

FIUMICINO
WATERFRONT

SOGGETTO ESECUTORE E FINANZIATORE



INTERVENTO N. 146



CITTÀ DI
FIUMICINO

SOGGETTO PROPONENTE ED ATTUATORE



RINA CONSULTING S.P.A.

Via Antonio Cecchi 6, 16129 Genova

tel +39 010 31961

www.rina.org

Registro imprese di Genova: 03476550102

Partita IVA: 03476550102



Atelier(s) Alfonso Femia s.r.l.

Via Interiano 3/11, 16124 Genoa

tel. +39 010.540095 fax 010.5702094

Via Cadolini 32/38, 20137 Milan

tel. +39 02.54019701 fax 010.54115512

55 rue des petites écuries, 75010 Paris

tel +331.42462894

genova@atelierfemia.com - www.atelierfemia.com

Registro imprese di Genova: 01601780990

Partita IVA: 01601780990



RESPONSABILE COORDINAMENTO
DELLE DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. **ALESSANDRO ODASSO**

Direttore Tecnico - Rina Consulting S.p.A.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Alfonso FEMIA - Architettura e Landscape

Ing. Marco COMPAGNINO - Studio di impatto ambientale

Dott. Sandro LORENZATTI - Archeologia

Ing. Michele DI LAZZARO - Studio Idraulico e idrologico

Arch. Riccardo COCCIA - Prevenzione incendi

Ing. Alessandro VITA - Studio Geotecnico

Dott. Geol. Roberto SALUCCI - Geologia

Ing. Federico BARABINO - Sicurezza

Dott. Geol. Paolo RAVASCHIO - Rilievi e indagini

Ing. Flavio MARANGON - Studio trasportistico

Ing. Bruno RAMPINELLI ROTA - Compatibilità vincoli aeronautici

COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Marino BALZARINI - Project Management Consultancy

Ing. Valentina BALATA - Project Engineer

Ing. Alessandro PIAZZA - Coordinamento Opere Civili

Ing. Damiano SCARCELLA - Coordinamento Opere Marittime

Arch. Sara GOTTARDO - Coordinamento Architettura e Landscape

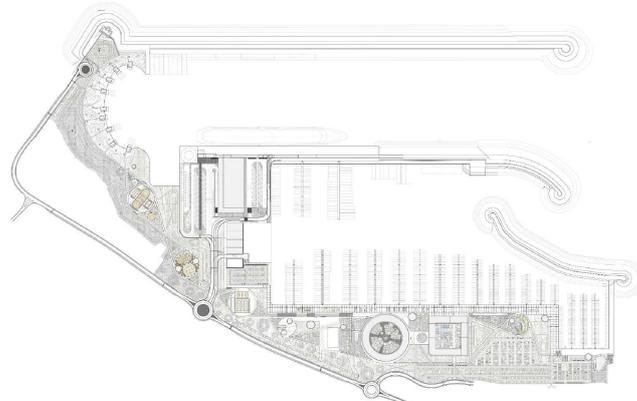
UNITÀ DI PROGETTO

Ing. Massimo GUIDI - Dirigente Comune di Fiumicino

PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA

CUP:F1122000320007

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA



INQUADRAMENTO GENERALE

GEOLOGIA E IDROLOGIA-GEOTECNICA-SISMICA

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' AI SENSI DELLA DGR 2649/1999

COMMESSA	SERVIZIO LOTTO	OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROG.	REV.	SCALA
P0031150	D0	MP00	GI	REL	10	00	

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
00	Emissione per integrazioni	R. SALUCCI	M. BALZARINI	A. ODASSO	06/2024
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

NOME FILE: P0031150-D-0-MP00-GI-REL-10_00

INDICE

	Pagina
INDICE DELLE FIGURE	2
1 PREMESSA	3
2 INDAGINI ESEGUITE	6
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO	7
4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	13
4.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO LOCALE	14
5 VINCOLI, RISCHIO ED IDONEITA' TERRITORIALE	17
6 SISMICITA'	19
6.1. SISMICITA' DELL'AREA ROMANA	19
6.2. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA	20
6.3. CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI IN BASE ALLA VS	23
6.4. COEFFICIENTE TOPOGRAFICO	27
6.5. MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO	27
7 PIANIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO	29
BIBLIOGRAFIA	35
APPENDICE A: CARTA GEOLOGICA, CARTA GEOMORFOLOGICA, CARTA IDROGEOLOGICA, CARTA DELLE ACCLIVITA', CARTA DELLA IDONEITA', CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SEZIONI GEOLOGICHE (A-A'/B-B'/C- C'/D-D'/E-E'), CARTA UBICAZIONE INDAGINI	
ALLEGATI : Valutazione di risposta sismica locale - elab. P0031150-D-0-MP00-GI-REP-02_00	
Valutazione della suscettibilità alla liquefacibilità dei suoli elab. P0031150-D-0-MP00-GI-REL- 06_00	

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 - Ubicazione area su sezioni CTR Lazio 386030 e 386070	3
Figura 1.2 - Ubicazione su carta IGM "Fiumicino"	3
Figura 1.3 - Ubicazione area su ortofoto (Google Earth)	4
Figura 3.1 - Lineamenti morfologici e sedimentologici del delta Tiberino . L'area nord orientale non punteggiata corrisponde a quella occupata un tempo dalle facies lagunari .Quella puntinata evidenzia progrediazioni in mare della spiaggia attraverso la giustapposizione ripetuta di cordoni litorali nel corso degli ultimi 2500 anni (Da Bellotti et alii 1994, ridisegnato)	7
Figura 3.2 - Panoramica tratto di costa che si raccorda al promontorio del faro	8
Figura 3.3 - Panoramica delle barriere antierosione	8
Figura 3.4 - Laghetto dunare presente nel tratto di costa di progetto	9
Figura 3.5 - Accumuli di blocchi sulla spiaggia	9
Figura 3.6 - Stratigrafia della sequenza deposizionale tiberina. (Da Bellotti et alii 1994 ridisegnato).	10
Figura 3.7 - Blocchi costituenti le barriere di protezione antierosione	11
Figura 3.8 - Depositi sabbiosi di spiaggia emersa.	11
Figura 4.1 - Schema idrogeologico dell'area Romana (Capelli et alii 1998).	13
Figura 4.2 - Stralcio carta delle unità idrogeologiche (Capelli e Mazza 2005) In arancio l'Unità Idrogeologica del Delta del Tevere, in verde l'Unità Idrogeologica di Ponte Galeria, in viola l'Unità Idrogeologica dei Colli Albani, in rosa l'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini, in azzurro l'Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali	14
Figura 4.3 - Stralcio carta idrogeologica della regione Lazio (Capelli et alii 2012) 1: Complesso dei depositi alluvionali recenti (potenzialità acquifera da bassa a medio-alta); 5: Complesso delle sabbie dunari (potenzialità acquifera medio-alta).	15
Figura 4.4 - Foto Satellitare (Google Earth©) con indicazione dei canali della acque superficiali e della direzione principale di deflusso della falda freatica.	16
Figura 5.1 - Stralcio carta del rischio esondativo del PAI Appennino centrale (Ex PAI Tevere) – 2022.	17
Figura 5.2 - Stralcio carta della pericolosità di per eventi alluvionali del PAI Appennino centrale (Ex PAI Tevere)– 2021	18
Figura 6.1 - Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nel comune di Fiumicino dal 1000 al 2002 (Banca dati INGV).	19
Figura 6.2 - Catalogo sismico di sito riferito al comune di Fiumicino. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011. (I0=intensità epicentrale; Mw=magnitudo; Is=intensità risentita al sito). (Banca dati INGV).	20
Figura 6.3 - Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio proposta dal "GdL-Regione Lazio"	21
Figura 6.4 - Classificazione sismica del Comune di Fiumicino (DGRL 387/2009).	22
Figura 6.5 - Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio secondo il DGR n. 387/2009 e n.	22
Figura 6.6 - Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005 (Banca dati INGV).	23
Figura 6.7 - Risultati prova Down hole St1-14 (campagna 2014)	25
Figura 6.8 - Risultati prova Masw 1 (campagna 2023)	26
Figura 6.9 - Risultati prova Masw 2 (campagna 2023).	26
Figura 6.10 - Stralcio carta delle MOPS – Studio Geomagellan	28
Figura 7.1 - Planimetria analisi monodimensionali di RSL	30
Figura 7.2 - Spettri normalizzati categoria C - settore occidentale.	32
Figura 7.3 - Spettri normalizzati categoria C - settore orientale	33
Figura 7.4 - Riassunto risultati RSL	34

1 PREMESSA

Il presente elaborato è stato prodotto/integrato per rispondere alle richieste di integrazioni della Commissione Tecnica PNRR-PNIEC (Prot. MASE-2024-0011678 del 09/02/2024), della Soprintendenza Speciale per il PNRR del MIC (Prot. MASE-2024-0023735 del 08/02/2024) e alla richiesta di integrazioni/osservazioni VIAN 007/2024 della Regione Lazio - "Direzione Regionale ambiente, cambiamenti climatici, transizione energetica e sostenibilità, parchi" (Prot. MASE-2024-0056308 del 25/03/2024), nell'ambito della Procedura di VIA (PNIEC-PNRR) ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.n.152/2006, avviata con Istanza del 6 Ottobre 2023, per il "Progetto per la realizzazione del Porto turistico-crocieristico di Fiumicino - Isola Sacra".

La Commissione Tecnica PNRR-PNIEC, in particolare, ha richiesto quanto segue: "Per le componenti geologiche l'Area Tutela del Territorio con nota del 06/03/2024 prot.316121 rappresenta che ai fini della compatibilità geomorfologica ai sensi dell'art. 89 DPR 380/2001 per lo Strumento Urbanistico dovrà essere prodotta specifica **documentazione geologica e vegetazionale**, redatta in ottemperanza della DGR 2649/1999e ss.mm.ii., evidenziando le aree in Variante; detta integrazione dovrà essere raccolta in una **cartella dedicata**, in modo da consentire una rapida consultazione."

Pertanto, il presente documento costituisce la "Relazione di compatibilità ai sensi della DGRL 2649-1999" nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale per il progetto riferito all'intervento di costruzione del progetto consistente nella realizzazione di un porto con funzione di approdo crocieristico e diportistico.

L'area in oggetto risulta ubicata nel settore più meridionale del centro abitato di Fiumicino, in un'area situata nel settore marino posto a Nord della foce di Fiumara Grande del Tevere; tale zona ricade nel settore sud-orientale del Foglio n.386 "Fiumicino" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 ed è inoltre compresa nelle C.T.R. del Lazio, sezione n°386030 e n°386070 in scala 1:10.000 (Figura 1.1) e nelle tavolette I.G.M. in scala 1:25.000 "Fiumicino"(1895) e "Foce del Tevere"(1872) (Figura 1.2). In Figura 1.3 si riporta inoltre un'ortofoto dell'area in esame.

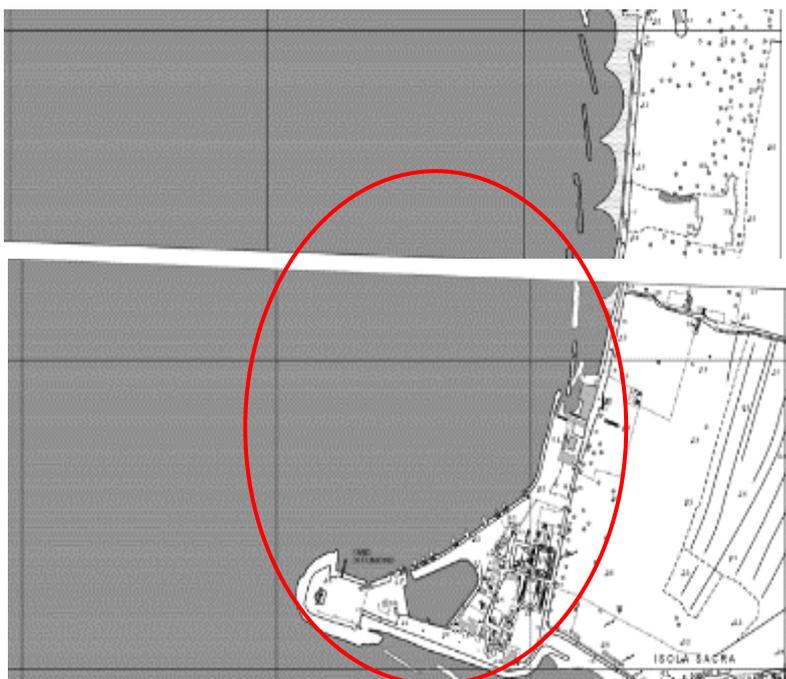


Figura 1.1 - Ubicazione area su sezioni CTR Lazio 386030 e 386070



Figura 1.2 - Ubicazione su carta IGM "Fiumicino"

COORDINATE GEOGRAFICHE (*datum* WGS84)

Latitudine	Longitudine	Quota (slm)
41°44'49" N	12°13'29" E	0-2 m



Figura 1.3 - Ubicazione area su ortofoto (Google Earth)

Questo lavoro viene redatto in adeguamento a quanto previsto dalla deliberazione della Giunta Regionale del Lazio n. 2649 del 18/maggio/1999 in merito alle "Linee guida e documentazione per l'indagine geologica e vegetazionale" (estensione della applicabilità della legge 2 febbraio 1974 n. 64.) per le nuove opere di urbanizzazione.

Lo studio si è basato su:

- una approfondita ricerca dei dati bibliografici esistenti sulla tratta;
- acquisizione di indagini geognostiche e geofisiche pregresse eseguite sulle aree di progetto;
- acquisizione delle cartografie tematiche disponibili presso autorità di bacino (PAI), comuni (Studi urbanistici comunali e Studi di Microzonazione sismica), Ispra (cartografia geologica tecnica e archivio fenomeni franosi);
- esecuzione di un sopralluogo e di rilievi geologici sull'area di progetto;
- L'elaborazione di tutti i dati acquisiti in questa sede ha consentito di emettere i seguenti elaborati tematici allegati alla presente relazione
 - Relazione Geologica
 - Planimetria ubicazione indagini
 - Carta Geologica
 - Carta geomorfologica
 - Carta idrogeologica
 - Carta delle acclività
 - Carta della idoneità
 - carta delle amplificazioni

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' AI SENSI DGR 2649/1999

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-10_00

-Sezioni stratigrafiche A-a', B-B', C-C', D-D', E-E'

-Valutazione di risposta sismica locale relativa a tre differenti assetti stratigrafici di cui si riportano i risultati in uno specifico elaborato (P0031150DOMP00GIREP0200).

- Valutazione della suscettibilità alla liquefacibilità dei suoli di cui si riportano i risultati in uno specifico elaborato (P0031150DOMP00GIREL0500)

2 INDAGINI ESEGUITE

Nell'ambito dell'area di progetto sono state eseguite numerose campagne di indagini geognostiche e geofisiche .

- campagna geognostica eseguita nell'anno 2003
- campagna geognostica eseguita nell' anno 2009
- campagna geognostica eseguita nell'anno 2014
- campagna geognostica eseguita nell'anno 2022
- campagna geognostica eseguita nell'anno 2023

Complessivamente, considerando tutte le campagne di indagine eseguite nel corso degli anni, il piano delle indagini comprende:

- n°45 sondaggi a carotaggio continuo nell'ambito dei quali sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche spt e sono stati prelevati campioni di terreno indisturbato e rimaneggiato
- n°32 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTu), finalizzate alla ricostruzione stratigrafica, alla caratterizzazione meccanica dei terreni e ad individuare gli orizzonti stratigrafici più permeabili presenti nel sottosuolo;
- n°3 prove con dilatometro Marchetti (DMT), finalizzate alla determinazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni sia di riempimento che naturali;
- n°1 prova Down Hole, per determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio e classificare i terreni di fondazione sotto il profilo sismico;
- n.22 prove di dissipazione;
- n.13 prove pressiometriche;
- n. 24 prospezioni sismiche a mare
- n. 1 stendimento di sismica a riflessione onshore
- n. 2 prospezioni sismiche masw
- n. 1 misura hvsr

Per maggiori dettagli sulle indagini eseguite si rimanda alla relazione geologica e idrogeologica (P0031150-D-0-MP00-GI-REL-03_00) e alle note redatte dalle ditte esecutrici.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico l'area oggetto del presente studio, collocata a sud ovest dell'abitato di Fiumicino, appartiene al comprensorio del Delta tiberino, il maggiore dell'area tirrenica. Come buona parte delle coste pianeggianti italiane, è un'area geologicamente giovane, con molte evidenze riferibili alle variazioni a scala globale del livello del mare durante l'Olocene e una morfologia dettata dall'apporto del fiume Tevere e delle correnti marine costiere. La formazione del Delta tiberino inizia circa 1 milione di anni fa ed è stata originata da una progressiva emersione della regione causata dal magma in risalita nella crosta superficiale, che successivamente ha portato, nel Pleistocene, all'attività vulcanica nelle regioni potassiche della Provincia Comagmatica Romana. L'assetto stratigrafico del delta è notevolmente complesso e legato agli eventi di tre principali fasi (Bellotti e Tortora, 1996):

- periodo di stazionamento basso del mare (circa 20.000 anni fa), quando la piattaforma continentale era in gran parte emersa;
- risalita del livello del mare con completa erosione del paleo-delta di basso stazionamento e forte sedimentazione all'interno della valle glaciale incisa dal fiume Tevere. Tale valle ospitava un complesso barriera-laguna con delta lagunare;
- stabilizzazione del livello del mare (circa 5-6000 anni fa) con forte colmamento dell'antica laguna, e progressione delle foci fluviali che raggiunsero la barriera litorale così che gli apporti solidi venivano riversati direttamente in mare. Da questo momento inizia la storia più recente del delta con progressivo accrescimento e spostamento verso mare della linea di costa fino al raggiungimento dell'attuale configurazione arcuata dell'apparato emerso. Numerose testimonianze archeologiche e fonti storiche scandiscono il ritmo temporale della progradazione recente che ha determinato un avanzamento di circa 4 km dell'apice deltizio. La progradazione della piana deltizia e l'attuale conformazione morfologica sono frutto dell'evoluzione avvenuta negli ultimi 4-5000 anni, ovvero dalla stabilizzazione del l.m. al termine dell'ultimo ciclo glacio-eustatico e sono principalmente controllate dagli apporti sedimentari del Tevere e, subordinatamente, da altri piccoli corsi d'acqua presenti nella piana e da interventi antropici. Il Delta tiberino si estende attualmente con la parte emersa per oltre 150 km² e con la parte sommersa per circa 500 km² (Figura 3.1) e presenta uno spessore massimo del corpo sedimentario di poco superiore a 80 m.

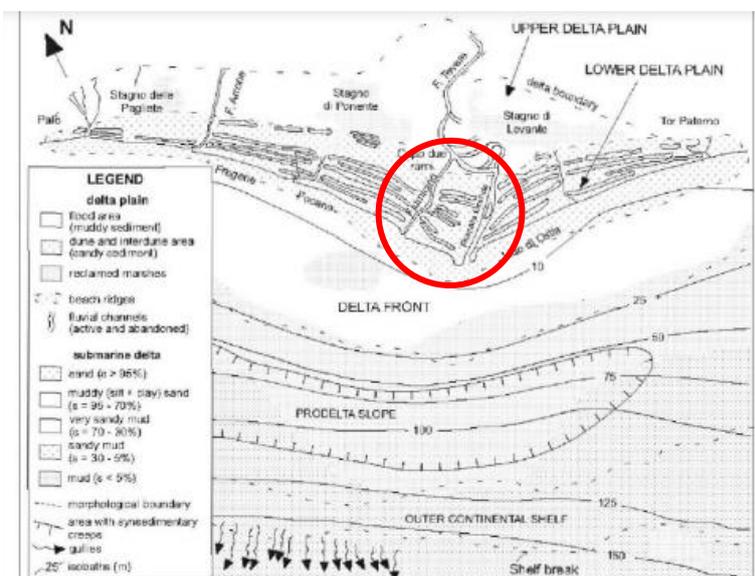


Figura 3.1 - Lineamenti morfologici e sedimentologici del delta Tiberino . L'area nord orientale non punteggiata corrisponde a quella occupata un tempo dalle facies lagunari .Quella puntinata evidenzia la progradazione in mare della spiaggia attraverso la giustapposizione ripetuta di cordoni litorali nel corso degli ultimi 2500 anni (Da Bellotti et Alii 1994, ridisegnato)

Attualmente l'area in cui sarà realizzato il nuovo porto è costituita da un tratto di costa orientato circa N-S che termina nel tratto meridionale sul promontorio del faro di Isola Sacra da cui parte un piccolo molo realizzato nei decenni passati . Il tratto di costa risulta protetto da numerose barriere antierosione costituite da accumuli di blocchi litoidi di natura prevalentemente lavica e secondariamente travertinoide di dimensioni da decimetriche a metriche. Alcuni blocchi simili a

quelli delle barriere risultano accumulati anche sulla spiaggia, Nella parte centrale del tratto di costa in esame si segnala la presenza di una laguna dunare



Figura 3.2 - Panoramica tratto di costa che si raccorda al promontorio del faro



Figura 3.3 - Panoramica delle barriere antierosione



Figura 3.4 - Laghetto dunare presente nel tratto di costa di progetto



Figura 3.5 - Accumuli di blocchi sulla spiaggia

Nelle sezioni geologiche riportate in Figura 3.6 si evince come, al di sopra del bedrock pre-glaciazione poggi, con presumibile continuità laterale, la serie sedimentaria rappresentata dapprima dai depositi ghiaioso-sabbiosi riconducibili alla Formazione di Ponte Galeria del Pleistocene medio, con spessori variabili fino a 10 m, seguiti dai depositi tardo pleistocenici-olocenici costituenti il colmamento del Delta tiberino, costituiti da limi argillosi/argille limose talora ricche in materiale organico. L'analisi delle sezioni inoltre mette in risalto che questi sedimenti, nelle aree marine a ridosso della linea di costa quali quella d'indagine, unitamente ai depositi sabbiosi costieri affioranti su bassi fondali a livello superficiale, sono i più rappresentati dell'area in esame.

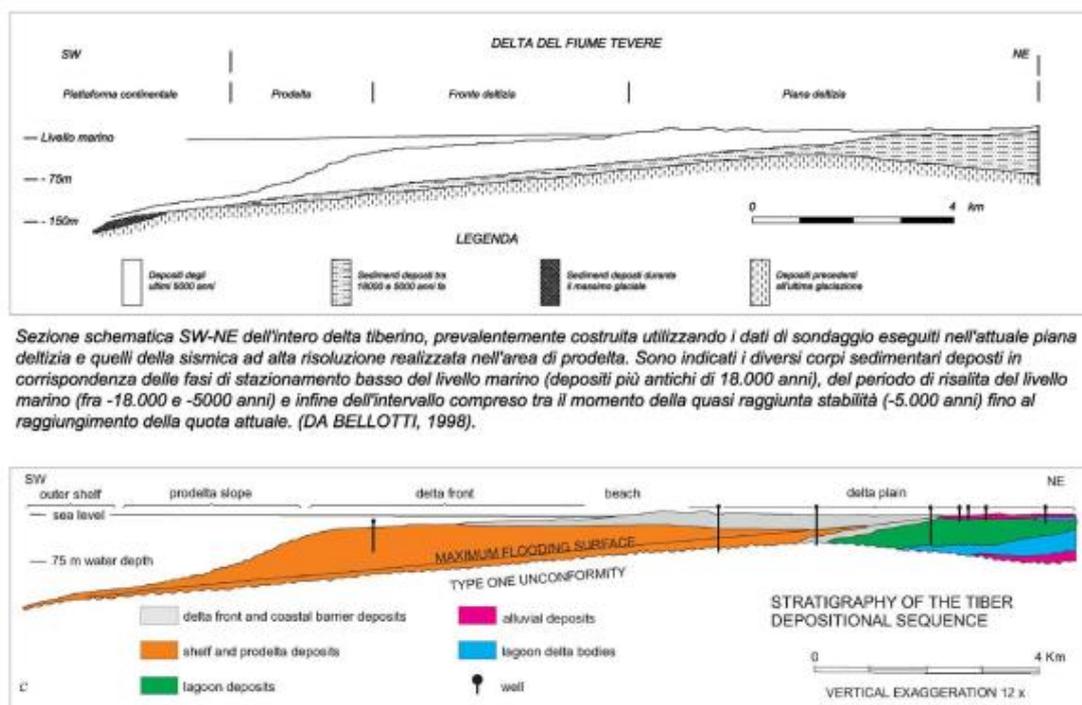


Figura 3.6 - Stratigrafia della sequenza deposizionale tiberina. (Da Bellotti et alii 1994 ridisegnato).

Va segnalato, infine, che nello strato granulare profondo che dovrebbe preludere al passaggio fra i depositi collegati al Delta tiberino e i depositi pre-glaciazione, è stata più volte segnalata la presenza di gas in pressione. Quindi, il banco granulare profondo pleistocenico, oltre a rappresentare lo strato acquifero principale alimentato dalle acque provenienti dalle alluvioni del Tevere e dalle acque provenienti dalla formazione ghiaioso-sabbiosa di Ponte Galeria, può essere sede di gas in pressione (vedere Capitolo idrogeologia).

