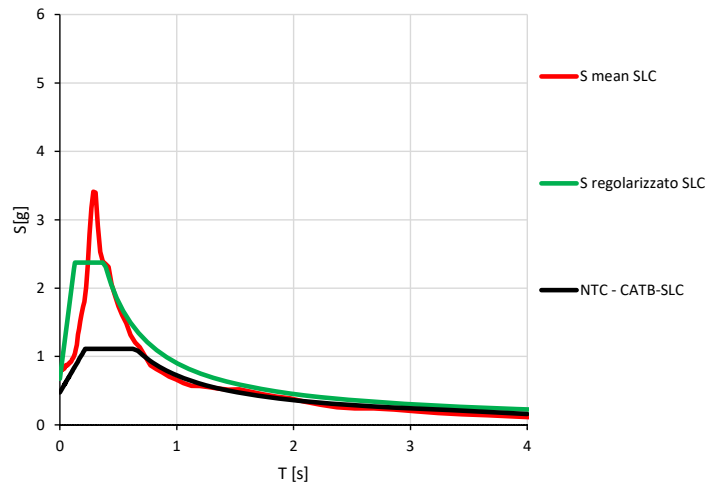


Figura 8-217 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

In Figura 8-218 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

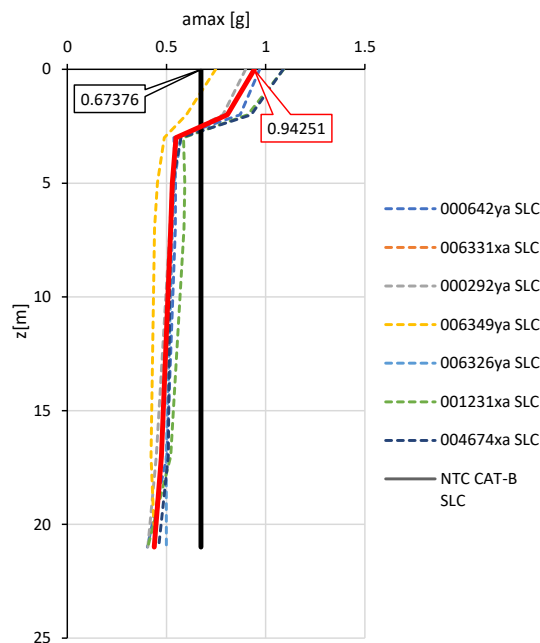


Figura 8-218 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali

8.4.3.2.3 Risultati – SLD – DOWN-HOLE S059d

In Figura 8-219 si riporta un confronto tra gli spettri ottenuti dalle singole analisi (curve tratteggiate), lo spettro medio ottenuto dalla risposta sismica locale (curva rossa) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera). Per una migliore lettura, in Figura 8-220, lo spettro elastico medio ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale (curva rossa) viene regolarizzato (curva verde) e confrontato con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

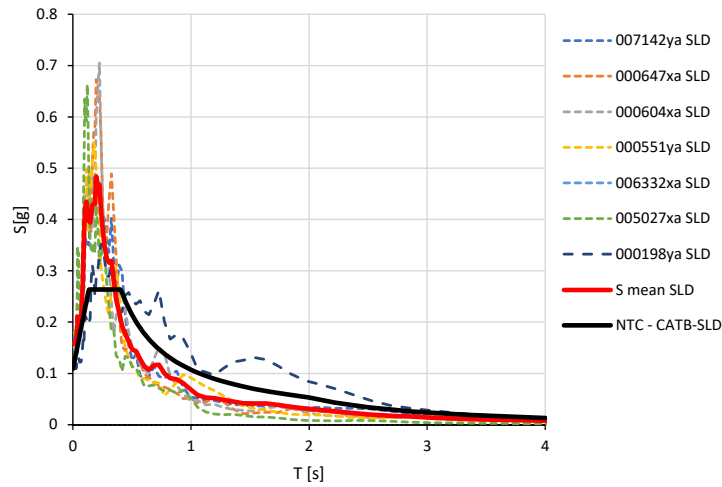


Figura 8-219 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa) con quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

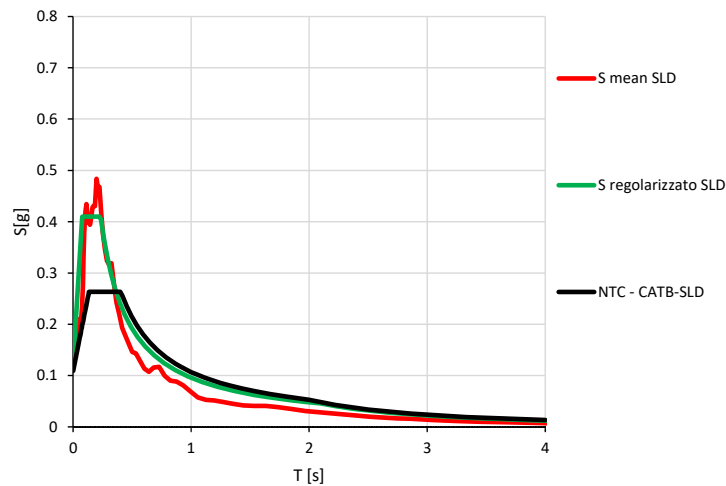


Figura 8-220 Confronto tra lo spettro elastico medio delle accelerazioni orizzontali ottenuto dalle analisi di risposta sismica (curva rossa), lo spettro normalizzato (curva in verde) e quello da normativa per categoria di sottosuolo B (curva nera)

In Figura 8-221 è riportato un confronto tra il profilo medio della massima accelerazione orizzontale ottenuto dalla risposta sismica locale (in rosso) e la PGA ottenuta dallo spettro da normativa (in nero).

RELAZIONE SISMICA – LOTTO 1

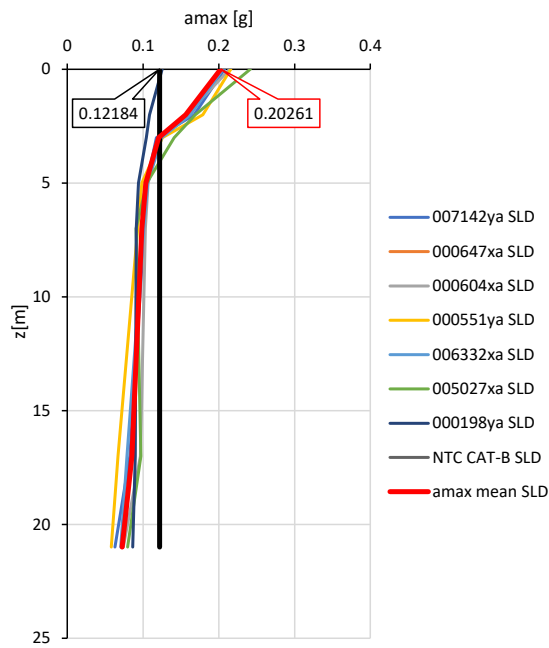


Figura 8-221 Profilo delle accelerazioni massime orizzontali