Le campagne di indagine svolte a mare, sul terreno di sedime delle opere portuali, confermano pienamente il modello stratigrafico generale individuato a più grande scala nell'area. La stratigrafia locale è caratterizzata dalla successione di un banco superficiale di sabbia, seguito da un potente deposito di argille soffici a sua volta sovrapposto a depositi fluviali pleistocenici, incoerenti. In particolare, il deposito sabbioso superficiale ha uno spessore variabile da 3 a 12 metri circa con una generale tendenza a ridursi verso il largo m. Il deposito argilloso presenta circa 30 m di spessore. I depositi fluviali pleistocenici, si ritrovano mediamente alla profondità di 43/44 m da l.m.m., risultano raggiunti solo da un sondaggio (ST1-09) e si presentano generalmente incoerenti. Il modello stratigrafico di riferimento è quindi schematizzabile come:

- Depositi antropici costituiti da;

- massicciate per la creazione dei moli costituite da pezzame di dimensioni da centimetriche a decimetriche di natura prevalentemente lavica e secondariamente carbonatica immersi in una matrice sabbioso limosa
- accumuli di blocchi di natura prevalentemente lavica e secondariamente travertinoide di dimensioni da decimetriche a metriche per la costituzione delle barriere antierosione della costa



Figura 3.7 - Blocchi costituenti le barriere di protezione antierosione

- Depositi di spiaggia emersa e sommersa costituite da sabbie fini e medie, mediamente addensate, talvolta limose, di spessore compreso tra 3, e 6 m lungo lo sviluppo del molo Traiano e tra 7 e 12 m per il molo Claudio, spostandosi verso il radicamento di quest'ultimo; le indagini indicano che la base del deposito sabbioso è praticamente orizzontale nell'area di interesse e si colloca con buona approssimazione fra 12 e 13 m da l.m.m.: Nella carta geologica sono distinte su base topografica e morfologica i depositi emersi da quelli sommersi mentre nelle sezioni stratigrafiche tali depositi sono stati accorpati in una unica unità anche in funzione di caratteristiche granulometriche e geotecniche assolutamente simili.



Figura 3.8 - Depositi sabbiosi di spiaggia emersa.

- Argille limose e limi argillosi pleistocenici, con lenti e intercalazioni da centimetriche a decimetriche di sabbia fine. Tali livelli sono più frequenti al tetto del deposito mentre risultano più rarefatti in profondità; il deposito si estende fino a circa 43/44 m da l.m.m. con spessori variabili fra 20 e 30 mt circa ;

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' AI SENSI DGR 2649/1999

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-10_00

- Ghiaie pleistoceniche, incoerenti e addensate; questa unità è stata indagata solo marginalmente dai sondaggi (sondaggio ST1 09) perché, quando attraversata, ha dato chiara evidenza della presenza di gas metano.

Il substrato comune di tutta la zona, mai raggiunto dalle indagini è costituito dalla formazione delle argille marnose plioceniche grigio azzurre.

Per ricostruire in maniera più chiara il modello geologico dell'area sono stati ricostruiti i seguenti elaborati geologici di dettaglio.

- Carta geologica
- Carta geomorfologica
- Carta idrogeologica
- Carta delle acclività
- N. 5 sezioni stratigrafiche

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

A livello generale, il deflusso delle acque sotterranee nell'area costiera romana è fortemente condizionato dalla conformazione del territorio superficiale e dal sistema idrografico che lo caratterizza. I complessi idrogeologici sede di circolazione idrica sono connessi principalmente alla struttura idrogeologica del fiume Tevere e agli apparati vulcanici dei Colli Albani e del sistema Vulsinio - Sabatino. Negli apparati vulcanici, la maggior parte dell'acqua costituente gli acquiferi profondi proviene dalle zone interne alla cinta calderica; l'acqua, infiltrandosi, incontra a profondità relativamente poco elevate orizzonti stratigrafici ad elevata permeabilità (lave scoriacee o fratturate, scorie e sabbioni vulcanici), che favoriscono un deflusso radiale verso le zone esterne. In Figura 4.1 si riporta uno schema idrogeologico dell'area romana, in cui si evidenzia l'area di progetto (da Capelli et al., 1998-2001).

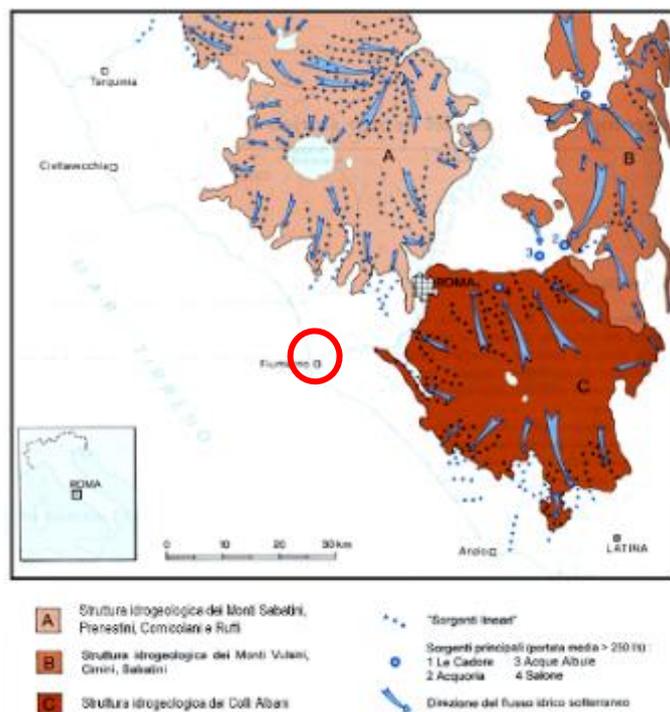


Figura 4.1 - Schema idrogeologico dell'area Romana (Capelli et alii 1998).

Il fiume Tevere, diretto circa Est – Ovest lungo il tratto terminale, più prossimo all'area investigata, agisce come asse di drenaggio principale per le acque superficiali e profonde, provenienti dai rilievi circostanti. Le caratteristiche idrogeologiche dei litotipi risultano condizionate dall'estrema eterogeneità degli stessi e dalle loro specifiche situazioni giacitureali. In area romana, i depositi argillosi marini pliocenici presenti in profondità (formazione "Monte delle Piche", unità di Monte Mario e Unità di Monte Vaticano) rappresentano il substrato impermeabile generale dell'area romana. Su questo substrato poggia - secondo una distinzione semplificata a grande scala - una successione di terreni di origine vulcanica (Complesso idrogeologico delle vulcaniti) e sedimentaria (Complesso dei depositi di copertura, Complesso dei depositi clastici indifferenziati e Complesso delle argille marine) (Capelli et al., 2012). Tali macro unità idrostratigrafiche sono caratterizzate dal passaggio, sia in verticale che in orizzontale, di termini a permeabilità anche molto diversa tra loro: terreni poco o nulla permeabili come argille, limi, tufi argillificati, tufi litoidi non fratturati si sovrappongono e si affiancano a depositi permeabili sia per porosità (ghiaie, sabbie e depositi pozzolanacei), sia per fessurazione (tufi litoidi fratturati). I complessi idrogeologici di età quaternaria sono sede di varie circolazioni idriche sotterranee, le cui potenzialità di sfruttamento sono influenzate dai rapporti di giacitura esistenti tra i medesimi complessi permeabili ospitanti gli acquiferi e quelli impermeabili che ne delimitano i contorni.

4.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO LOCALE

Il basamento argilloso plio-pleistocenico costituisce il substrato impermeabile del complesso sistema di circolazione idrica sotterranea all'interno dei depositi del Delta del Tevere (Mazza et al., 2013). Nei settori pedecollinari retrostanti la piana deltizia (Ponte Galeria, sul fianco destro del Tevere, Acilia, sul fianco sinistro) la falda principale si colloca all'interno delle ghiaie e sabbie della formazione di Ponte Galeria, che sovrastano il basamento costituito dalle argille limose plio-pleistoceniche. L'acquifero presenta una permeabilità elevata e uno spessore di 8-10 m; esso risulta confinato verticalmente dai terreni limosi afferenti alle facies più fini della formazione di Ponte Galeria e delle successive formazioni medio-pleistoceniche. Procedendo verso Ovest, laddove si incontrano facies fluviali sabbiose da fini a grossolane, anche con lenti di ghiaia, la falda principale prosegue con continuità verticale e laterale, con una permeabilità variabile. Dove invece sono presenti facies pelitiche alluvionali e di laguna costiera, con torbe e sabbie fini, la falda risulta confinata nelle formazioni permeabili pleistoceniche più profonde. Verso la costa l'acquifero principale, ospitato dal complesso delle sabbie e ghiaie pleistoceniche, rimane confinato a profondità di circa 40 m (o maggiore, fino a 60 m e oltre, presso il corso attuale del Tevere), ed è ricaricato lateralmente dalle acque provenienti dalle alluvioni del Tevere e dalla formazione ghiaioso-sabbiosa di Ponte Galeria. Al di sopra si riconosce un livello a permeabilità molto bassa, dello spessore di circa 20-40 metri, costituito dalle peliti lagunari e/o marine in facies di piattaforma che svolgono la funzione di acquitardo. In area costiera litoranea, superiormente è presente un corpo superficiale a falda libera, costituito dal complesso delle sabbie dunari e di barriera costiera, con uno spessore indicativo di 15-20 metri, caratterizzato da una permeabilità da media a medio-bassa, con ricarica prevalentemente zenitale (Mazza et al., 2013). In Figura 4.2 si riporta uno stralcio della Carta delle Unità Idrogeologiche del territorio romano (da Capelli e Mazza, 2005). In arancio l'Unità Idrogeologica del Delta del Tevere, in verde l'Unità Idrogeologica di Ponte Galeria, in viola l'Unità Idrogeologica dei Colli Albani, in rosa l'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini, in azzurro l'Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali. In figura 4.3 si riporta invece uno stralcio della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio (Capelli et al., 2012), in cui si evidenzia l'area di progetto. 1: Complesso dei depositi alluvionali recenti (potenzialità acquifera da bassa a medio-alta); 5: Complesso delle sabbie dunari (potenzialità acquifera medio-alta).

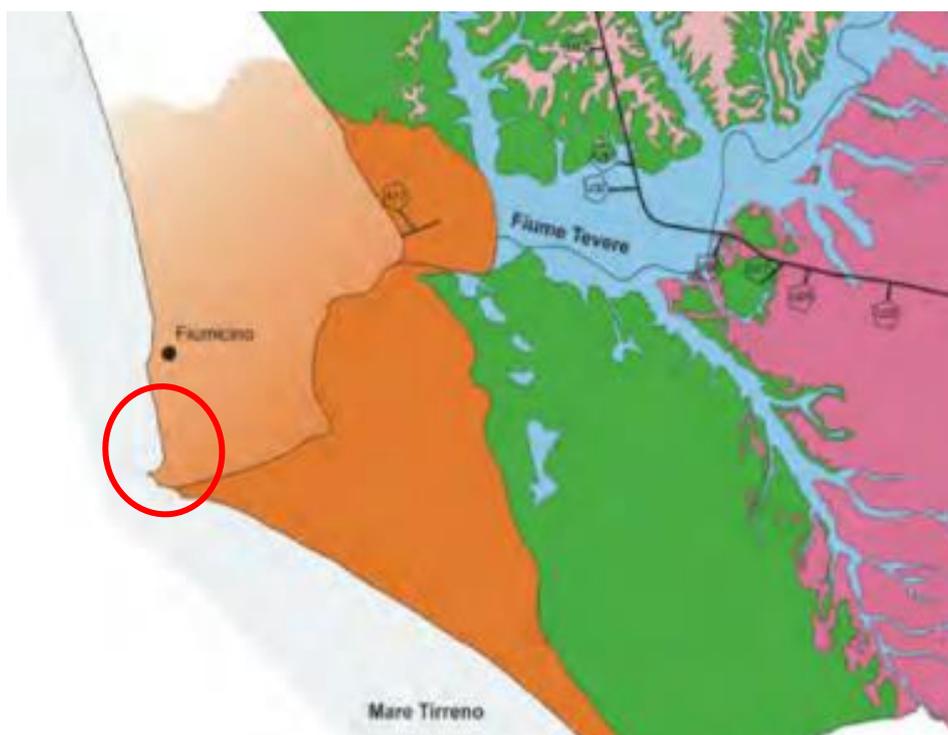


Figura 4.2 - Stralcio carta delle unità idrogeologiche (Capelli e Mazza 2005) In arancio l'Unità Idrogeologica del Delta del Tevere, in verde l'Unità Idrogeologica di Ponte Galeria, in viola l'Unità Idrogeologica dei Colli Albani, in rosa l'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini, in azzurro l'Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali

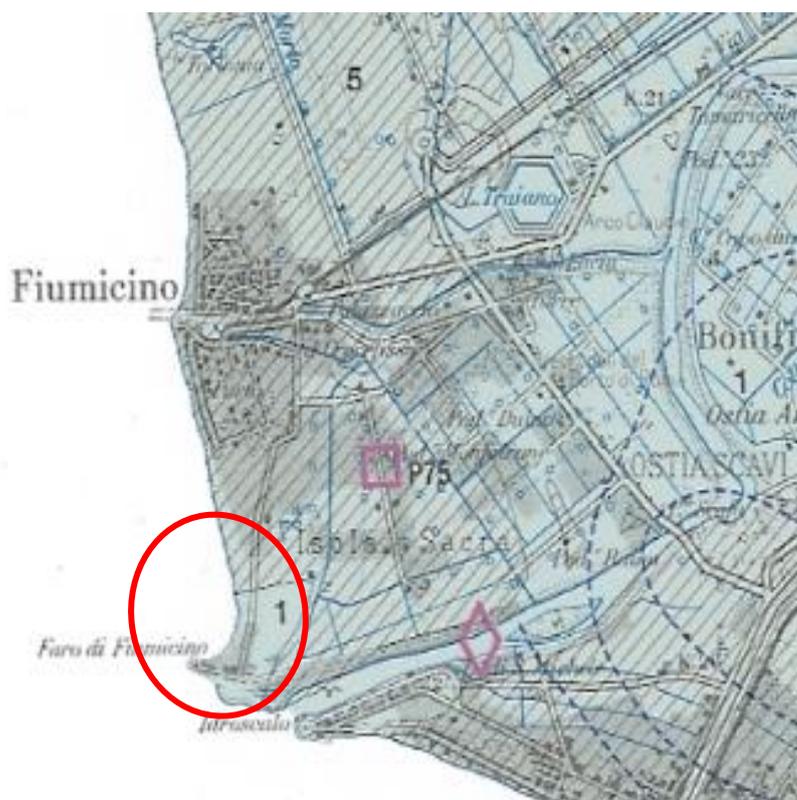


Figura 4.3 - Stralcio carta idrogeologica della regione Lazio (Capelli et alii 2012) 1: Complesso dei depositi alluvionali recenti (potenzialità acquifera da bassa a medio-alta); 5: Complesso delle sabbie dunari (potenzialità acquifera medio-alta).

A livello sito specifico, nell'area di interesse dall'opera in oggetto, sulla base delle indagini geologiche disponibili e delle sezioni stratigrafiche ricostruite, è confermata la presenza di una falda a carattere libero entro i primi 10 metri di spessore all'interno di un livello sabbioso, poggiante su un livello a bassa permeabilità di natura limoso-argillosa di spessore pari a circa 30 metri che separa la falda freatica da quella a carattere confinato presente all'interno delle ghiaie di base.

Per quanto riguarda il campo di moto della falda freatica, pur non essendo disponibili dati ufficiali, la morfologia sub planare del territorio e la presenza di canali superficiali, indicano un deflusso della falda normale alla linea di costa con locali modifiche nella direzione di deflusso derivanti dalla presenza della Fiumara Grande che rappresenta un elemento alimentante o drenante la falda, a secondo dell'altezza idrometrica.

Nella figura seguente lo schema idrogeologico sito specifico con l'indicazione dei canali superficiali e della direzione principale di deflusso della falda freatica:

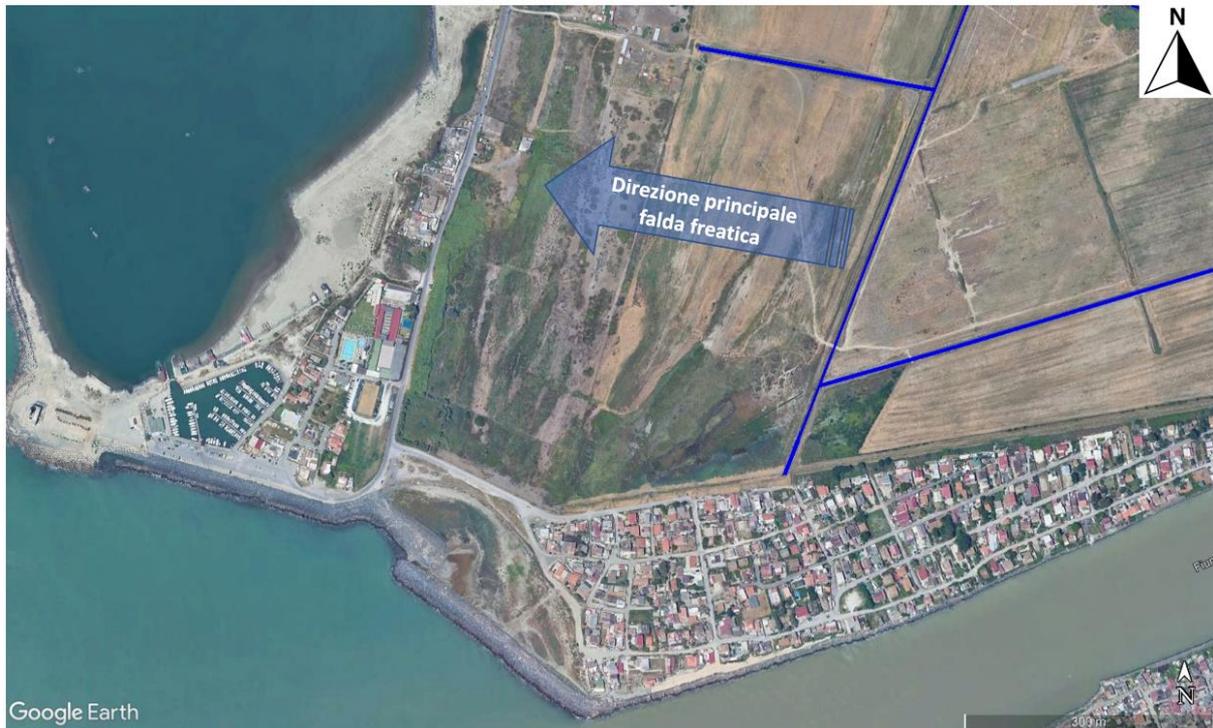


Figura 4.4 - Foto Satellitare (Google Earth©) con indicazione dei canali della acque superficiali e della direzione principale di deflusso della falda freatica.

Per ricostruire in maniera piu' chiara il modello idrogeologico dell'area sono stati ricostruiti i seguenti elaborati geologici di dettaglio.

- Carta idrogeologica

5 VINCOLI, RISCHIO ED IDONEITA' TERRITORIALE

Tutta l'area in esame non ricade fra quelle sottoposte a vincolo idrogeologico di cui alla DGR 6215/96 (ex RD 3267/23 e RD 1126/26) nelle quali è necessario richiedere specifico nullaosta prima di procedere alla realizzazione di qualunque tipo di progetto.

Non essendo presenti nell'area in esame vincoli non state redatte le specifiche cartografiche.

Nell'area in esame è presente solo un rischio di tipo esondativo del PAI. La zona di studio ricade interamente all'interno dell'area di pertinenza del Piano di Assetto Idrogeologico dell'appennino centrale ex PAI del Fiume Tevere, più in particolare nel Piano Stralcio per il Tratto Metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla Foce (PS5), approvato con DPCM del 3/5/2009 e a seguito dell'aggiornamento di giugno 2022. Lo stesso PAI coinvolge tutto il sedime a terra dell'area progettuale. Il progetto non si sviluppa su aree interessate da rischio idraulico a parte un'area marginale nella zona del faro e dell'attuale porticciolo che ricade aree a rischio R3 il quale ricade in un'area a rischio idraulico R3, precedentemente inserita in R2 (**Error! Reference source not found.**).

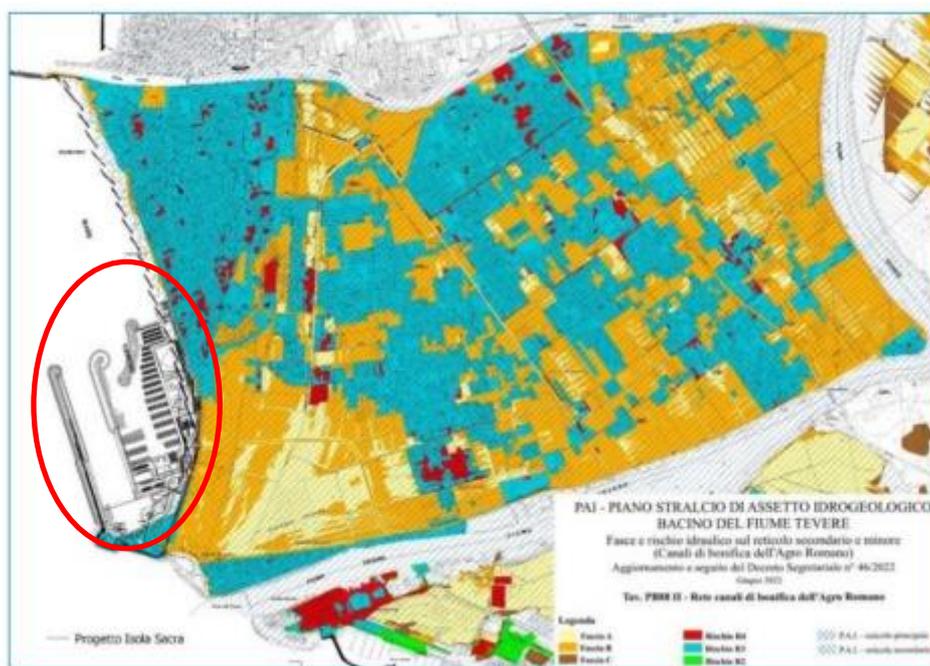


Figura 5.1 - Stralcio carta del rischio esondativo del PAI Appennino centrale (Ex PAI Tevere) – 2022.

Per quanto riguarda le cartografie della pericolosità del PAI l'area in esame ricade in aree caratterizzate da una bassa probabilità di eventi alluvionali.

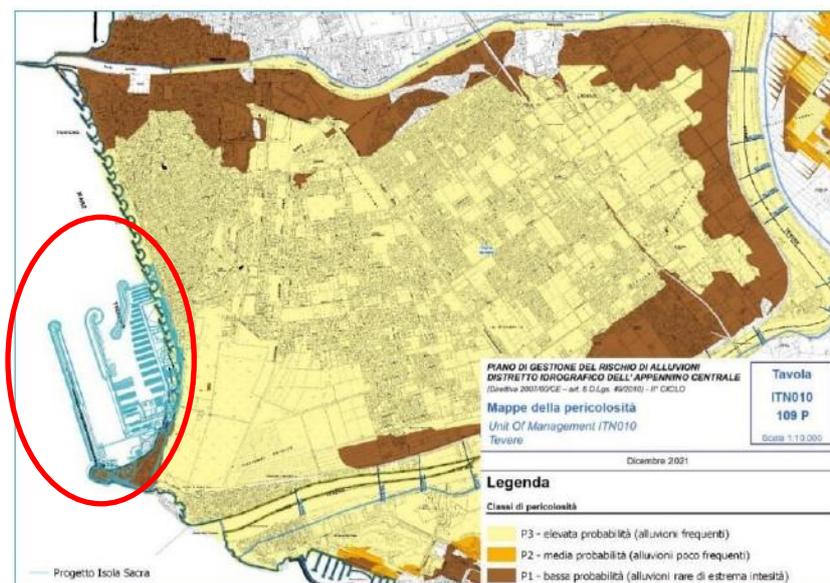


Figura 5.2 - Stralcio carta della pericolosità di per eventi alluvionali del PAI Appennino centrale (Ex PAI Tevere)– 2021

Per maggiori dettagli rispetto alla compatibilità dell'intervento rispetto alle condizioni di rischio idraulico si rimanda alla Relazione di compatibilità idraulica (P0031150-D--MP00-GI-REL-01_00) e alla relazione di compatibilità idraulica del reticolo minore (P0031150-D-0-MP00-GI-REL-02_00)

Tutto il lotto è risultato globalmente completamente idoneo alla realizzazione del progetto con la necessità però di porre particolare attenzione alle seguenti prescrizioni:

- area idonea previo la esecuzione di studi ed indagini per la ricostruzione del modello geologico, geotecnico e sismico

Tutta l'area in esame non ricade fra quelle sottoposte a vincolo idrogeologico di cui alla DGR 6215/96 (ex RD 3267/23 e RD 1126/26) nelle quali è necessario richiedere specifico nullaosta prima di procedere alla realizzazione di qualunque tipo di progetto.

Sulla base dei risultati dello studio eseguito e di tutte le considerazioni fatte è stato possibile ricostruire una carta della idoneità territoriale del lotto interessato dal nuovo insediamento (vedi allegato in scala 1:5,000).

Tutto il lotto è risultato globalmente completamente idoneo alla realizzazione del progetto con la necessità però di porre particolare attenzione alle seguenti prescrizioni:

area idonea previo la esecuzione di studi ed indagini per la ricostruzione del modello geologico, geotecnico e sismico

6 SISMICITA'

6.1. SISMICITA' DELL'AREA ROMANA

Il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ha adottato, con ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3274 del 20/03/2003, la nuova riclassificazione sismica nazionale con le nuove normative tecniche per gli edifici, i ponti e le opere di fondazione e sostegno dei terreni.

Il terremoto può trasmettere sia sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale o 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.

Le caratteristiche geologiche e tettoniche sono in stretto contatto con quella che è l'attività sismica di un'area, sia in termini di intensità sia in termini di frequenza dei terremoti.

Le prime indicazioni di eventi sismici risalgono all'epoca romana, più tardi in pieno medioevo, si hanno notizie più precise, ma soltanto nell'ultimo secolo sono stati registrati in maniera scientifica.

In Figura 6.1 e 6.2 sono stati riportati gli effetti risentiti nel comune di Fiumicino, così come estratti dal DBMI14, il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPT14 (sito internet: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI14/>).

Gli unici eventi sismici importanti risentiti sono quello della campagna romana del 1985 in cui fu registrata una intensità massima risentita di VI grado MCS e quello della costa laziale del 2005 in cui fu registrata una intensità risentita a Fiumicino del V-VI grado MCS.

Dall'analisi di tali informazioni risulta che, nell'area di Fiumicino, la maggior parte degli eventi è compresa tra il secondo e il quinto grado della scala Mercalli-Sieberg, mentre soltanto raramente le scosse hanno raggiunto il sesto grado. L'elenco aggiornato al 1984 indica un numero di scosse pari a 42.

Tale attività sismica ha sede essenzialmente nella struttura profonda di questo settore dell'Italia Centrale ed è dovuta, presumibilmente, all'intensa fratturazione presente nel basamento carbonatico, causata dai movimenti compressivi e distensivi che hanno favorito l'instaurarsi dei fenomeni vulcanici.

L'attività sismica è concentrata nei territori di comuni dei Colli Albani e si presenta con un caratteristico sciame sismico del I° tipo di UTSU, distribuito uniformemente in sequenza ed intervallato da periodi di maggiore attività, con epicentri molto superficiali da poche centinaia di metri a qualche chilometro di profondità. La modesta profondità ipocentrale ha fatto sì che eventi di bassa e/o media magnitudo, compresa tra i 3 e i 5,2, abbiano causato sismi di intensità elevata fino al VII° della scala MS.

La frequenza degli eventi sismici e la modesta variazione della magnitudo all'aumentare del tempo di ritorno, fanno ritenere che la massima intensità registrata storicamente (VIII°MS), sia la massima compatibile in relazione alla struttura tettonica della regione.

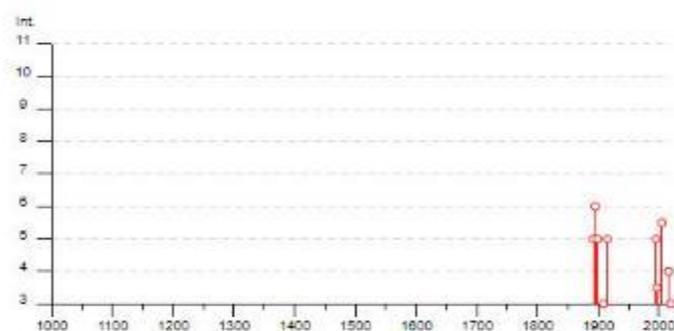


Figura 6.1 - Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nel comune di Fiumicino dal 1000 al 2002 (Banca dati INGV).

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1892	01	22				Colli Albani	81	7	5.14
6	1895	11	01				Campagna romana	94	6-7	4.83
5	1899	07	19	13	18	5	Colli Albani	122	7	5.10
NF	1901	04	24	14	20		Sabina	44	8	5.25
NF	1906	02	21	20	49		Colli Albani	42	5	4.08
3	1909	08	31	13	41		Roma	44	5	4.15
NF	1911	04	10	09	43		Colli Albani	79	6	4.74
5	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
5	1995	06	12	18	27	4	Campagna romana	125	5-6	3.79
3-4	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5-6	2005	08	22	12	02	0	Costa laziale	57	5-6	4.78
4	2016	10	26	19	18	0	Valnerina	77		6.07
3	2019	06	23	20	43	4	Colli Albani	40	5	3.76

Figura 6.2 - Catalogo sismico di sito riferito al comune di Fiumicino. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011. (Io=intensità epicentrale; Mw=magnitudo; Is=intensità risentita al sito). (Banca dati INGV).

Le mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, fornite da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), esprimono lo scuotimento a(g) (accelerazione orizzontale massima del suolo secondo OPCM 3519/2006) su una griglia regolare a passo 0.05°. Nel sito più prossimo a Fiumicino, secondo quanto risulta dall'analisi di disaggregazione delle elaborazioni eseguite, la magnitudo media attesa per eventi sismici con probabilità di superamento del 5% in 50 anni – Tr = 1000 anni, è pari a 4.9 Mw, ad una distanza di 22 km dall'area di Fiumicino.

9.2. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo tale Ordinanza, come indicato nella figura che segue, il comune di Frosinone è stato identificato in zona 2.

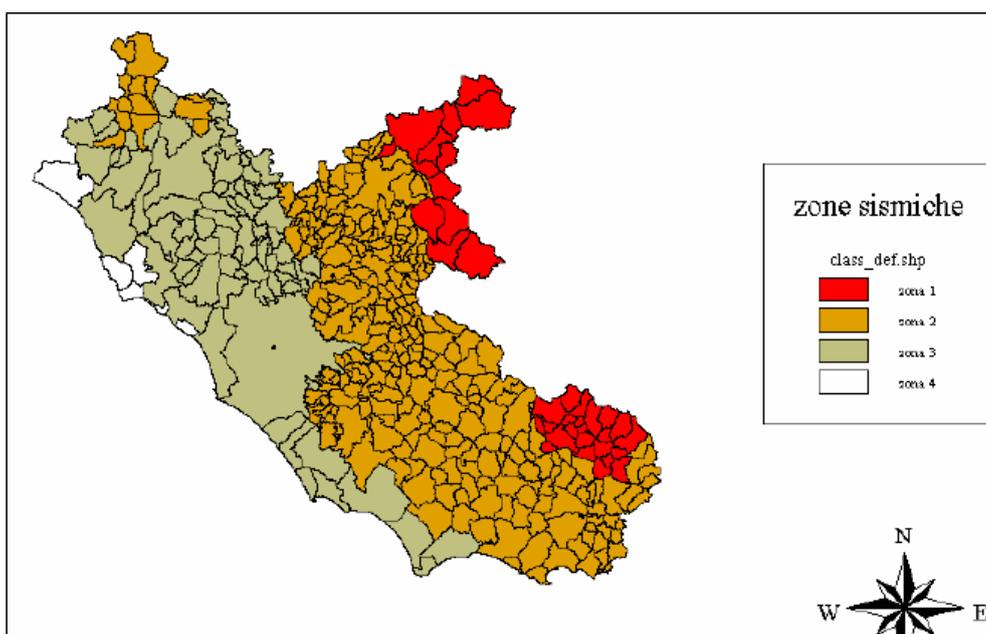


Figura 6.3 - Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio proposta dal "GdL-Regione Lazio"

secondo i "criteri" contenuti nell'Ordinanza P.C.M. – n. 3274 del 20.03.2003.

Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" - ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale ed ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

Con Delibera 387 del 22 Maggio 2009 la Giunta Regionale del Lazio stabilisce una "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03". Secondo tale Delibera sono state istituite le sottozone sismiche 2A, 2B, 3A, e 3B ai fini pianificatori urbanistici, territoriali e di emergenza per l'esecuzione dei futuri studi di Microzonazione Sismica.

La nuova riclassificazione sismica si basa soltanto su 3 Zone sismiche a differenza delle 4 della precedente classificazione del 2003, con la scomparsa della zona sismica 4. La Zona Sismica 1, quella più gravosa in termini di pericolosità sismica, non presenta sottozone in quanto il valore di a_{gmax} previsto per il Lazio non giustifica ulteriori suddivisioni. Pertanto la creazione di sottozone ha interessato soltanto le zone sismiche 2 e 3, con la suddivisione in 4 sottozone sismiche (dalla 2A, ovvero la maggiore sottozona della zona sismica 2, fino alla sottozona sismica 3B, corrispondente alla sottozona meno pericolosa della zona sismica 3) come si evidenzia dalla Tabella 2. Nella Regione Lazio, infatti, i valori di accelerazione a_g dell'elaborato all'84° percentile dell'INGV-DPC sono compresi fra 0.278g e 0.062g, ai quali si possono correlare empiricamente soltanto tre zone sismiche e quattro sottozone escludendo, quindi, totalmente la zona sismica 4. Secondo tale Delibera il comune di Fiumicino interessato dal progetto in esame ricade in zona 3B.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Comune	Nuova Zona sismica	Zona sismica ai sensi della OPCM 3274/03 e precedente DGR 766/03
Fiomicino	Zona 3B	Zona 3

Figura 6.4 - Classificazione sismica del Comune di Fiumicino (DGRL 387/2009).

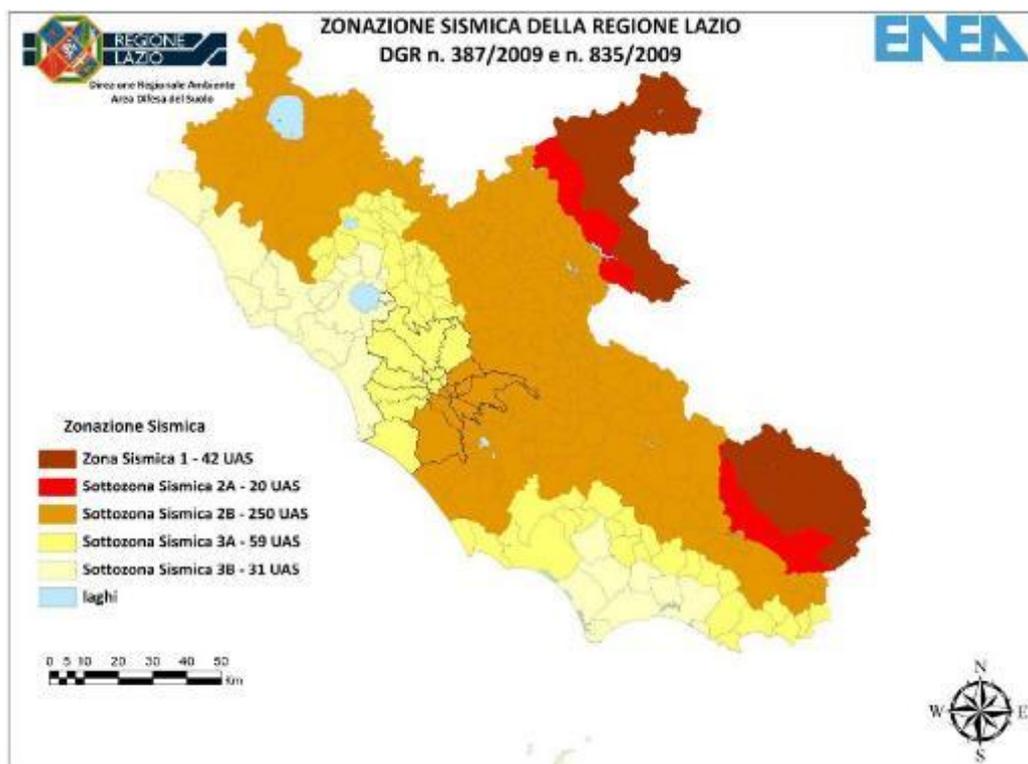


Figura 6.5 - Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio secondo il DGR n. 387/2009 e n. 835/2009.

Alle Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori è allegato un documento sulla pericolosità sismica (allegato A), che prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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 in accelerazione orizzontale. Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento, T_r 475 anni), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La Figura che segue riporta i valori di pericolosità sismica secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b per l'area in esame. Nella mappa vengono rappresentati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (acronimo di Peak Ground Acceleration). Dalla figura è possibile evincere che l'area in oggetto ha una PGA dell'ordine di 0.050 - 0.100g.

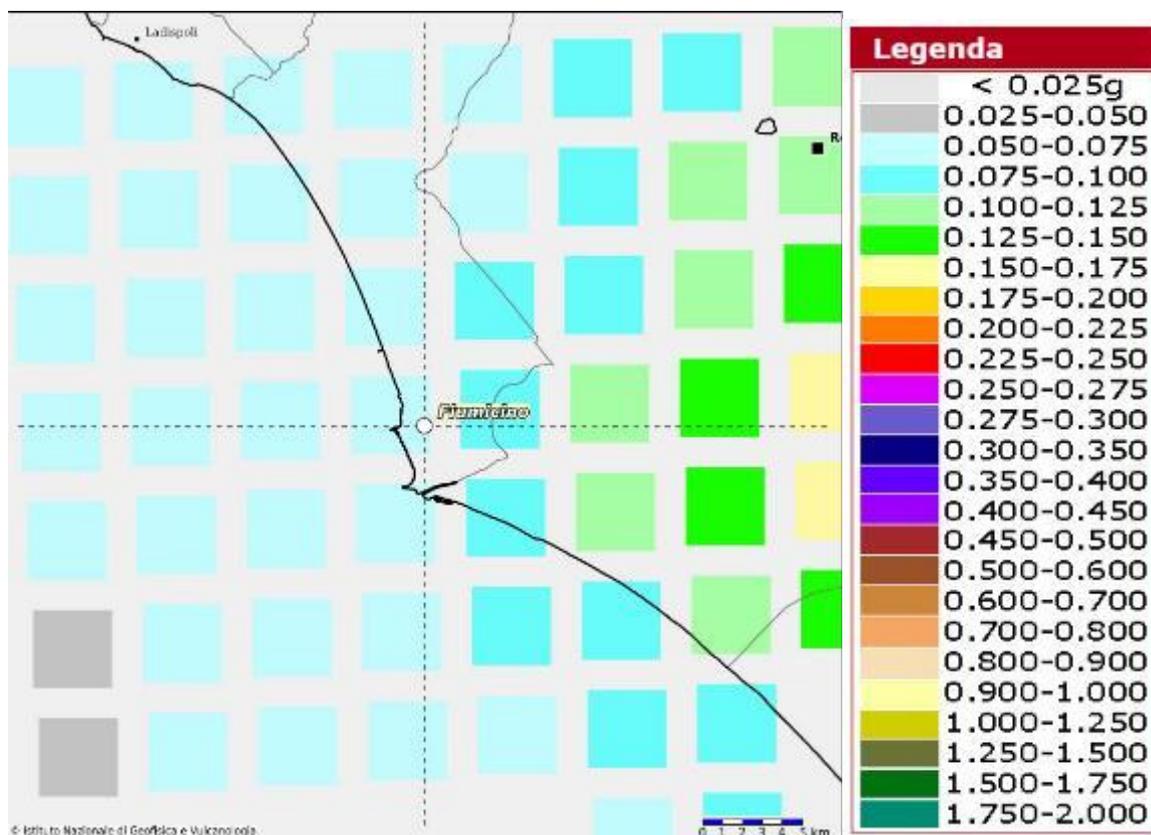


Figura 6.6 - Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005 (Banca dati INGV).

6.3. CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI IN BASE ALLA VS

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopracitate normative. Il profilo delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' AI SENSI DGR 2649/1999

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-10_00

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s è possibile determinare una velocità equivalente rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo della V_s equivalente viene eseguito utilizzando la seguente formula:

dove:

- h_i spessore dell' i -esimo strato

- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato

- N numero di strati

- H profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiori a 800 m/sec

La classificazione si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente V_s di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità o entro profondità inferiori nel caso si sia in presenza di un substrato sismico ($v_s > 800$ m/sec) a profondità inferiori di 30 m. Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie eliminandone alcune e prevedendo che nei casi in cui le condizioni di sottosuolo non siano classificabili nelle categorie A,B,C,D ed E è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica

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

Classificazione del tipo di suolo secondo le Nuove NORME tecniche sulle costruzioni		
NTC 17/01/2018		
Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30(m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori ad 800 m/sec eventualmente compresenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessori massimo pari a 3 m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 e 800 m/sec.	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/sec	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 100 e 180 m/sec	100÷180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Nell'area in esame sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche :

- N. 1 prospezione down hole nel foro del sondaggio ST14 della campagna del 2014
- N. 2 prospezioni masw eseguite nella campagna del 2023

Nella tabella che segue si riportano i risultati delle sopraelencate indagini che non hanno mai incontrato il substrato sismico entro la profondità di mt 30 dal p.c.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' AI SENSI DGR 2649/1999

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-10_00

PROVA	Vs30 = Vseq	Classificazione secondo NTC 17/01/2018
MASW 1	VsEq = 238 m/s	C
MASW 2	VsEq = 209 m/s	C
S1-14 DH	VsEq = 207 m/s	C

In generale i valori di velocità delle onde S emersa dalla prova Down Hole sono risultate tendenzialmete piu' basse di quelle valutate dalle prove Masw. In accordo con i progettisti geotecnici sono state eseguite anche una serie di correlazioni con i risultati delle numerose prove penetrometriche continue eseguite che hanno consentito di valutare, per i litotipi argillosi presenti al letto della unità sabbiosa, valori di velocità delle onde S più bassi di quelli emersi dalla indagini geofisiche masw e simile a quelli emersi dalla prova Down hole. Tali valutazioni hanno spinto il gruppo di progettazione ad adottare una scelta progettualmente più cautelativa assumendo una categoria del sito e dei suoli di tipo D.

Nell'ambito delle attività sono state eseguite anche tre valutazioni di risposta sismica locale relative rispettivamente

- Al modello stratigrafico della prova down hole eseguita nelle vicinanze del faro
- Al modello stratigrafico delle due prove masw eseguite sulla costa
- Al modello geologico adottato di un suolo di categoria D

Per i risultati delle valutazioni di risposta simica locale si rimanda allo specifico elaborato(P0031150DOMP00GIREP0200).

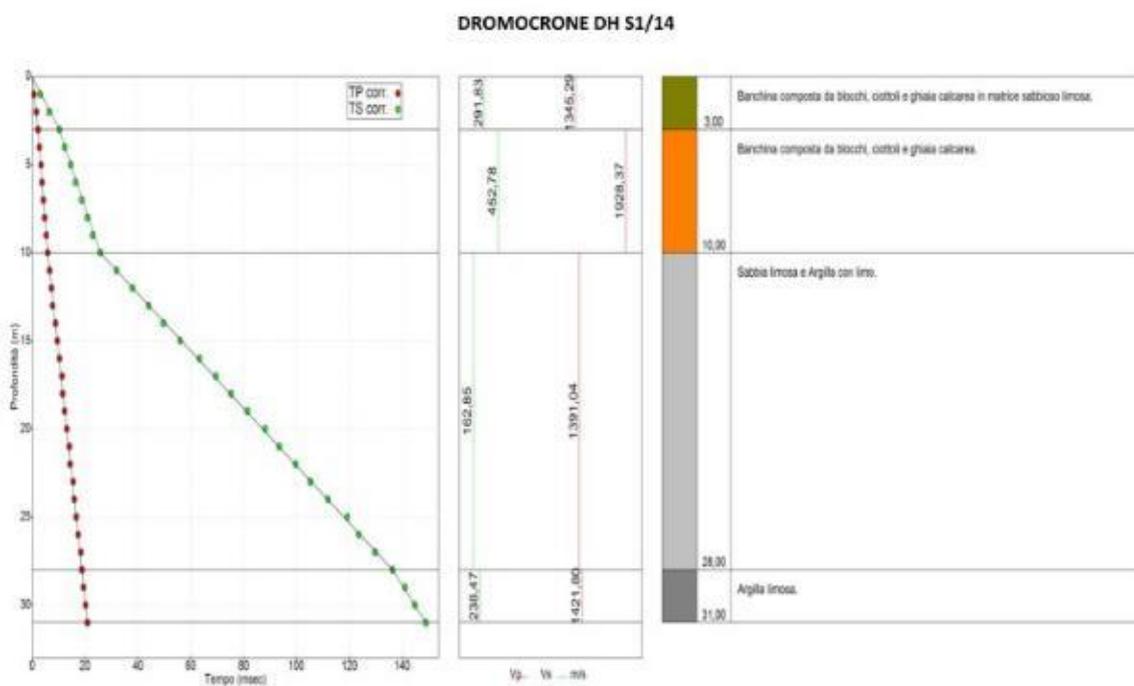


Figura 6.7 - Risultati prova Down hole St1-14 (campagna 2014)

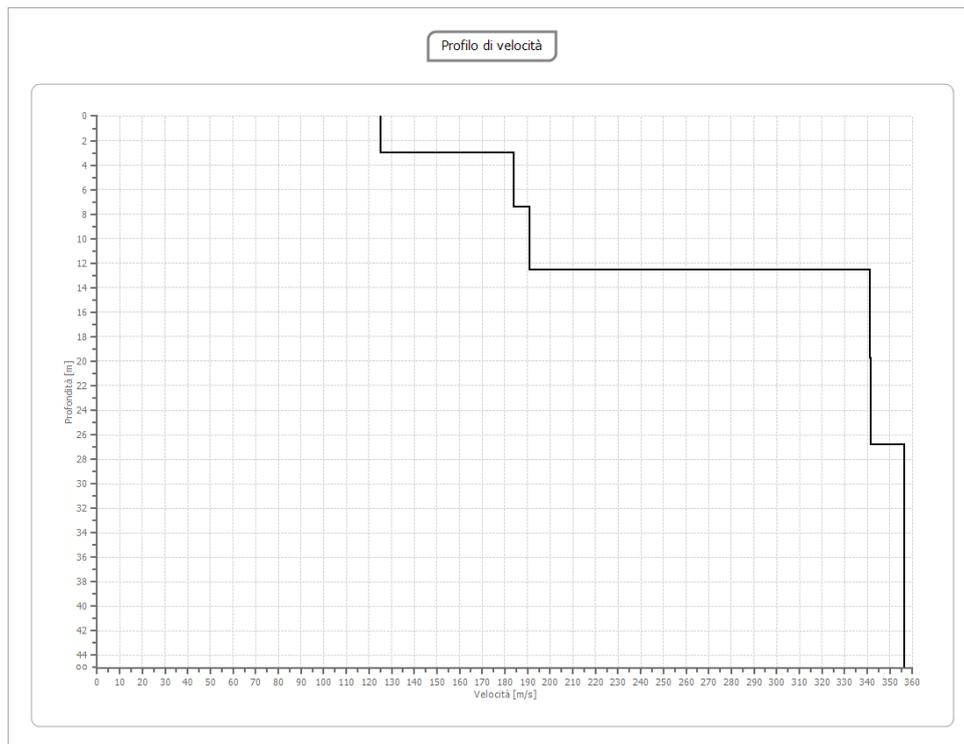


Figura 6.8 - Risultati prova Masw 1 (campagna 2023)

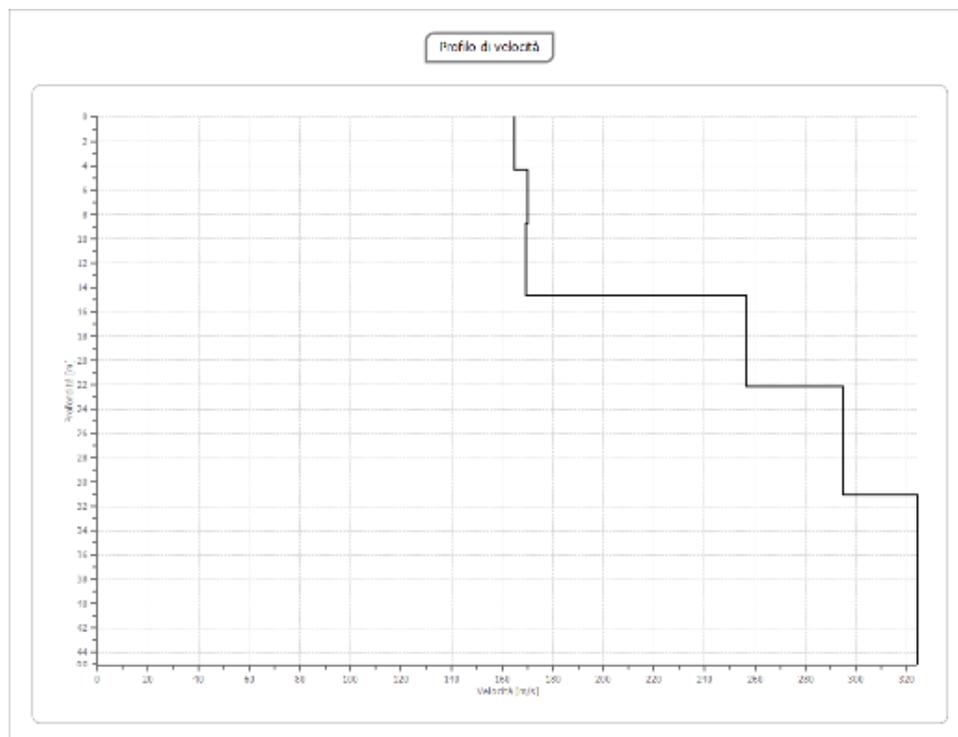


Figura 6.9 - Risultati prova Masw 2 (campagna 2023).

6.4. COEFFICIENTE TOPOGRAFICO

La normativa prevede che per condizioni topografiche complesse debbano essere predisposte specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione .

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

Le su descritte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste e dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza superiore a 30 m.

La morfologia dell'area in esame consente di identificare una categoria topografica T1 in funzione della quale si valuta un coefficiente di amplificazione topografica S_T uguale ad 1.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

6.5. MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO

Il territorio del comune di Fiumicino è stato interessato, da uno studio di Microzonazione sismica di I livello eseguito dai Geol Pio Sella, Luca Mengarelli e Francesco M Botti dello studio Geomagellan e successivamente validato dalla regione Lazio.

Tale studio ha consentito di elaborare la "carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica". Tale elaborato fa ricadere l'area in esame in una area stabile ma suscettibile di amplificazioni sismiche locali.

Di seguito si riporta uno stralcio della suddetta carta con un estratto della legenda originaria

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' AI SENSI DGR 2649/1999

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-10_00

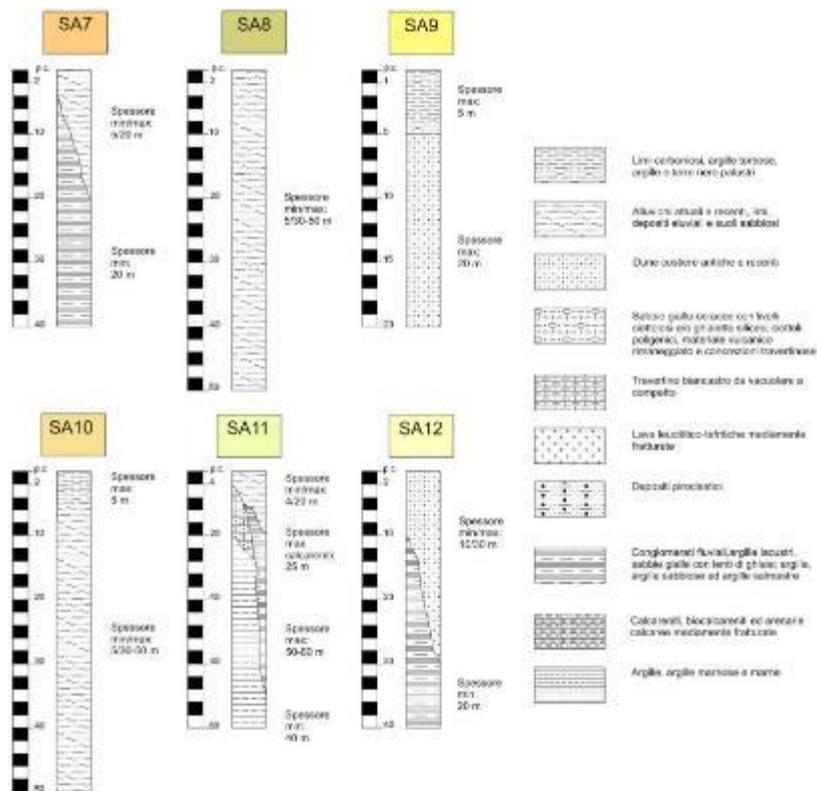
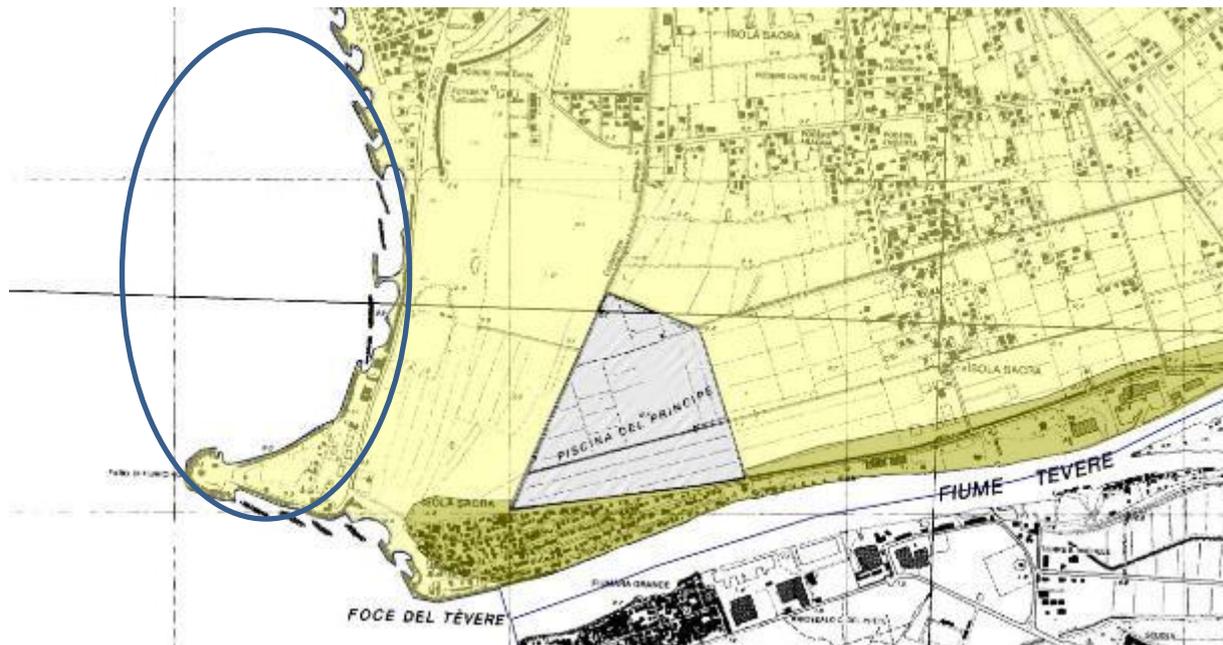


Figura 6.10 - Stralcio carta delle MOPS – Studio Geomagellan

7 PIANIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

In termini di pianificazione territoriale, si rileva quanto segue:

- L'Unità Amministrativa Sismica di Fiumicino è classificata in Zona Sismica 3B (DGR Lazio 387/2009);
- Il Comune di Fiumicino è dotato di uno studio di Microzonazione Sismica di Livello I validato con Determinazione Dirigenziale del Dipartimento Istituzionale e Territorio – Direzione Regionale Ambiente n. A01042 del 18/02/2013, ai sensi della DGR Lazio 545/2010;
- L'area interessata dal progetto ricade all'interno della microzona omogenea (carta delle MOPS del predetto studio) nella Zona SA12, classificata "Stabile suscettibile di amplificazione sismica";
- Per tale microzona il disposto della citata D.D., al punto 3. prescrive ".....di stabilire che, dalla data della presente determinazione, nelle sole "Zone Stabili ma Suscettibili di Amplificazione Sismica" SA8, SA9, SA10 e SA12 indicate nelle Tavole della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di Livello 1 di Microzonazione Sismica, sia obbligatorio, preliminarmente alla redazione dello strumento urbanistico attuativo ai sensi dell'art. 89 del DPR n. 380/01, accertare con indagini specifiche e di dettaglio se l'area è liquefacibile. Nel caso in cui dalle nuove indagini risultasse questo rischio dovrà essere redatto il Livello 3 di MS, mentre in caso negativo non dovranno essere eseguiti studi di Microzonazione Sismica;
- Allegato alla presente documentazione vi è lo specifico studio sulla suscettibilità alla liquefazione (al quale si rimanda – codice elaborato P0031150DOMP00GIREL0500) che ha valutato che il rischio di liquefazione si mantiene basso con un potenziale di liquefazione sempre minore di 5. .

In ogni caso, in considerazione della rilevanza dell'intervento e del fatto che molte delle opere da realizzare ricadono nella classe d'uso III e IV, si è proceduto comunque alla redazione di appositi studi di Risposta Sismica Locale (che si allegano alla presente ai quali si rimanda per quanto non riportato nella presente – codice elaborato P0031150DOMP00GIREP0200).

In tal modo, disponendo dei dati quantitativi derivanti da tali studi di RSL, è stato possibile redigere una apposita cartografia non già zonizzata in funzione del fattore di amplificazione FH derivante da uno studio di Microzonazione di Livello II (che andrebbe eseguito ai sensi della DGR Lazio 155/2020 che revoca la DGR Lazio 490/2011), fattore che avrebbe un valore "semiquantitativo", ma in funzione dei fattori di amplificazione spettrale massima (F0) derivanti dagli studi di RSL, che rappresentano un approccio quantitativo, e del relativo confronto con gli spettri di Norma NTC2018.

Lo studio di RSL produce due analisi monodimensionali condotte su due differenti verticali di indagine, una ubicata nel settore occidentale (zona faro in blu nella figura) ed una nel settore orientale (in rosso nella figura) dell'area di intervento (Figura 7.1).



Figura 7.1 - Planimetria analisi monodimensionali di RSL

Le analisi di RSL sono state condotte utilizzando un set di indagini geognostiche e geofisiche raccolte nell'area di intervento attraverso numerose campagne, eseguite nel lungo periodo di elaborazione del progetto (2003 – 2009 – 2014 – 2023) e di seguito sintetizzate:

- n. 45 sondaggi a carotaggio continuo nell'ambito dei quali sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche SPT e sono stati prelevati campioni di terreno indisturbato e rimaneggiato;
- n. 32 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTu), finalizzate alla ricostruzione stratigrafica, alla caratterizzazione meccanica dei terreni e ad individuare gli orizzonti stratigrafici più permeabili presenti nel sottosuolo;
- n. 3 prove con dilatometro Marchetti (DMT), finalizzate alla determinazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni sia di riempimento che naturali;
- n. 1 prova Down Hole, per determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio e classificare i terreni di fondazione sotto il profilo sismico;
- n. 22 prove di dissipazione;
- n. 13 prove pressiometriche;
- n. 24 prospezioni sismiche a mare
- n. 1 stendimento di sismica a riflessione onshore
- n. 2 prospezioni sismiche MASW
- n. 1 misura HVSR

In particolare per la redazione dello studio di RSL, sono stati utilizzati:

- per la porzione occidentale dell'area: il sondaggio S1-14 e la relativa prova Down Hole eseguita nel foro appositamente condizionato;
- per la porzione orientale: le prove MASW e HVSR eseguite ad integrazione nella campagna 2023 e le risultanze stratigrafiche dei sondaggi e delle prove penetrometriche realizzati nell'area, attraverso i quali è stata ricostruita una stratigrafia rappresentativa della verticale.

Lo studio è stato condotto per tutti e quattro gli stati limite (SLO – SLD – SLV – SLC) e, in estrema sintesi, gli elementi quantitativi ricavati dagli spettri di RSL normalizzati sono sintetizzati nella tabella di figura 7.4.

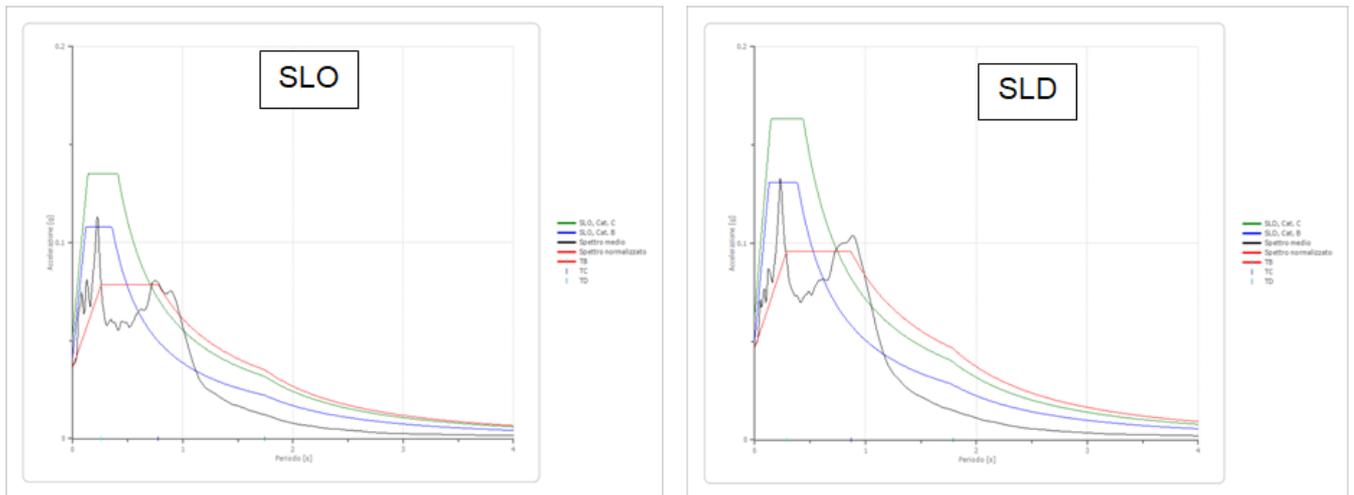
L'analisi delle risposte spettrali è visualizzabile graficamente nelle figure 7.2 e 7.3 ; per quanto riguarda il settore occidentale si può notare come lo spettro di RSL, sia quello tal quale (colore nero) che quello normalizzato (colore rosso), sia ben rappresentato (ossia esso risulta sostanzialmente contenuto) nello spettro di Norma per una categoria di sottosuolo di tipo C (colore verde); si riscontrano solo piccoli sforamenti per periodi prossimi o poco superiori ad 1' e per gli stati limite SLO e SLD.

Diversa è la risultanza per ciò che riguarda l'analisi di RSL per il settore orientale: dalla figura 7.3, infatti, si rileva come lo spettro di RSL, sia quello tal quale (colore nero) che quello normalizzato (colore rosso) siano nettamente più gravosi (cioè non sono contenuti) nello spettro di Norma per una categoria di sottosuolo di tipo C (colore verde). Lo spettro di Norma per una categoria di sottosuolo di tipo D (colore blu), invece, rappresenta adeguatamente (ossia lo spettro di RSL risulta in esso contenuto) lo spettro di RSL; lo spettro tal quale presenta sforamenti molto puntuali per periodi corrispondenti a circa 0,2' e solo per gli stati limite SLO e SLD, elemento accettabile in considerazione della bassa pericolosità sismica di base, essendo il comune di Fiumicino classificato in Zona 3B, e completamente riassorbiti dalla normalizzazione dello spettro di RSL.

In estrema sintesi, pertanto, si potrebbe riportare come risultanza dello studio di RSL che:

- per il settore occidentale dell'area di progetto lo studio di RSL indica che il fattore di amplificazione spettrale massima risulta ben rappresentato dallo spettro di norma per categoria di sottosuolo di tipo C;
- per il settore orientale dell'area di progetto lo studio di RSL indica che il fattore di amplificazione spettrale massima risulta ben rappresentato dallo spettro di norma per categoria di sottosuolo di tipo D;
- questa differenza è attribuibile alla stratigrafia dei terreni di copertura, che appaiono leggermente differenziati (cfr. quanto descritto nei relativi capitoli della presente relazione illustrativa) e ad una diversa profondità del bedrock sismico, tali da aumentare l'effetto di amplificazione stratigrafica nel settore orientale rispetto a quello occidentale.

Nella tavola grafica rappresentante il Fattore di amplificazione spettrale massima attesa questa differenza tra i due settori dell'area di intervento viene indicata; tuttavia – adottando un approccio conservativo e a favore della sicurezza – in fase progettuale si è concordato di attribuire all'intera area di intervento e quindi a tutti gli elementi progettuali la categoria di sottosuolo più gravosa cioè quella di tipo D per la quale è stato eseguito uno specifico studio di risposta sismica locale per i cui dettagli si rimanda allo specifico elaborato e di cui si riportano i risultati nella figura 7.4. .



Spettro di RSL su spettri di Norma (NTC2018) settore occidentale

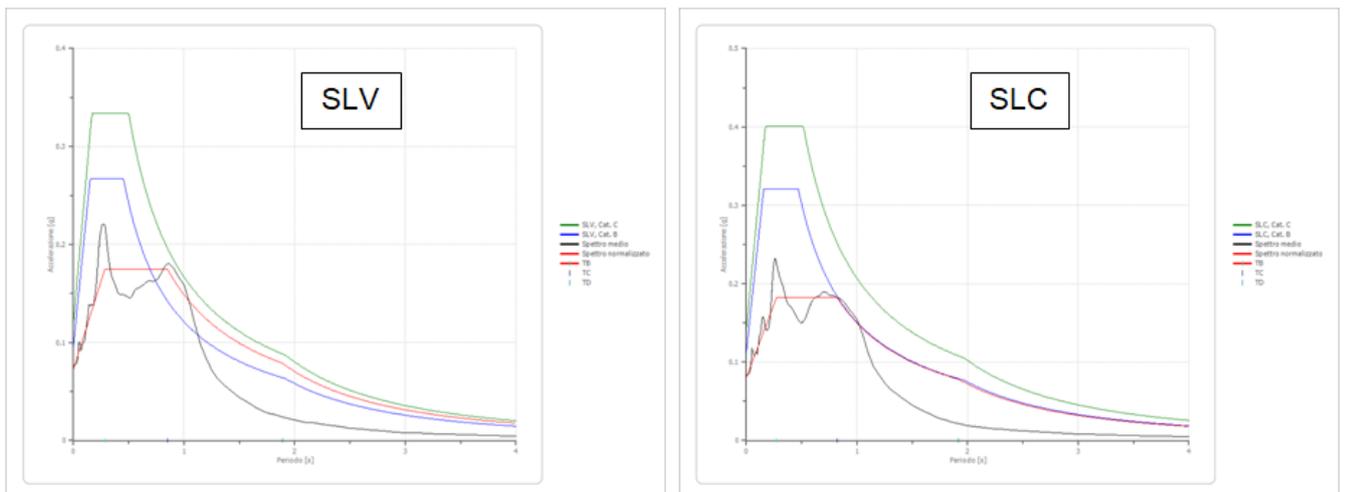
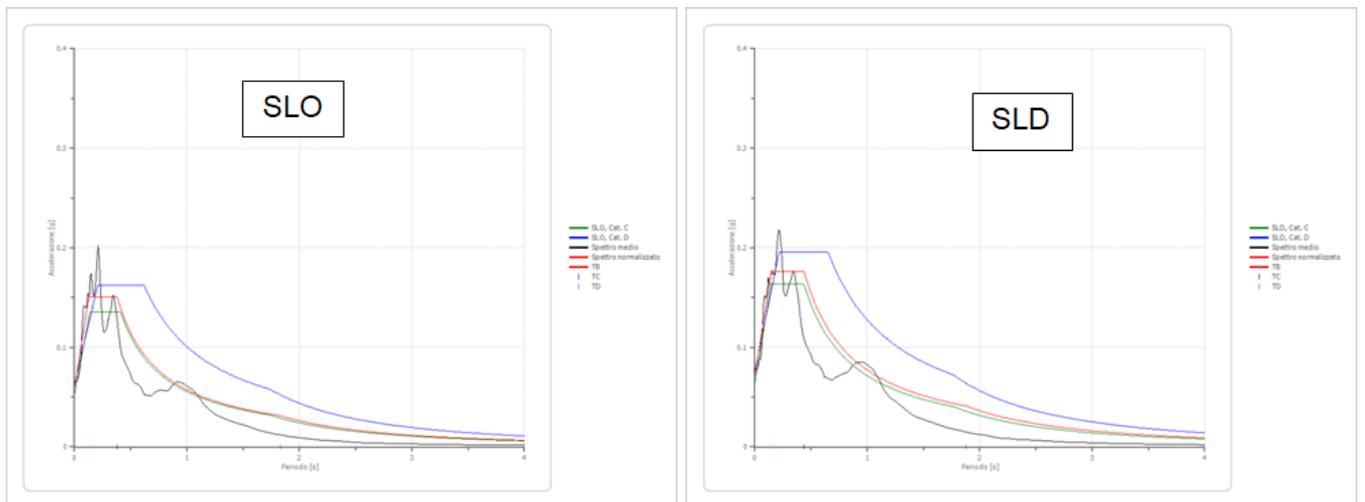


Figura 7.2 - Spettri normalizzati categoria C - settore occidentale.



Spettro di RSL su spettri di Norma (NTC2018) settore orientale

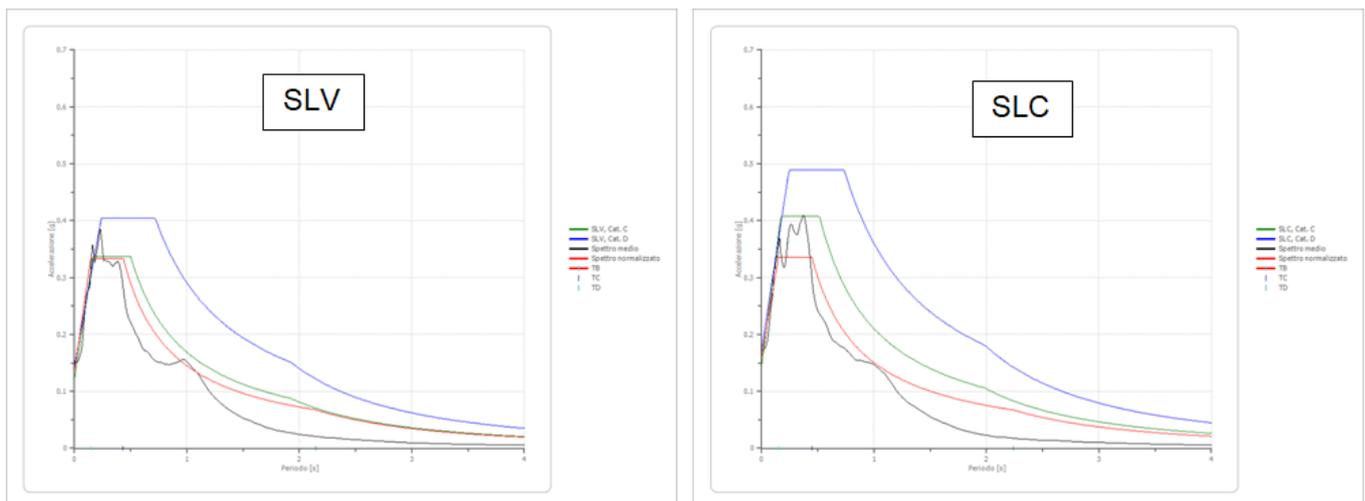


Figura 7.3 - Spettri normalizzati categoria C - settore orientale

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' AI SENSI DGR 2649/1999

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-10_00

	Ag (g)		F0		Tc* (s)		TB (s)		TC (s)		TD (s)		Se(0) (g)		Se(TB) (g)	
	Sett. W	Sett. E	Sett. W	Sett. E	Sett. W	Sett. E	Sett. W	Sett. E	Sett. W	Sett. E	Sett. W	Sett. E	Sett. W	Sett. E	Sett. W	Sett. E
SLO	0,036	0,058	2,163	2,581	0,777	0,382	0,259	0,127	0,777	0,382	1,745	1,833	0,036	0,058	0,079	0,150
SLD	0,047	0,070	2,040	2,515	0,869	0,438	0,290	0,146	0,869	0,438	1,788	1,880	0,047	0,070	0,096	0,176
SLV	0,073	0,136	2,398	2,446	0,851	0,434	0,284	0,145	0,851	0,434	1,892	2,145	0,073	0,136	0,175	0,333
SLC	0,080	0,160	2,281	2,093	0,820	0,448	0,273	0,149	0,820	0,448	1,920	2,241	0,080	0,160	0,183	0,335
Ag	Accelerazione orizzontale massima in superficie															
F0	Fattore di amplificazione spettrale massima															
Tc* (s)	Periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale															
TB (s)	Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante															
TC (s)	Periodo corrispondente inizio tratto a velocità costante															
TD (s)	Periodo inizio tratto a spostamento costante															
Se(0) (g)	Accelerazione spettro orizzontale al tempo 0															
Se(TB) (g)	Inizio del tratto Spettro orizzontale ad accelerazione massima e costante															

Figura 7.4 - Riassunto risultati RSL

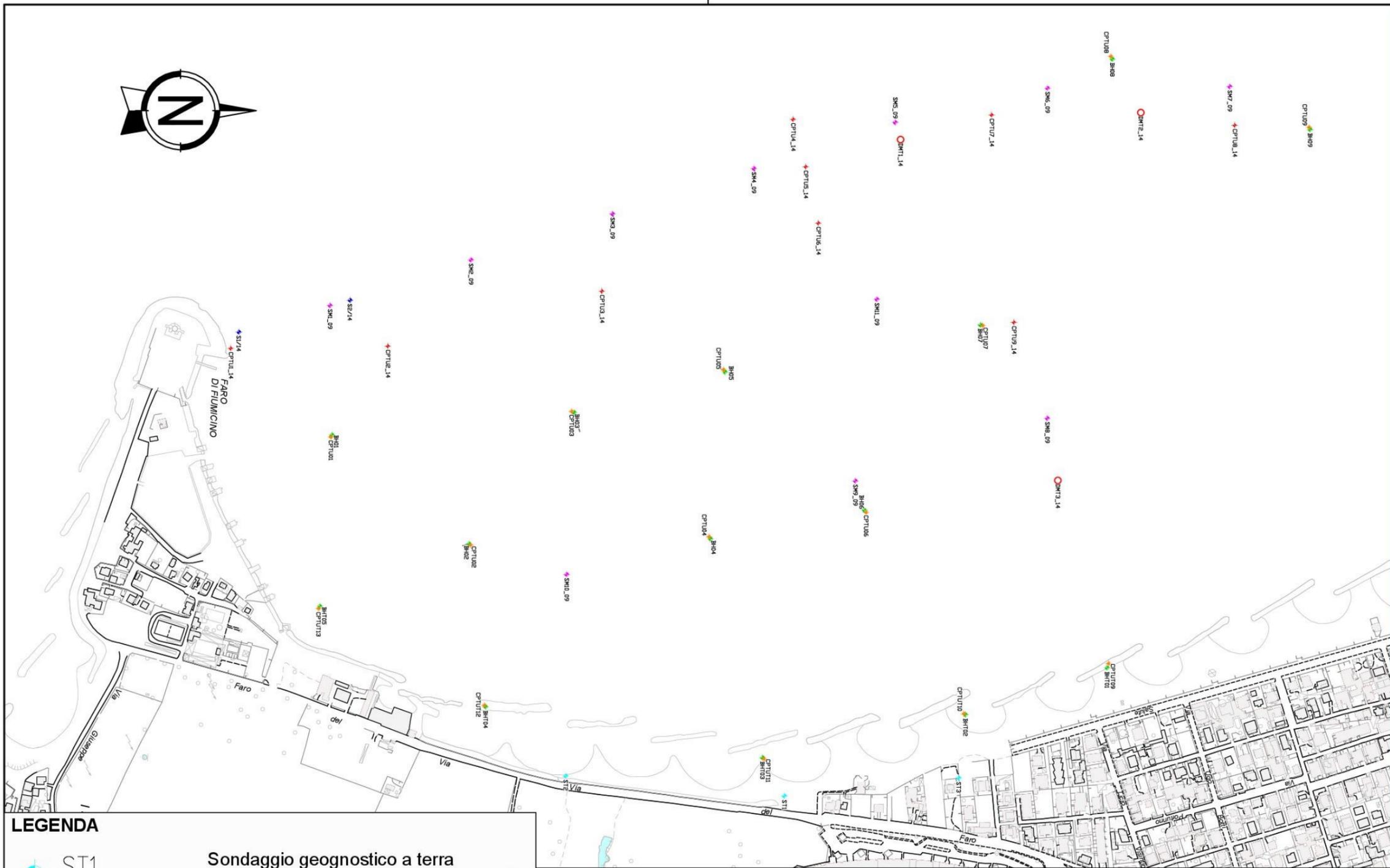
BIBLIOGRAFIA

- [1] Amenduni G. (1884). Sulle opere di bonificazione della plaga litoranea dell'agro romano che comprende le paludi e gli stagni di Ostia, Porto, Maccarese e delle terre vallive di Stracciocappa, Baccano, Pantano, Lago dei Tartari. Tip. Eredi Botta, 1884 - Tavola 1. Estratto da Archivio Storico Capitolino (<http://www.archiviocapitolinorisorsediqitali.it/>)
- [2] A., Milli, S., 2001. Late Quaternary depositional architecture of Po and Tevere river deltas (Italy) and worldwide comparison with coeval deltaic successions. *Sedimentary Geology* 144.
- [3] APAT (2005). Progetto IFFI. Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia. <http://www.ispra.it> Autorità di Bacino del Tevere (2012).
- [4] Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere - Piano Stralcio per il Tratto Metropolitan del Tevere da Castel Giubileo alla Foce (PS5). Relazione di Sintesi- Tav. P5cf_2: Fasce fluviali e Zone di Rischio. Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (2012).
- [5] Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico. Tav. 2_11-Nord: Arre sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico.
- [6] Barberi F. Carapezza M.L., Ranaldi M. Tarchini L (2007). Gas blowout from shallow boreholes at Fiumicino (Rome): induced hazard and evidence of deep CO₂ on the Thyrrenian margin of Central Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 165, 17-31.
- [7] Barrella M., Tesi Laurea Magistrale in Geologia Applicata all'Ingegneria, al Territorio e ai Rischi, "Integrazione di dati stratigrafici e di interferometria satellitare per lo studio dei fenomeni di subsidenza nella piana di Fiumicino", 2014.
- [8] Bellotti P., Carboni M. G., Milli S., Tortora P. & Valeri P. (1989). La piana deltizia del Fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low stand glaciale all'attuale. *Giornale di Geologia*, 51,71-91.
- [9] Bellotti P., Caputo C., Ciccacci S., De Rita D., Donati S., Fredi P., Funicello R., La Monica G. B., Landini B., Marra F., Milli S., Parotto M. & Pugliese F. (1997). Fundaments for a geomorphological overview on Roma and its surroundings. *Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, III (2), 105-121.
- [10] Bellotti P., Sedimentologia ed evoluzione olocenica della laguna costiera presente un tempo alla foce del Tevere, Atti del X Congresso A.I.O.L., Allassio, 1992.
- [11] Bellotti P., Tortora P., Il delta del Tevere: lineamenti batimetrici, morfologici e tessiturali della conoide sommersa e delle aree limitrofe, *Boll. Soc. Geol. It.* 104, 1985.
- [12] Bellotti P., Biagi P.F., Tortora P., Valeri P., Il delta del Tevere: caratteri morfologici e sedimentologici della piana deltizia, *Giornale di Geologia*, ser. 3a, vol. 49/1, 1987.
- [13] Bellotti P., Milli S., Tortora P., Valeri P., Physical stratigraphy and sedimentology of the Late Pleistocene-Holocene Tiber Delta depositional sequence, *Sedimentology* (1995) 42.
- [14] Bellotti P., Calderoni G., Carboni M. G., Di Bella L., Tortora P., Valeri P., Zernitskaya V., Late Quaternary landscape evolution of the Tiber River delta plain (Central Italy): new evidence from pollen data, biostratigraphy and C dating, *Z. Geomorph. N. F.*, 00/4, Berlin-Stuttgart, december 2007.
- [15] Belluomini G., Iuzzolini P., Manfra L., Mortari R., Zalaffi M., Evoluzione recente del delta del Tevere, *Geologica Romana*, 25 (1986), Roma.

-
- [16] Boni C.F., Bono P., Capelli G. (1986). Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale. Mem. Soc. Geol. It. , 35 (2): 991-1012. Capelli G., Mazza M., Gazzetti G. (2005). Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio. Gli acquiferi vulcanici. Pitagora Editrice Bologna.
- [17] Capelli G, Mastrorillo L, Mazza R, Petitta M (2012). Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio, scala 1:250.000. Tav. III
- [18] Capelli G. e Mazza R. Papiccio C. (2007). Intrusione salina nel Delta del Fiume Tevere. Geologia, Idrologia e idrogeologia del settore romano della piana costiera Giornale di geologia Applicata 5(2007)
- [19] Capelli G. e Mazza R. (2008). Intrusione salina nel Delta del Fiume Tevere. Evoluzione del fenomeno nei primi anni del terzo millennio. Memorie descrittive della carta Geologica d'Italia Volume LXXX Parte seconda, 237- 260
- [20] Caputo et Alii, Physiographic characteristics and dynamics of the shores of Roma (Italy), In Proceeding of the first International Conference of Geomorphology, Part. I, Editor: V. Gardino International Geomorphology, 1987.
- [21] Ciotoli G., Etiope G., Florindo F., Marra F., Ruggiero L., Sauer P.E. (2013). Sudden deep gas eruption nearby Rome's Airport of Fiumicino. Geophysical Research Letters. Vol 40, 1-5.
- [22] Comune di Fiumicino (2012). Microzonazione sismica di Livello 1 (Dgr 545/2010). Relazione.
- [23] Conato V., Esu D., Malatesta A., Zarlenga F., New data on the Pleistocene of Rome, Quaternaria XXII, 1980, Roma.
- [24] Dai Pra G., Le linee di costa tirreniane del litorale laziale dal fiume Tevere a Tarquinia, Geologia Applicata e Idrogeologia (1978), 13.
- [25] Dragone F., Maino A., Malatesta A. & Segre A. G. (1967), Note illustrative del foglio 149 Cerveteri, Serv. Geol. d'It., 93 p., Roma.
- [26] Feroci M., Funicello R., Marra F., Salvi S., Evoluzione tettonica e paleogeografica plio-pleistocenica dell'area di Roma, Il Quaternario 3 (2), 1990.
- [27] Funicello R., Parotto M., Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleografiche sul margine tirrenico dell'Appennino centrale, Geologica Romana 17, 1978.
- [28] Giraudi C. (2004): Evoluzione tardo olocenica del Delta del Tevere. il Quaternario, 17(212), 2004, 477-492
- [29] Gruppo di Lavoro (1999). Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale. Ingegneria Sismica, 16, 1, 5-14
- [30] INGV - DISS Working Group (2010). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>)
- [31] INGV (2004). Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica. Rapporto conclusivo.
- [32] INGV - (a cura di) Locati M., Camassi R., Stucchi E. (2011). DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>)
- [33] INGV (2013). ISIDE (Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE. (<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>)
-

- [34] Ibanez, C., Pont, D. and Prat, N. 1997. Characterization of the Ebre and Rhone estuaries: A basis for defining and classifying salt-wedge estuaries. *Limnol. Oceanogr.* 42: 89–101 -
- [35] SPRA (2011). Progetto ITHACA - Catalogo delle faglie capaci <http://www.isprambiente.gov.it/>
- [36] Manassero M., Dominijanni A., Riquilifica strutturale di un sistema di piste aeroportuali, *Rivista Italiana di Geotecnica* 3/2010
- [34] Marra F., Stratigrafia e assetto geologico-strutturale dell'area romana tra il Tevere e il Rio Galeria, *Geologica Romana* 29, 1993.
- [35] Mazza R., Mastroiillo L., Manca F. (2013). Idrogeologia del delta del Tevere. <http://romatevere.hypotheses.org/237>
- [36] Milli S. (1997) - Depositional setting and high-frequency sequence stratigraphy of the Middle-Upper Pleistocene to Holocene deposits of the Roma Basin. *Geologica Romana* 33, 99-136.
- [40] Milli S., Depositional setting and high-frequency sequence stratigraphy of the middle-upper Pleistocene to Holocene deposits of the roman basin, *Geologica Romana* 33, 1997.
- [37] Milli S. et.al., The transition from wave-dominated estuary to wave-dominated delta: The Late Quaternary stratigraphic architecture of Tiber River deltaic succession (Italy), *Sedimentary Geology* (2013).
- [38] Palombo M.R., Milli S., Carlo R. (2003-2004). Remarks on the Biochronology of the late middle Pleistocene Mammalian Faunal Complexes of the Campagna Romana (Latium, Italy). *Geologica Romana* 37, 135-143
- [39] Rattray, M. Jr and Mitsuda, E. 1974. Theoretical analysis and conditions in a salt wedge. *Estuarine and Coastal Marine Science* 2: 375-394
- [40] Santarelli G. (1887). Planimetria generale del delta del Tevere con indicazione dei canali progettati dall'Ing. Canevari. Tavola 2, in " Le bonifiche di Ostia e Maccarese". Estratto da Archivio Storico Capitolino (<http://www.archiviocapitolinorisorsedigitali.it/>)
- [41] Ventriglia U., *Geologia del territorio del Comune di Roma, a cura dell'Amministrazione Provinciale di Roma*, Roma, 2002.

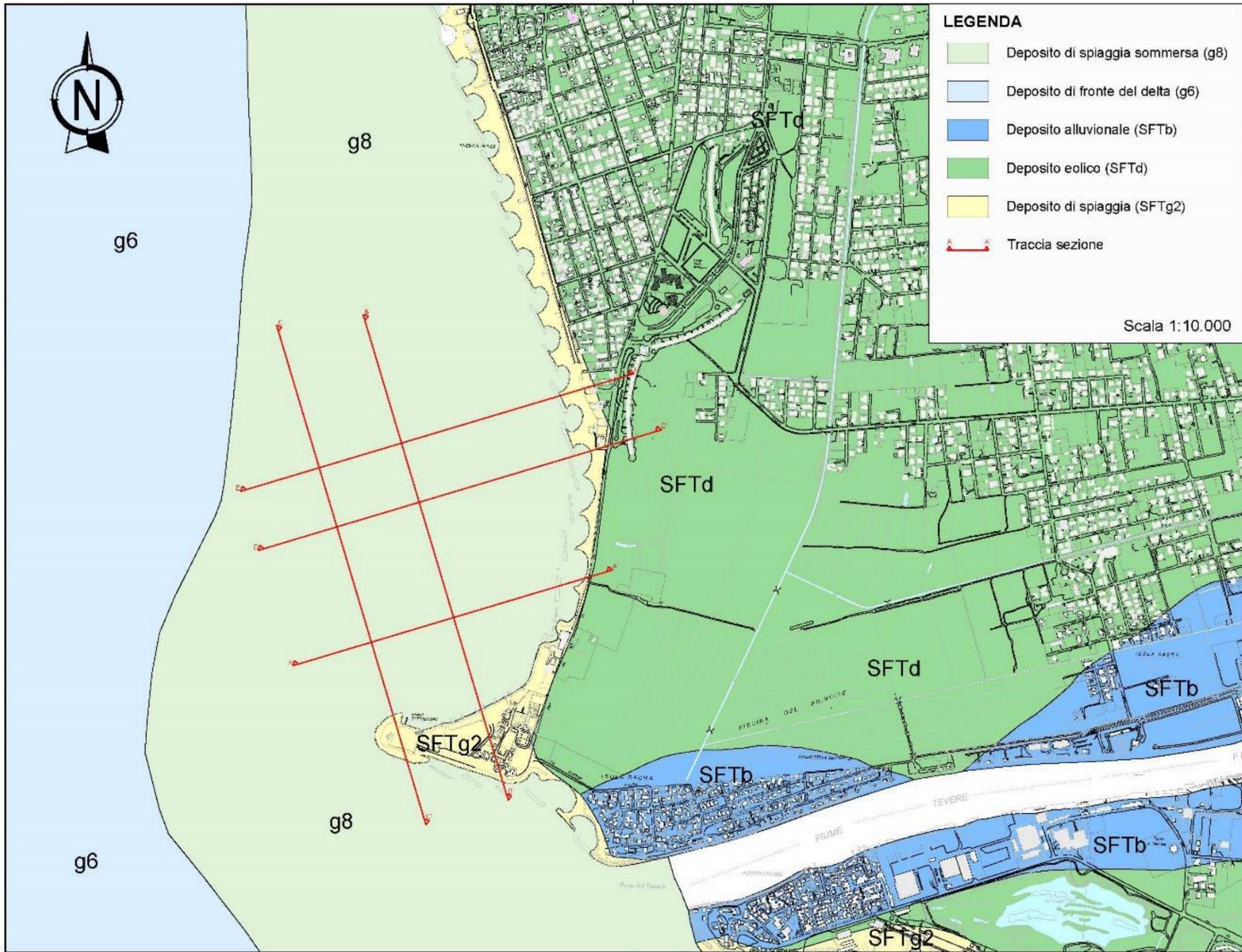
APPENDICE A: CARTA UBICAZIONE INDAGINI, CARTA GEOLOGICA, CARTA GEOMORFOLOGICA, CARTA IDROGEOLOGICA, CARTA DELLE ACCLIVITA', SEZIONI GEOLOGICHE (A-A'/B-B'/C-C'/D-D'/E-E')



LEGENDA

	ST1	Sondaggio geognostico a terra Campagna 2009		CPTU9_14	Prova penetrometrica statica a mare Camoagna 2014
	SM8_09	Sondaggio geognostico a mare Campagna 2009		CPTUT11	Prova penetrometrica statica a mare Campagna 2022
	S2/14	Sondaggio geognostico a mare Campagna 2014		BHT03	Sondaggio geognostico a mare Campagna 2022
	DMT3_14	Prova dilatometrica a mare Camoagna 2014			

Scala 1:5.000

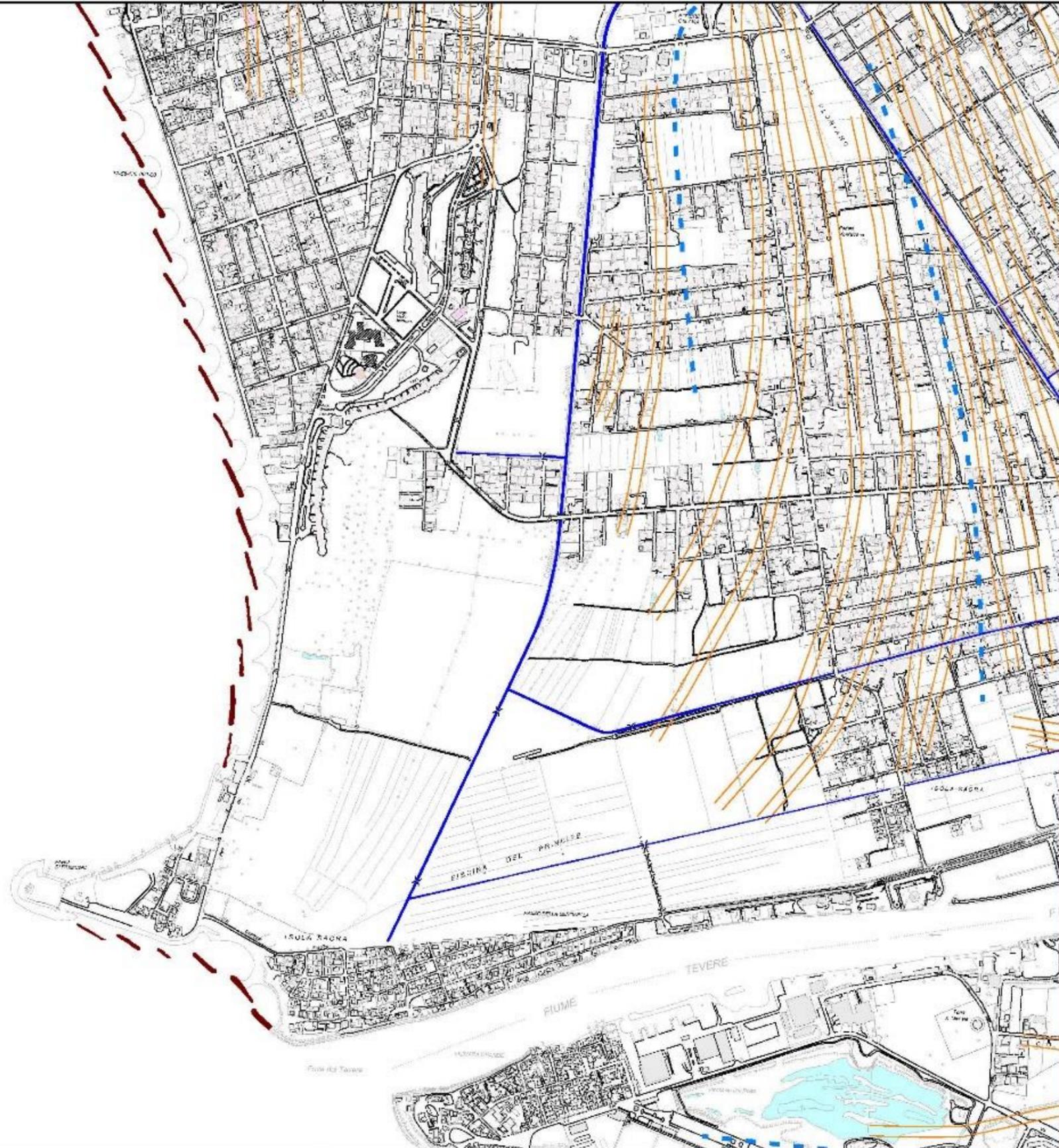




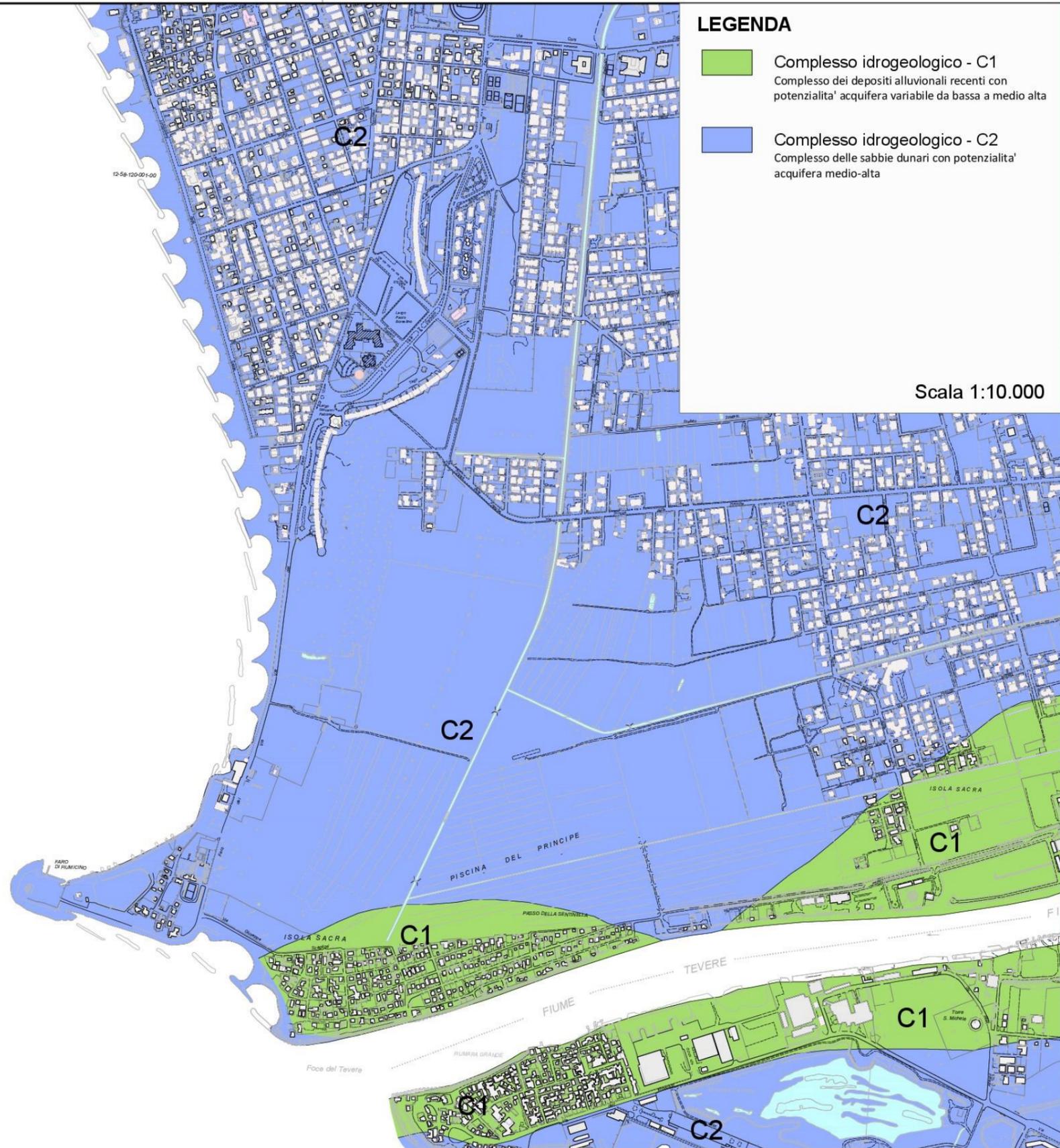
LEGENDA

-  Allineamento di dune
-  Reticolo idrografico principale (Collettori)
-  Evidenza morfologica di antica linea di costa
-  Opera di difesa longitudinale emergente distaccata

Scala 1:10.000



CARTA GEOMORFOLOGICA



CARTA IDROGEOLOGICA



LEGENDA

PENDENZA (%)

 0% - 10%

Scala 1:10.000

CARTA DELLE ACCLIMITA'



LEGENDA



Area idonea con prescrizioni previo esecuzione di studi ed indagini per la ricostruzione del modello geologico-geotecnico-sismico del sito

Scala 1:10.000

CARTA DELLA IDONEITA'

LEGENDA

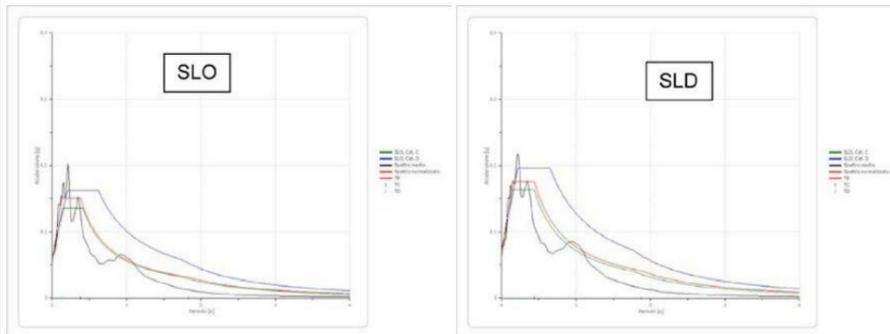


Area occidentale: spettri RSL compatibili spettri normalizzati con Cat. di suolo C da NTC 2018

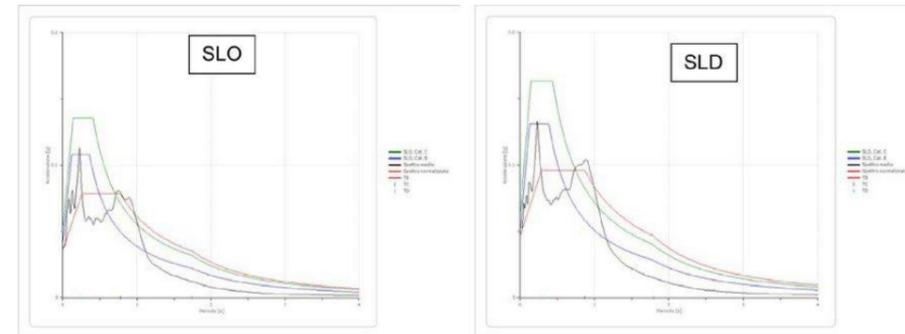
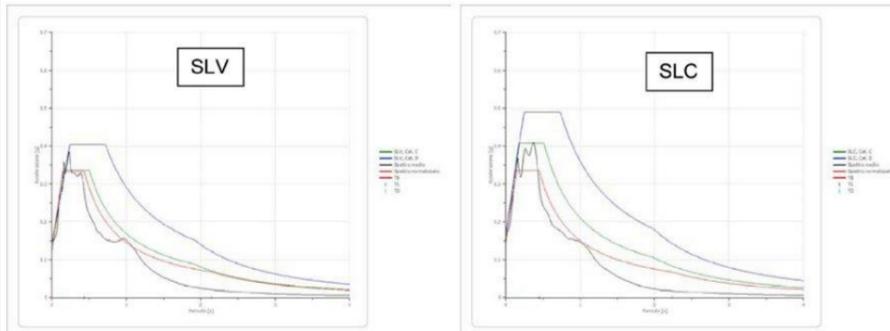


Area orientale: spettri RSL compatibili spettri normalizzati con Cat. di suolo D da NTC 2018

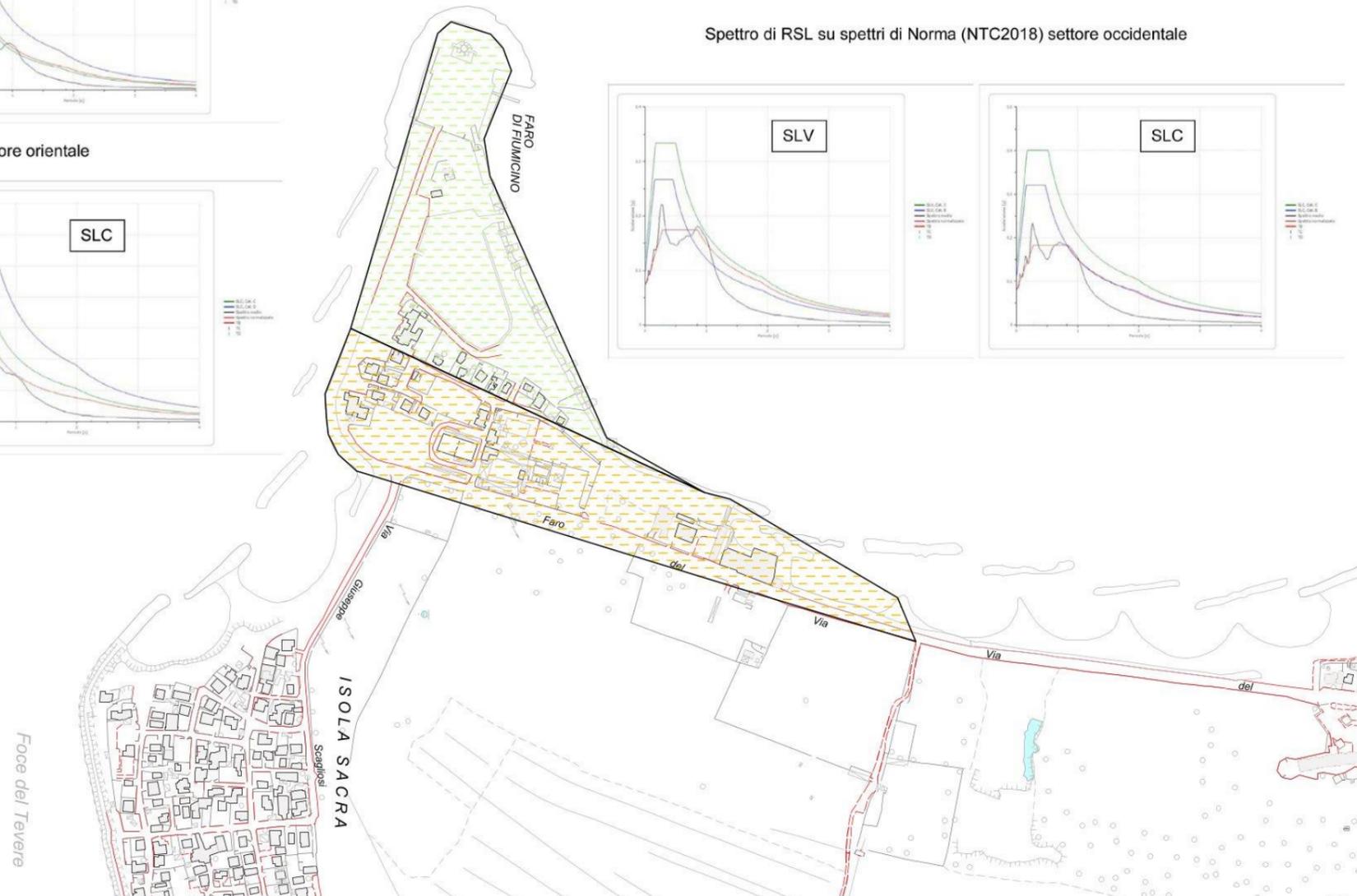
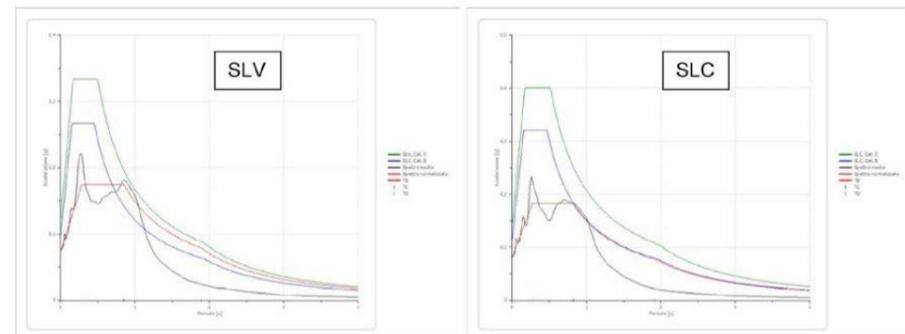
Scala 1:5.000



Spettro di RSL su spettri di Norma (NTC2018) settore orientale



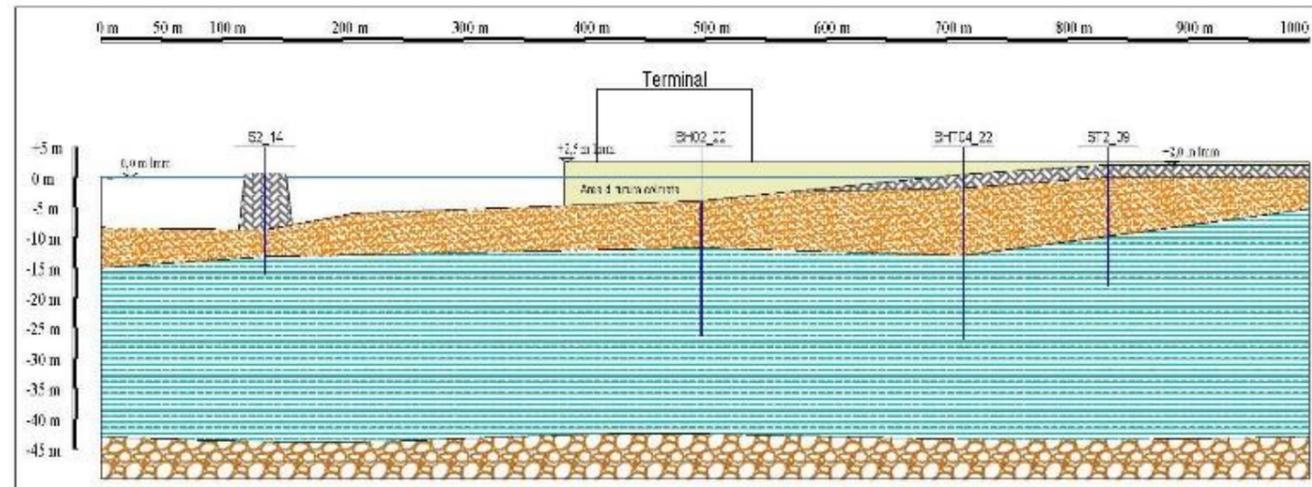
Spettro di RSL su spettri di Norma (NTC2018) settore occidentale



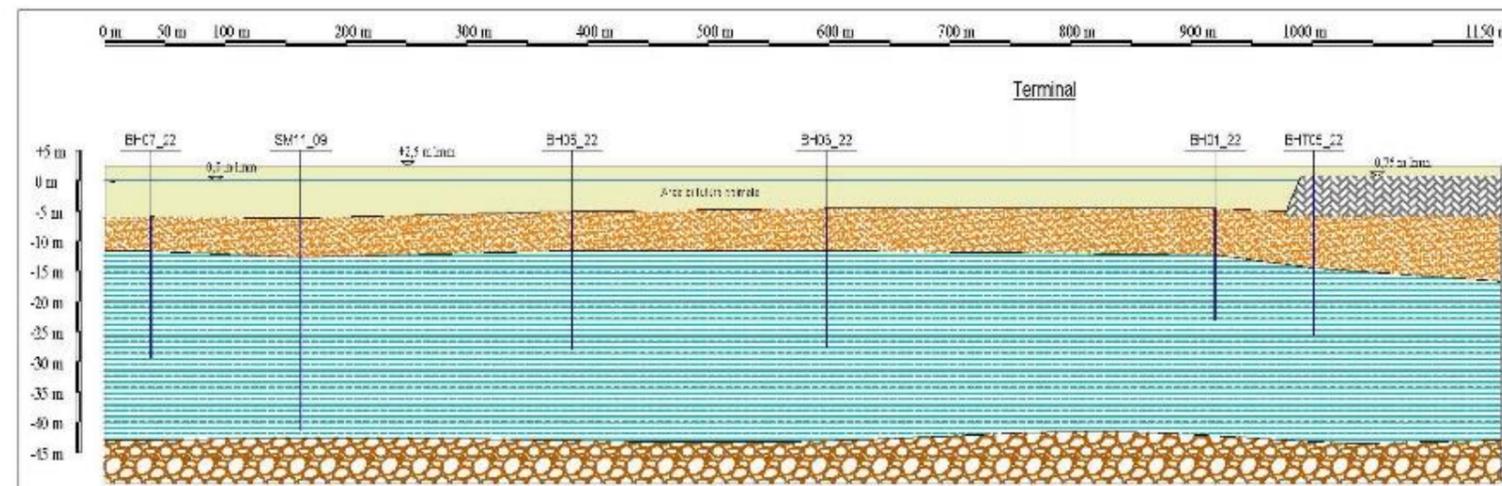
LEGENDA

-  Depositi antropici
-  Depositi sabbiosi di spiaggia emersa e sommersa
-  Argille e limi
-  Ghiaie

SEZIONE A-A' (Terminal)



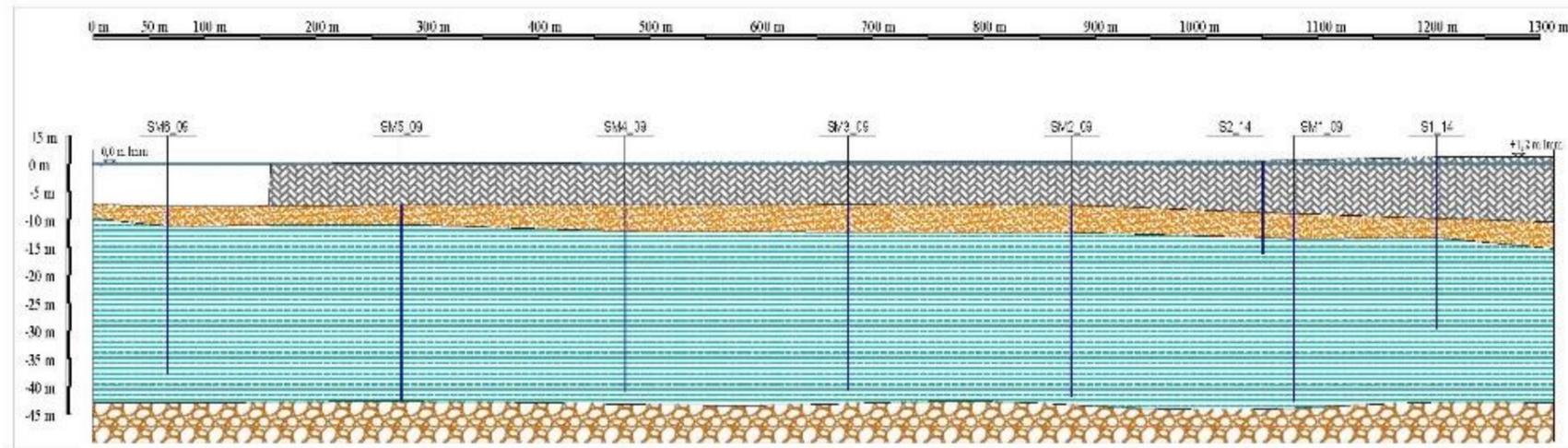
SEZIONE B-B' (Molo Claudio)



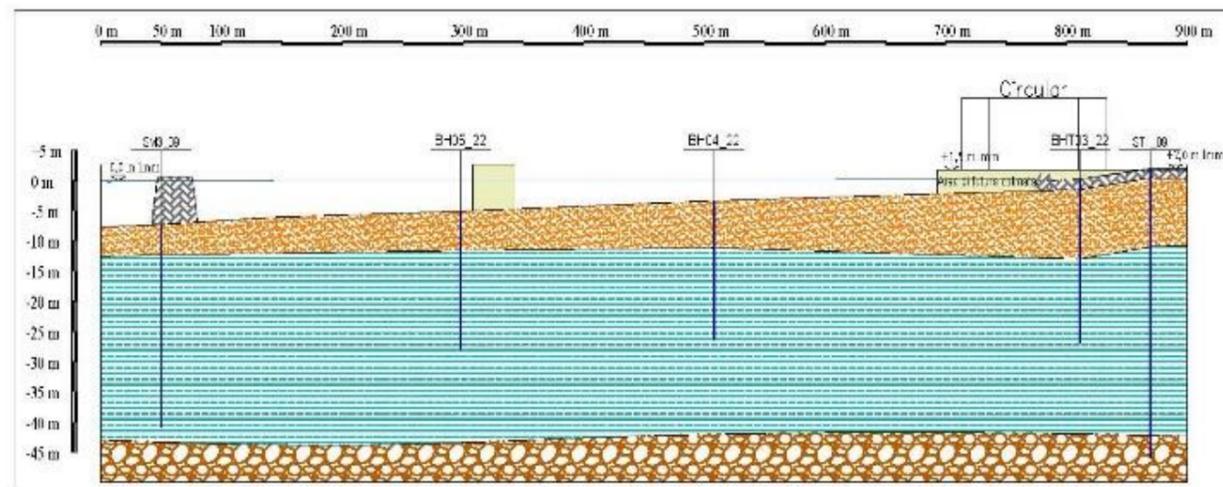
LEGENDA

-  Depositi antropici
-  Depositi sabbiosi di spiaggia emersa e sommersa
-  Argille e limi
-  Ghiaie

SEZIONE C-C' (Molo Traiano)



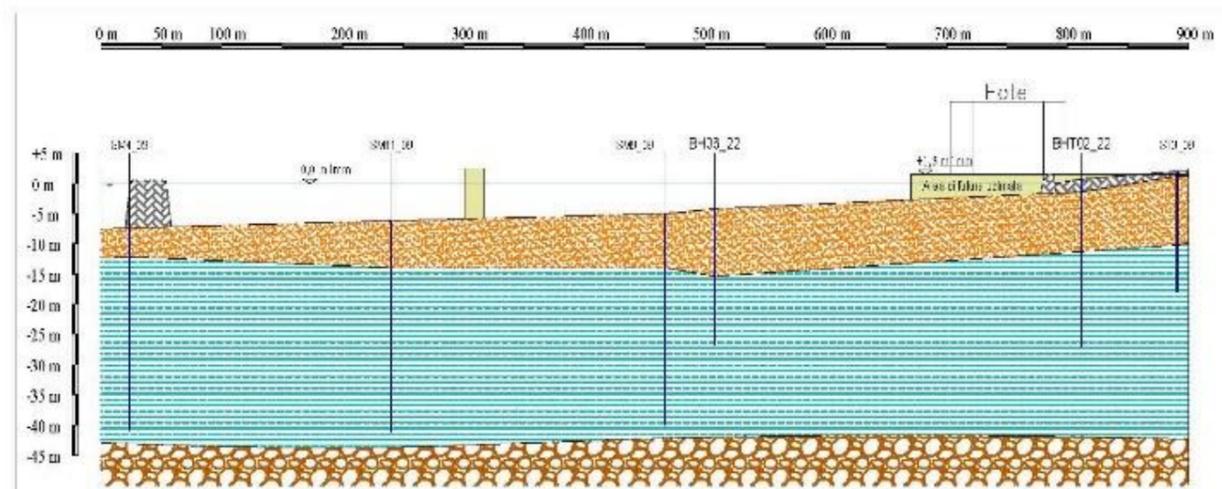
SEZIONE D-D' (Circular)



LEGENDA

-  Depositi antropici
-  Depositi sabbiosi di spiaggia emersa e sommersa
-  Argille e limi
-  Ghiaie

SEZIONE E-E' (Hotel)



FIUMICINO
WATERFRONT

SOGGETTO ESECUTORE E FINANZIATORE



INTERVENTO N. 146



CITTÀ DI
FIUMICINO

SOGGETTO PROPONENTE ED ATTUATORE



RINA CONSULTING S.P.A.

Via Antonio Cecchi 6, 16129 Genova
tel +39 010 31961
www.rina.org
Registro imprese di Genova: 03476550102
Partita IVA: 03476550102



Atelier(s) Alfonso Femia s.r.l.

Via Interiano 3/11, 16124 Genoa
tel. +39 010.540095 fax 010.5702094
Via Cadolini 32/38, 20137 Milan
tel. +39 02.54019701 fax 010.54115512
55 rue des petites écuries, 75010 Paris
tel +331.42462894
genova@atelierfemia.com - www.atelierfemia.com
Registro imprese di Genova: 01601780990
Partita IVA: 01601780990



RESPONSABILE COORDINAMENTO
DELLE DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. **ALESSANDRO ODASSO**
Direttore Tecnico - Rina Consulting S.p.A.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

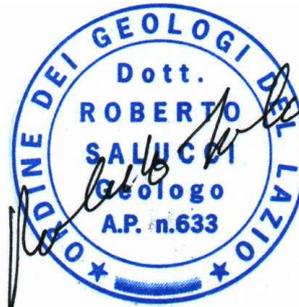
Arch. Alfonso FEMIA - Architettura e Landscape
Ing. Marco COMPAGNINO - Studio di impatto ambientale
Dott. Sandro LORENZATTI - Archeologia
Ing. Michele DI LAZZARO - Studio Idraulico e idrologico
Arch. Riccardo COCCIA - Prevenzione incendi
Ing. Alessandro VITA - Studio Geotecnico
Dott. Geol. Roberto SALUCCI - Geologia
Ing. Federico BARABINO - Sicurezza
Dott. Geol. Paolo RAVASCHIO - Rilievi e indagini
Ing. Flavio MARANGON - Studio trasportistico
Ing. Bruno RAMPINELLI ROTA - Compatibilità vincoli aeronautici

COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Marino BALZARINI - Project Management Consultancy
Arch. Paola DEL BIANCO - Project Manager Deputy
Ing. Alessandro PIAZZA - Coordinamento Opere Civili
Ing. Damiano SCARCELLA - Coordinamento Opere Marittime
Arch. Sara GOTTARDO - Coordinamento Architettura e Landscape

UNITÀ DI PROGETTO

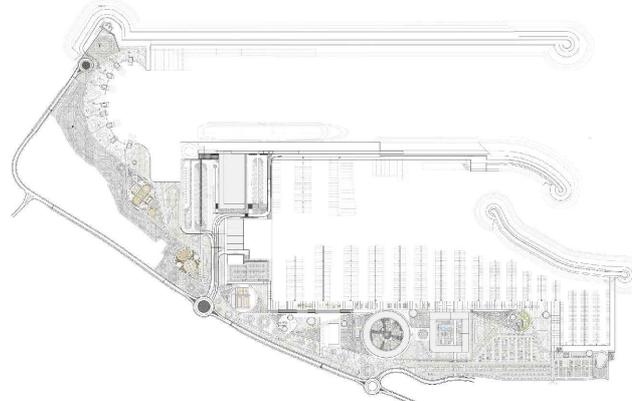
Ing. Massimo GUIDI - Dirigente Comune di Fiumicino



PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA

CUP:F1122000320007

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA



INQUADRAMENTO GENERALE GEOLOGIA E IDROLOGIA-GEOTECNICA-SISMICA RISPOSTE SISMICHE LOCALI

COMMESSA	SERVIZIO LOTTO	OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROG.	REV.	SCALA
P0031150	D0	MP00	GI	REP	02	00	

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
00	Emissione per approvazione	R. Salucci	A. Piazza	A. Odasso	31/07/2023
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

NOME FILE: P0031150D0MP00GIREP0200

INDICE

		Pagina
1	PREMESSA	2
2	PROCEDURA DI CALCOLO	3
3	RISPOSTA SISMICA LOCALE RIFERITA ALL'AREA FARO BASATA SUL MODELLO DELLA PROVA DOWN HOLE	9
3.1	DATI DI BASE	9
3.2	RSL-SLO	12
3.3	RSL – SLD	18
3.4	RSL – SLV	24
3.5	RSL – SLC	30
3.6	RIEPILOGO RISULTATI RSL	36
4	RISPOSTA SISMICA LOCALE RIFERITA ALL'AREA COSTA BASATA SUL MODELLO DELLE PROVE MASW 2023	37
4.1	DATI DI BASE	37
4.2	RSL – SLO	39
4.3	RSL – SLD	45
4.4	RSL – SLV	51
4.5	RSL – SLC	57
4.6	RIEPILOGO RISULTATI RSL	63
5	RISPOSTA SISMICA LOCALE RIFERITA ALL'AREA COSTA BASATA SUL MODELLO DI CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI TIPO D	64
5.1	DATI DI BASE	64
5.2	RSL-SLO	67
5.3	RSL – SLD	5
5.4	RSL – SLV	11
5.5	RSL – SLC	17
5.6	RIEPILOGO RISULTATI RSL	23

1 PREMESSA

In generale i valori di velocità delle onde S emersa dalla prova Down Hole sono risultate tendenzialmente più basse di quelle valutate dalle prove Masw. In accordo con i progettisti geotecnici sono state eseguite anche una serie di correlazioni con i risultati delle numerose prove penetrometriche continue eseguite che hanno consentito di valutare, per i litotipi argillosi presenti al letto della unità sabbiosa, valori di velocità delle onde S più bassi di quelli emersi dalla indagini geofisiche masw e simile a quelli emersi dalla prova Down hole. Tali valutazioni hanno spinto il gruppo di progettazione ad adottare una scelta progettualmente più cautelativa assumendo una categoria del sito e dei suoli di tipo D.

Nell'ambito delle attività sono state eseguite anche tre valutazioni di risposta sismica locale relative rispettivamente

- Al modello stratigrafico della prova down hole eseguita nelle vicinanze del faro
- Al modello stratigrafico delle due prove masw eseguite sulla costa
- Al modello geologico adottato di un suolo di categoria D

Per i risultati delle valutazioni di risposta sismica locale si rimanda ai paragrafi che seguono

2 PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;
 Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

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

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un

solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati

verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

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

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

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

che sostituita nella (1) pone

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

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

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

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

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

avendo posto

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

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

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

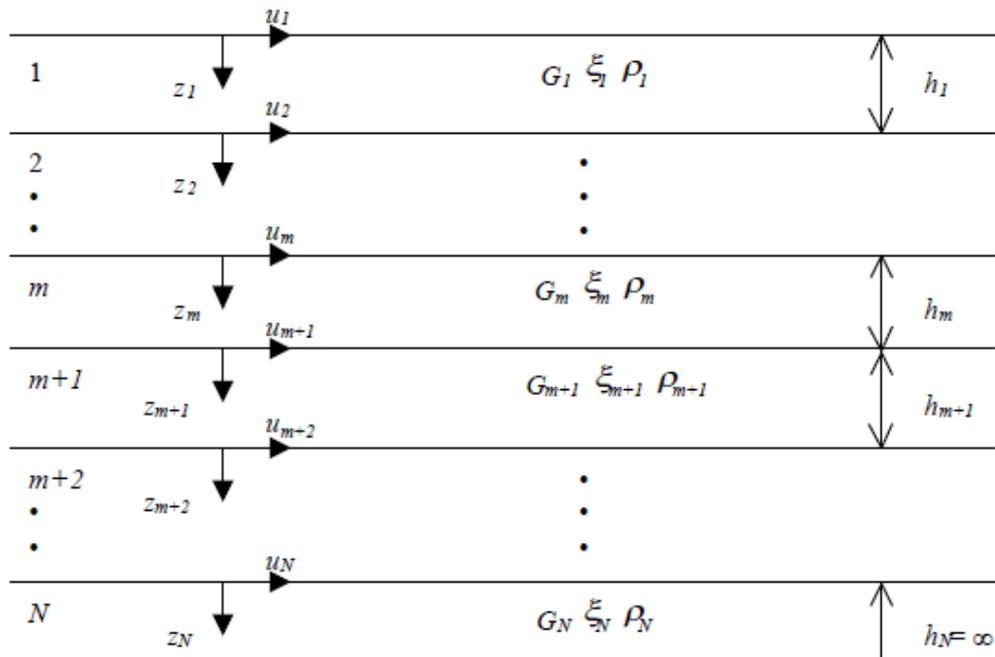


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

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

Il taglio invece è dato da:

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

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

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

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

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

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

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

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

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

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

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

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

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

ovvero

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

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

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

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

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

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

Poiché in superficie il taglio è nullo,

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

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

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

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

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

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

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

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

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

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

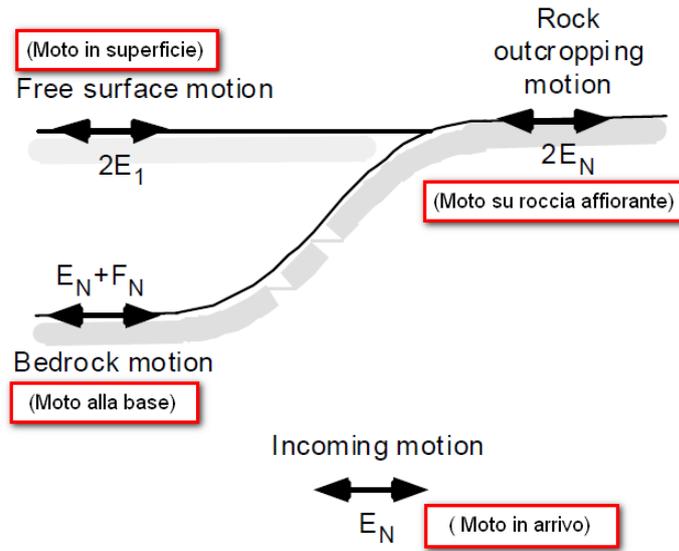


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

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

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

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

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

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145PI^{1.3}) \quad (26)$$

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

dove G_{max} è dato dalla relazione

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

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

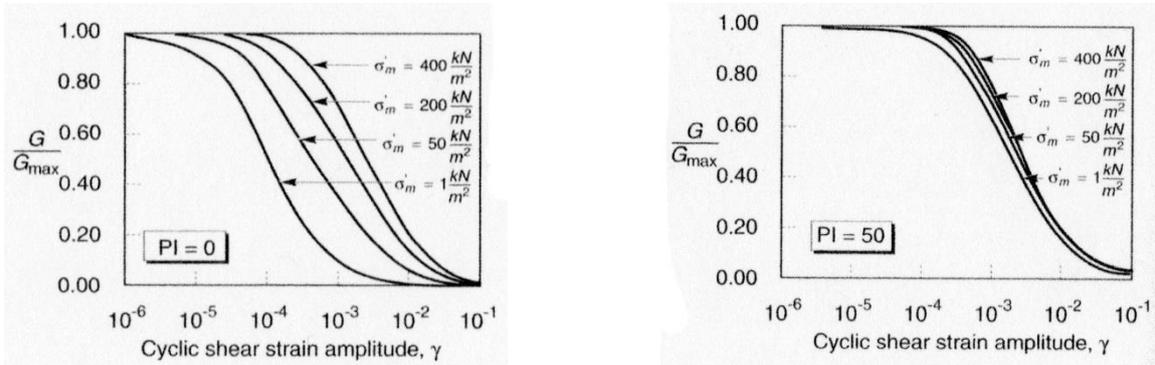


Figura 3: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

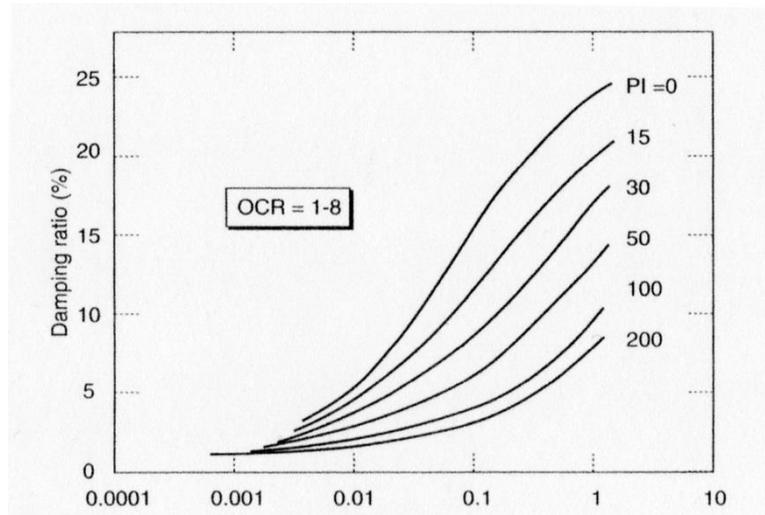


Figura 4: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

3 RISPOSTA SISMICA LOCALE RIFERITA ALL'AREA FARO BASATA SUL MODELLO DELLA PROVA DOWN HOLE

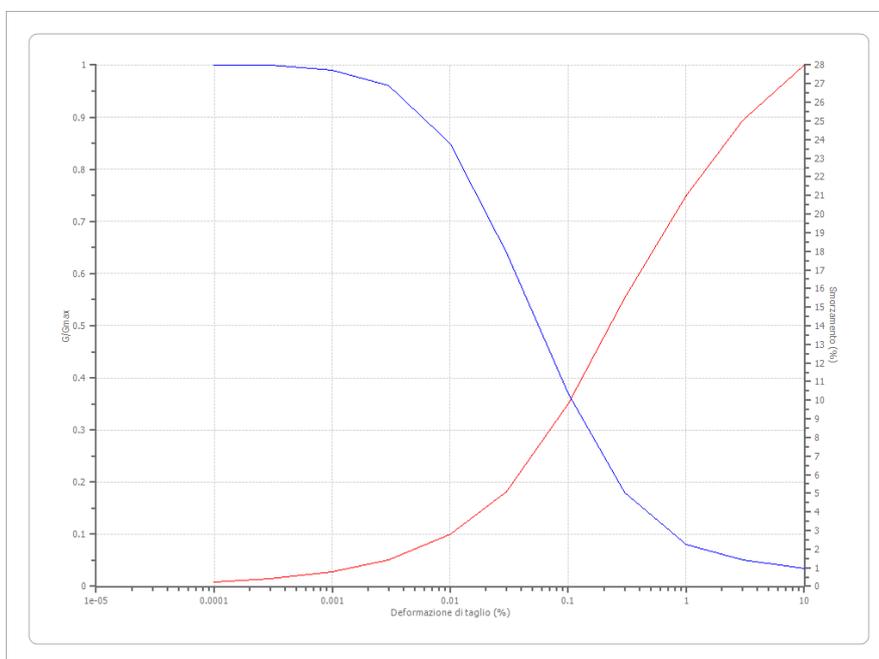
In questo paragrafo si illustrano i risultati di una valutazione della risposta sismica locale basata sui risultati della prova Down Hole eseguita nel sondaggio ST1-14 eseguito nella zona del faro in una rea interessata da una potente massicciata antropica.

3.1 DATI DI BASE

Terreni

Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

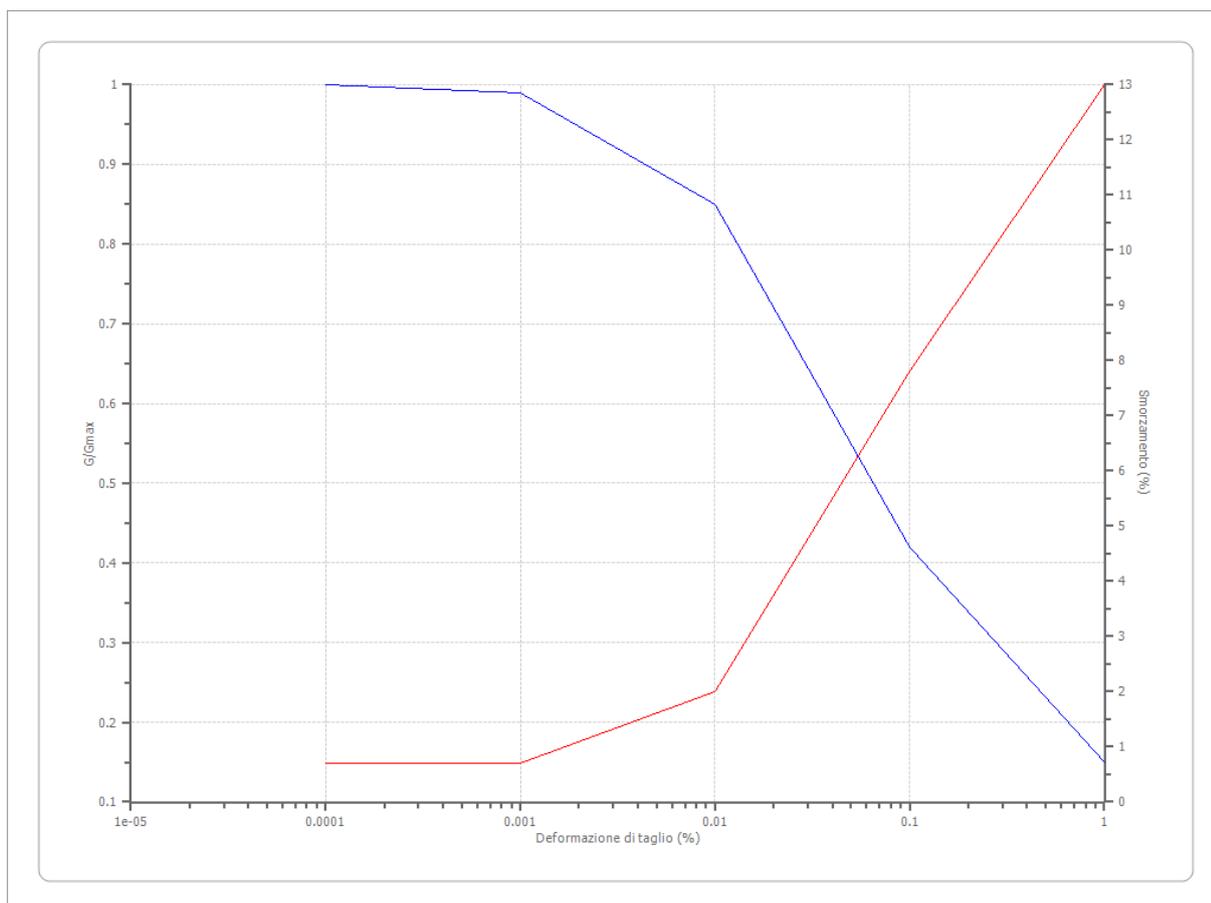
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Lazio - Ghiaie Alluvionali e detriti

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.700
0.001	0.990	0.001	0.700
0.010	0.850	0.010	2.000
0.100	0.420	0.100	7.800
1.000	0.150	1.000	13.000



RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	3.0	Lazio - Ghiaie Alluvionali e detriti	0	173.83	--	20.0	292.0	30.0
2		3.0	7.0	Lazio - Ghiaie Alluvionali e detriti	0	439.29	--	21.0	453.0	133.5
3		10.0	18.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	43.33	--	16.0	163.0	351.0
4		28.0	3.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	98.16	--	17.0	238.0	520.5
5		oo	--	Smorzamento costante	0	998.98	--	20.0	700.0	546.0

Strato rilevamento accelerogramma: 5 Affiorante

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE:

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante l'uso del software RSL III fornito dalla Geostru s.r.l..

La stratigrafia utilizzata per i calcoli è la seguente:

- 0,0 – 3 m dal piano campagna attuale: "Lazio – Ghiaie Alluvionali e Detriti" con Vs 292 m/s e p.v. 20.0 kN/m³;
- 3 - 10 m dal piano campagna attuale: "Lazio – Ghiaie Alluvionali e Detriti" con Vs 453 m/s e p.v. 21.0 kN/m³;
- 10 - 28 m dal piano campagna attuale: "Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)" con Vs 163 m/s e p.v. 16.0 kN/m³;
- 28 - 31 m dal piano campagna attuale: "Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)" con Vs 238 m/s e p.v. 17.0 kN/m³;
- Da 31 m dal piano campagna attuale: "Bedrock sismico – Smorzamento costante" con Vs 700 m/s e p.v. 20.0 kN/m³;

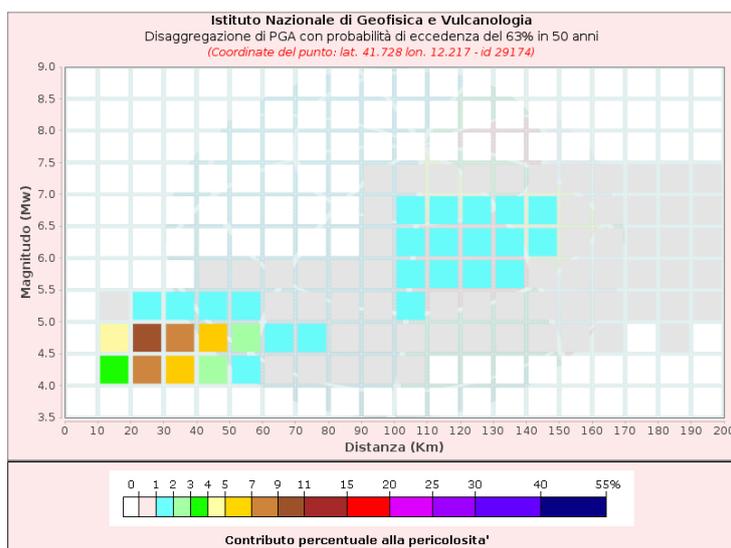
Sono state utilizzate le curve di decadimento del modulo di taglio e di variazione dello smorzamento rese disponibili dalla Regione Lazio.

3.2 RSL-SLO

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.744215
	long.: 12.222827
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 50 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso c_u : 1,5
	Tempo di Ritorno T_R : 45
	Stati limite di riferimento: SLO
Probabilità superamento P_{VR} :	63% (SLO)

DISAGGREGAZIONE PER SLO:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

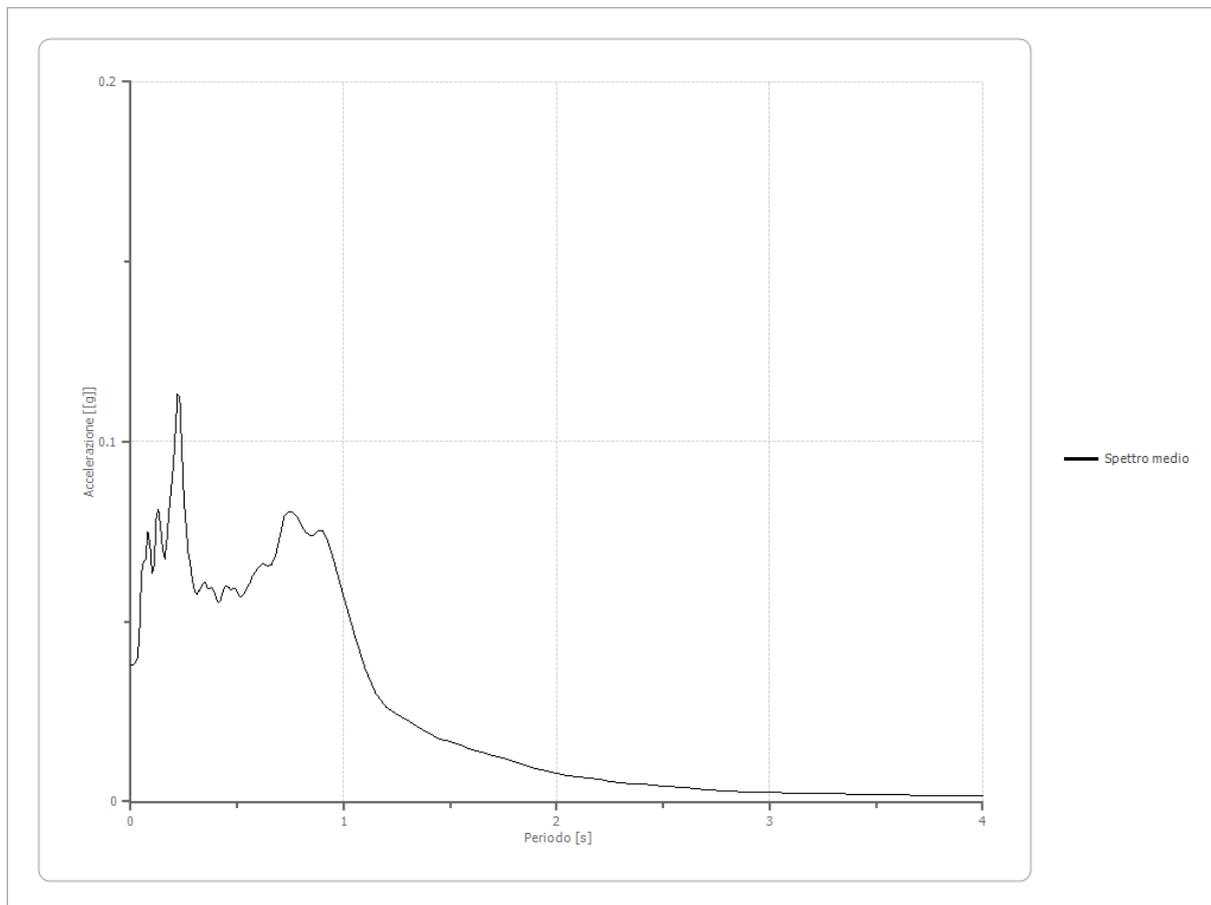
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.080 [s]
Tvi	0.470 [s]
Tao	0.220 [s]
Tvo	0.920 [s]
Sami	0.945 [m/s ²]
Svmi	0.042 [m/s]
Samo	0.771 [m/s ²]
Svmo	0.095 [m/s]
Fa	0.816 [-]
Fv	2.266 [-]
TB	0.259 [s]
TC	0.777 [s]
TD	1.745 [s]
SA(0)	0.036 [g]
SA(TB)	0.079 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0380	0.26	0.0767	0.52	0.0570	0.98	0.0613	2.25	0.0057
0.01	0.0380	0.27	0.0691	0.53	0.0577	1.00	0.0570	2.30	0.0054
0.02	0.0385	0.28	0.0658	0.54	0.0589	1.05	0.0465	2.35	0.0051
0.03	0.0397	0.29	0.0612	0.55	0.0599	1.10	0.0371	2.40	0.0048
0.04	0.0453	0.30	0.0585	0.56	0.0609	1.15	0.0302	2.50	0.0043
0.05	0.0630	0.31	0.0576	0.57	0.0626	1.20	0.0261	2.60	0.0038
0.06	0.0669	0.32	0.0587	0.58	0.0635	1.25	0.0242	2.70	0.0034
0.07	0.0675	0.33	0.0594	0.60	0.0652	1.30	0.0225	2.80	0.0030
0.08	0.0749	0.34	0.0607	0.62	0.0660	1.35	0.0207	2.90	0.0028
0.09	0.0716	0.35	0.0610	0.64	0.0656	1.40	0.0189	3.00	0.0026
0.10	0.0635	0.36	0.0594	0.66	0.0659	1.45	0.0175	3.10	0.0024
0.11	0.0653	0.37	0.0592	0.68	0.0683	1.50	0.0167	3.20	0.0023
0.12	0.0792	0.38	0.0597	0.70	0.0738	1.55	0.0157	3.30	0.0022
0.13	0.0813	0.39	0.0588	0.72	0.0791	1.60	0.0145	3.40	0.0021
0.14	0.0764	0.40	0.0568	0.74	0.0806	1.65	0.0137	3.50	0.0020
0.15	0.0700	0.41	0.0554	0.76	0.0804	1.70	0.0128	3.60	0.0019
0.16	0.0673	0.42	0.0557	0.78	0.0792	1.75	0.0120	3.70	0.0018
0.17	0.0729	0.43	0.0578	0.80	0.0769	1.80	0.0111	3.80	0.0017
0.18	0.0811	0.44	0.0594	0.82	0.0751	1.85	0.0101	3.90	0.0016
0.19	0.0869	0.45	0.0599	0.84	0.0741	1.90	0.0092	4.00	0.0015
0.20	0.0933	0.46	0.0595	0.86	0.0741	1.95	0.0085		
0.21	0.1039	0.47	0.0590	0.88	0.0753	2.00	0.0078		
0.22	0.1132	0.48	0.0594	0.90	0.0751	2.05	0.0073		
0.23	0.1122	0.49	0.0591	0.92	0.0730	2.10	0.0069		
0.24	0.0974	0.50	0.0582	0.94	0.0697	2.15	0.0065		
0.25	0.0839	0.51	0.0571	0.96	0.0655	2.20	0.0061		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

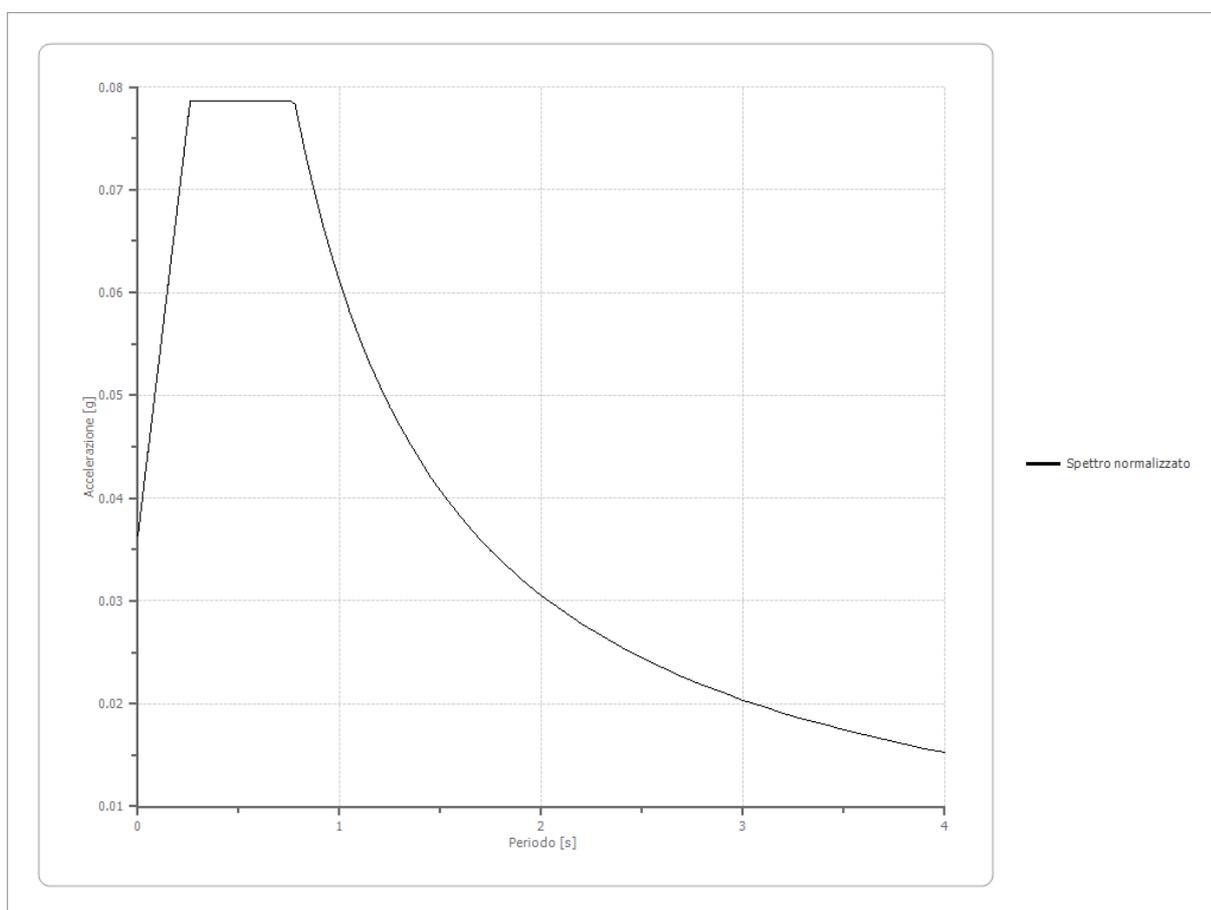


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0363	0.26	0.0786	0.52	0.0786	0.98	0.0623	2.25	0.0271
0.01	0.0380	0.27	0.0786	0.53	0.0786	1.00	0.0611	2.30	0.0266
0.02	0.0396	0.28	0.0786	0.54	0.0786	1.05	0.0582	2.35	0.0260
0.03	0.0412	0.29	0.0786	0.55	0.0786	1.10	0.0555	2.40	0.0254
0.04	0.0429	0.30	0.0786	0.56	0.0786	1.15	0.0531	2.50	0.0244
0.05	0.0445	0.31	0.0786	0.57	0.0786	1.20	0.0509	2.60	0.0235
0.06	0.0461	0.32	0.0786	0.58	0.0786	1.25	0.0489	2.70	0.0226
0.07	0.0477	0.33	0.0786	0.60	0.0786	1.30	0.0470	2.80	0.0218
0.08	0.0494	0.34	0.0786	0.62	0.0786	1.35	0.0452	2.90	0.0211
0.09	0.0510	0.35	0.0786	0.64	0.0786	1.40	0.0436	3.00	0.0204
0.10	0.0526	0.36	0.0786	0.66	0.0786	1.45	0.0421	3.10	0.0197
0.11	0.0543	0.37	0.0786	0.68	0.0786	1.50	0.0407	3.20	0.0191
0.12	0.0559	0.38	0.0786	0.70	0.0786	1.55	0.0394	3.30	0.0185

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

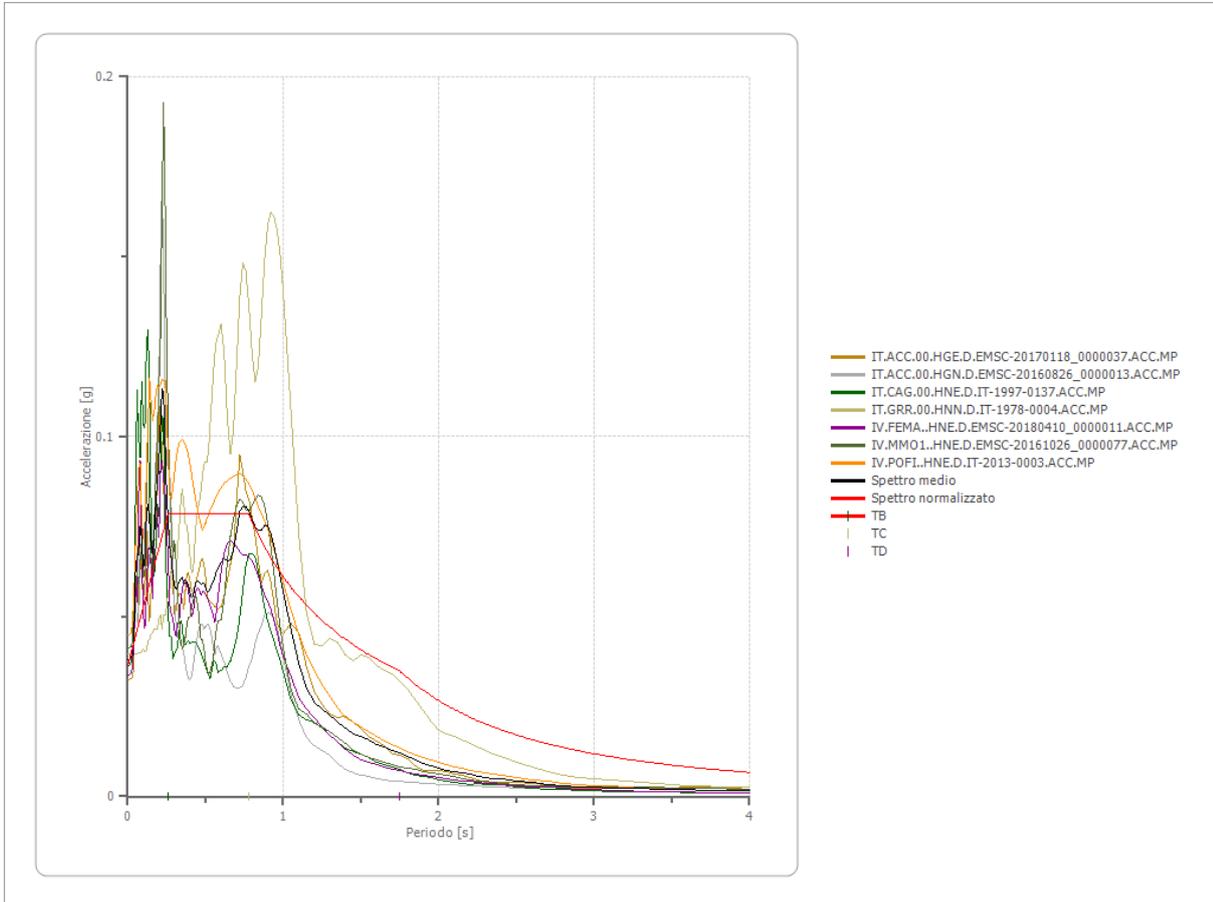
0.13	0.0575	0.39	0.0786	0.72	0.0786	1.60	0.0382	3.40	0.0180
0.14	0.0592	0.40	0.0786	0.74	0.0786	1.65	0.0370	3.50	0.0175
0.15	0.0608	0.41	0.0786	0.76	0.0786	1.70	0.0359	3.60	0.0170
0.16	0.0624	0.42	0.0786	0.78	0.0783	1.75	0.0349	3.70	0.0165
0.17	0.0641	0.43	0.0786	0.80	0.0763	1.80	0.0339	3.80	0.0161
0.18	0.0657	0.44	0.0786	0.82	0.0745	1.85	0.0330	3.90	0.0157
0.19	0.0673	0.45	0.0786	0.84	0.0727	1.90	0.0321	4.00	0.0153
0.20	0.0690	0.46	0.0786	0.86	0.0710	1.95	0.0313		
0.21	0.0706	0.47	0.0786	0.88	0.0694	2.00	0.0305		
0.22	0.0722	0.48	0.0786	0.90	0.0679	2.05	0.0298		
0.23	0.0738	0.49	0.0786	0.92	0.0664	2.10	0.0291		
0.24	0.0755	0.50	0.0786	0.94	0.0650	2.15	0.0284		
0.25	0.0771	0.51	0.0786	0.96	0.0636	2.20	0.0278		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.036	2.163281	--	0.259	0.777	1.745	0.036	0.079	1.039

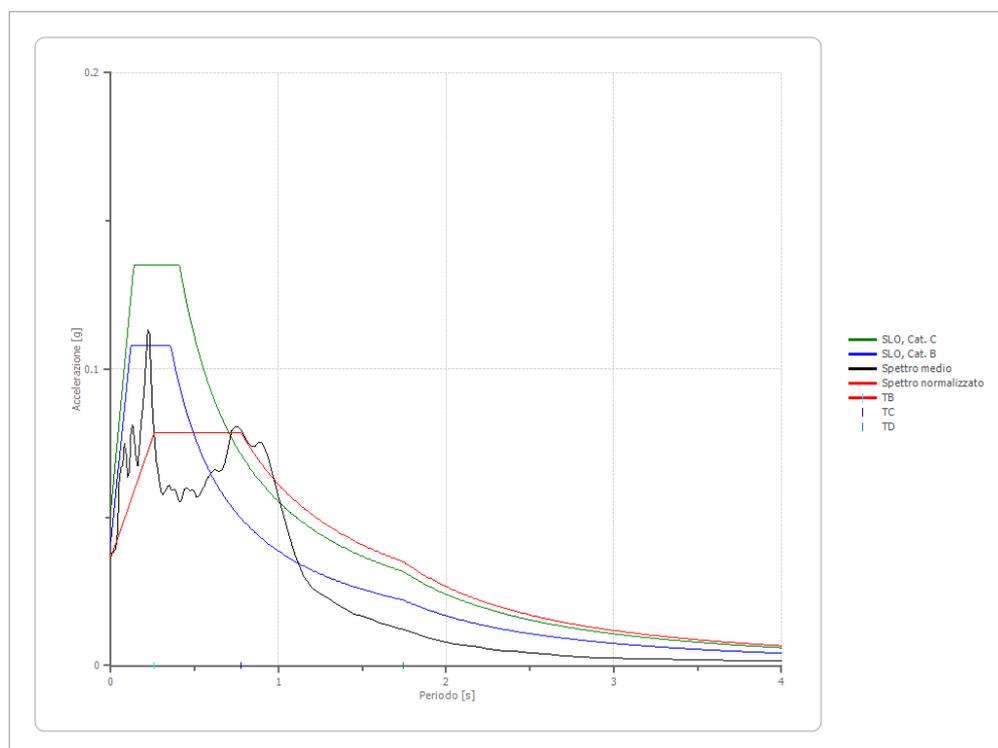
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operativit à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvagnar dia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvagnar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.080	0.094	0.035	0.042	0.080	0.094
Fo	2.576	2.595	2.782	2.843	2.576	2.595	2.782	2.843
Tc* [s]	0.245	0.271	0.33	0.346	0.245	0.271	0.33	0.346
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	1.46	1.43	1.37	1.36
TB [s]	0.136	0.146	0.167	0.172	0.119	0.129	0.151	0.157
TC [s]	0.409	0.438	0.500	0.516	0.357	0.387	0.453	0.471
TD [s]	1.740	1.768	1.920	1.976	1.740	1.768	1.920	1.976
Se(0) [g]	0.052	0.063	0.120	0.141	0.042	0.050	0.096	0.113
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.334	0.401	0.108	0.131	0.267	0.321



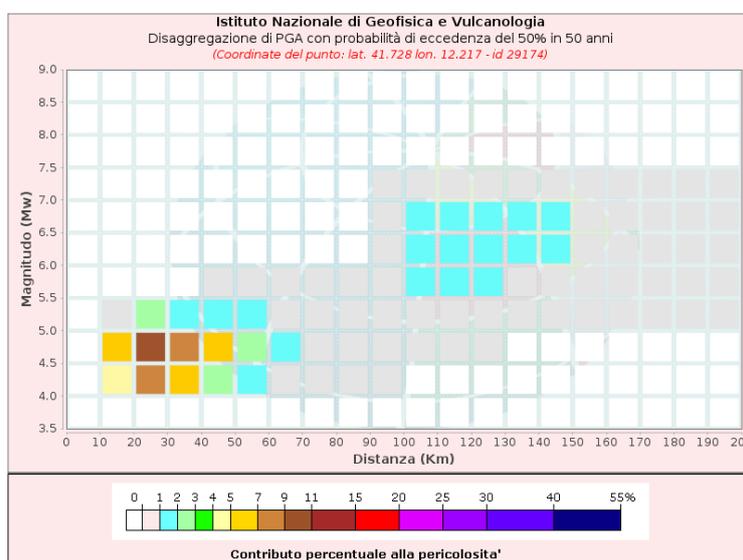
RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

3.3 RSL – SLD

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.744215
	long.: 12.222827
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 75 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso c_u : 1,5
	Tempo di Ritorno TR: 75
	Stati limite di riferimento: SLD
Probabilità superamento P_{VR} :	50% (SLD)

DISAGGREGAZIONE PER SLD:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelerometrico Italiano – ITACA – http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

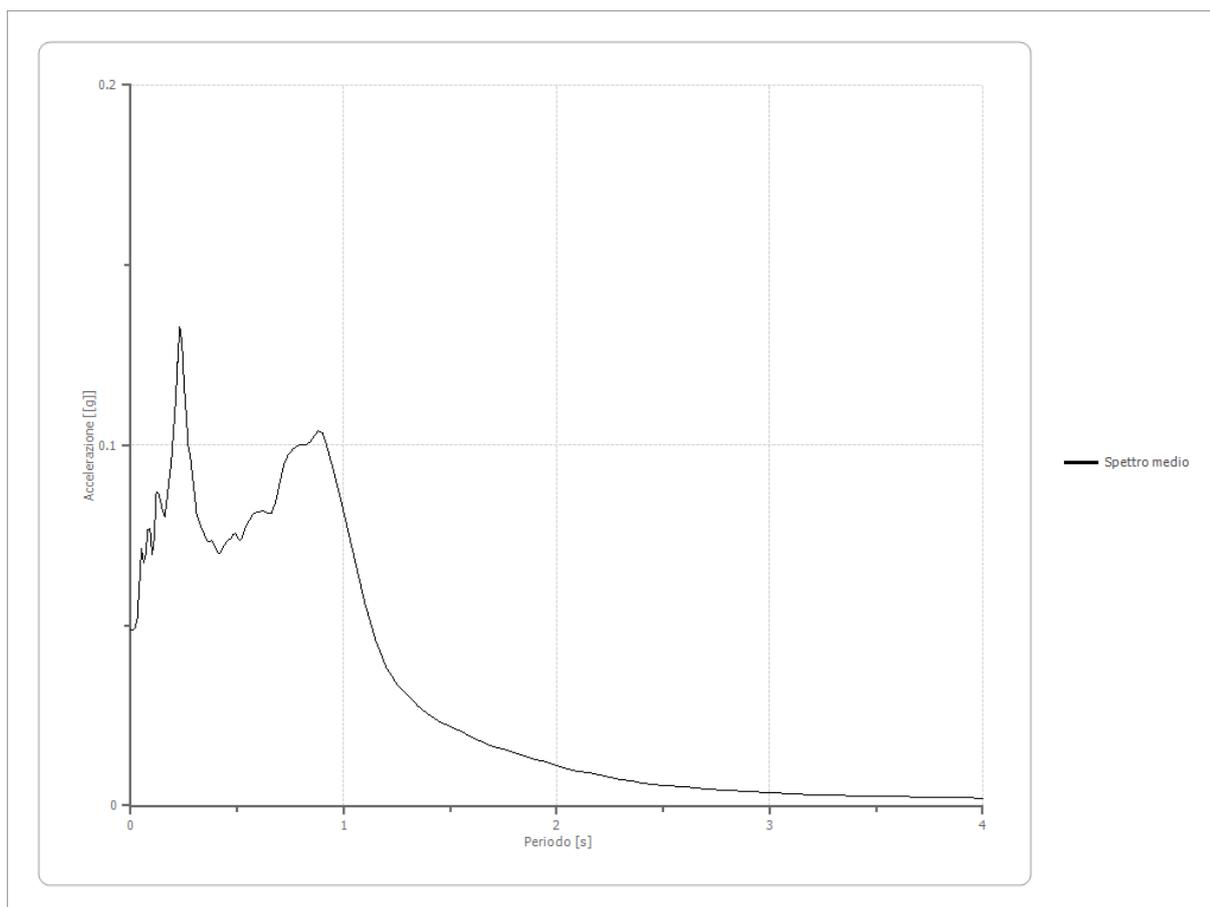
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.230 [s]
Tvi	0.920 [s]
Tao	0.230 [s]
Tvo	0.920 [s]
Sami	1.135 [m/s ²]
Svmi	0.053 [m/s]
Samo	0.939 [m/s ²]
Svmo	0.130 [m/s]
Fa	0.828 [-]
Fv	2.449 [-]
TB	0.290 [s]
TC	0.869 [s]
TD	1.788 [s]
SA(0)	0.047 [g]
SA(TB)	0.096 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0486	0.26	0.1089	0.52	0.0739	0.98	0.0863	2.25	0.0079
0.01	0.0486	0.27	0.0998	0.53	0.0759	1.00	0.0814	2.30	0.0073
0.02	0.0494	0.28	0.0967	0.54	0.0775	1.05	0.0687	2.35	0.0068
0.03	0.0517	0.29	0.0917	0.55	0.0785	1.10	0.0558	2.40	0.0064
0.04	0.0606	0.30	0.0860	0.56	0.0795	1.15	0.0459	2.50	0.0057
0.05	0.0713	0.31	0.0807	0.57	0.0805	1.20	0.0384	2.60	0.0051
0.06	0.0675	0.32	0.0792	0.58	0.0810	1.25	0.0337	2.70	0.0046
0.07	0.0698	0.33	0.0772	0.60	0.0815	1.30	0.0307	2.80	0.0041
0.08	0.0768	0.34	0.0758	0.62	0.0820	1.35	0.0276	2.90	0.0038
0.09	0.0770	0.35	0.0746	0.64	0.0811	1.40	0.0251	3.00	0.0035
0.10	0.0697	0.36	0.0733	0.66	0.0813	1.45	0.0232	3.10	0.0032
0.11	0.0739	0.37	0.0734	0.68	0.0842	1.50	0.0219	3.20	0.0030
0.12	0.0872	0.38	0.0738	0.70	0.0898	1.55	0.0205	3.30	0.0028
0.13	0.0869	0.39	0.0725	0.72	0.0948	1.60	0.0190	3.40	0.0027
0.14	0.0843	0.40	0.0714	0.74	0.0975	1.65	0.0177	3.50	0.0025
0.15	0.0818	0.41	0.0701	0.76	0.0988	1.70	0.0165	3.60	0.0025
0.16	0.0802	0.42	0.0700	0.78	0.0999	1.75	0.0156	3.70	0.0024
0.17	0.0850	0.43	0.0715	0.80	0.1000	1.80	0.0148	3.80	0.0023
0.18	0.0905	0.44	0.0724	0.82	0.1001	1.85	0.0139	3.90	0.0022
0.19	0.0953	0.45	0.0735	0.84	0.1009	1.90	0.0129	4.00	0.0021
0.20	0.1031	0.46	0.0738	0.86	0.1025	1.95	0.0120		
0.21	0.1120	0.47	0.0741	0.88	0.1042	2.00	0.0110		
0.22	0.1232	0.48	0.0752	0.90	0.1035	2.05	0.0102		
0.23	0.1329	0.49	0.0757	0.92	0.0999	2.10	0.0096		
0.24	0.1287	0.50	0.0747	0.94	0.0954	2.15	0.0090		
0.25	0.1171	0.51	0.0735	0.96	0.0909	2.20	0.0085		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

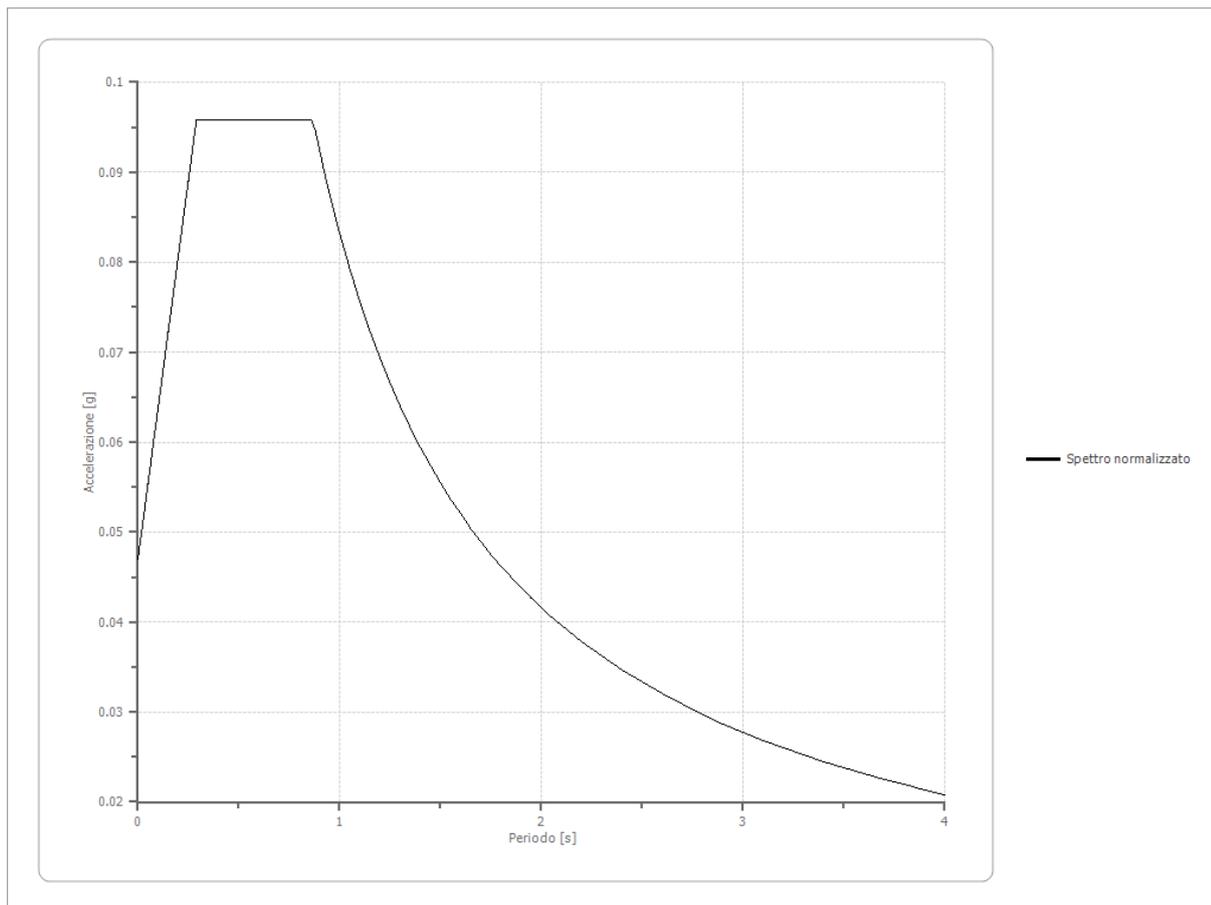


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0469	0.26	0.0907	0.52	0.0958	0.98	0.0849	2.25	0.0370
0.01	0.0486	0.27	0.0924	0.53	0.0958	1.00	0.0832	2.30	0.0362
0.02	0.0503	0.28	0.0941	0.54	0.0958	1.05	0.0793	2.35	0.0354
0.03	0.0520	0.29	0.0958	0.55	0.0958	1.10	0.0757	2.40	0.0347
0.04	0.0537	0.30	0.0958	0.56	0.0958	1.15	0.0724	2.50	0.0333
0.05	0.0554	0.31	0.0958	0.57	0.0958	1.20	0.0694	2.60	0.0320
0.06	0.0570	0.32	0.0958	0.58	0.0958	1.25	0.0666	2.70	0.0308
0.07	0.0587	0.33	0.0958	0.60	0.0958	1.30	0.0640	2.80	0.0297
0.08	0.0604	0.34	0.0958	0.62	0.0958	1.35	0.0616	2.90	0.0287
0.09	0.0621	0.35	0.0958	0.64	0.0958	1.40	0.0594	3.00	0.0277
0.10	0.0638	0.36	0.0958	0.66	0.0958	1.45	0.0574	3.10	0.0268
0.11	0.0655	0.37	0.0958	0.68	0.0958	1.50	0.0555	3.20	0.0260
0.12	0.0671	0.38	0.0958	0.70	0.0958	1.55	0.0537	3.30	0.0252
0.13	0.0688	0.39	0.0958	0.72	0.0958	1.60	0.0520	3.40	0.0245
0.14	0.0705	0.40	0.0958	0.74	0.0958	1.65	0.0504	3.50	0.0238
0.15	0.0722	0.41	0.0958	0.76	0.0958	1.70	0.0490	3.60	0.0231

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

0.16	0.0739	0.42	0.0958	0.78	0.0958	1.75	0.0476	3.70	0.0225
0.17	0.0756	0.43	0.0958	0.80	0.0958	1.80	0.0462	3.80	0.0219
0.18	0.0773	0.44	0.0958	0.82	0.0958	1.85	0.0450	3.90	0.0213
0.19	0.0789	0.45	0.0958	0.84	0.0958	1.90	0.0438	4.00	0.0208
0.20	0.0806	0.46	0.0958	0.86	0.0958	1.95	0.0427		
0.21	0.0823	0.47	0.0958	0.88	0.0946	2.00	0.0416		
0.22	0.0840	0.48	0.0958	0.90	0.0925	2.05	0.0406		
0.23	0.0857	0.49	0.0958	0.92	0.0905	2.10	0.0396		
0.24	0.0874	0.50	0.0958	0.94	0.0885	2.15	0.0387		
0.25	0.0891	0.51	0.0958	0.96	0.0867	2.20	0.0378		

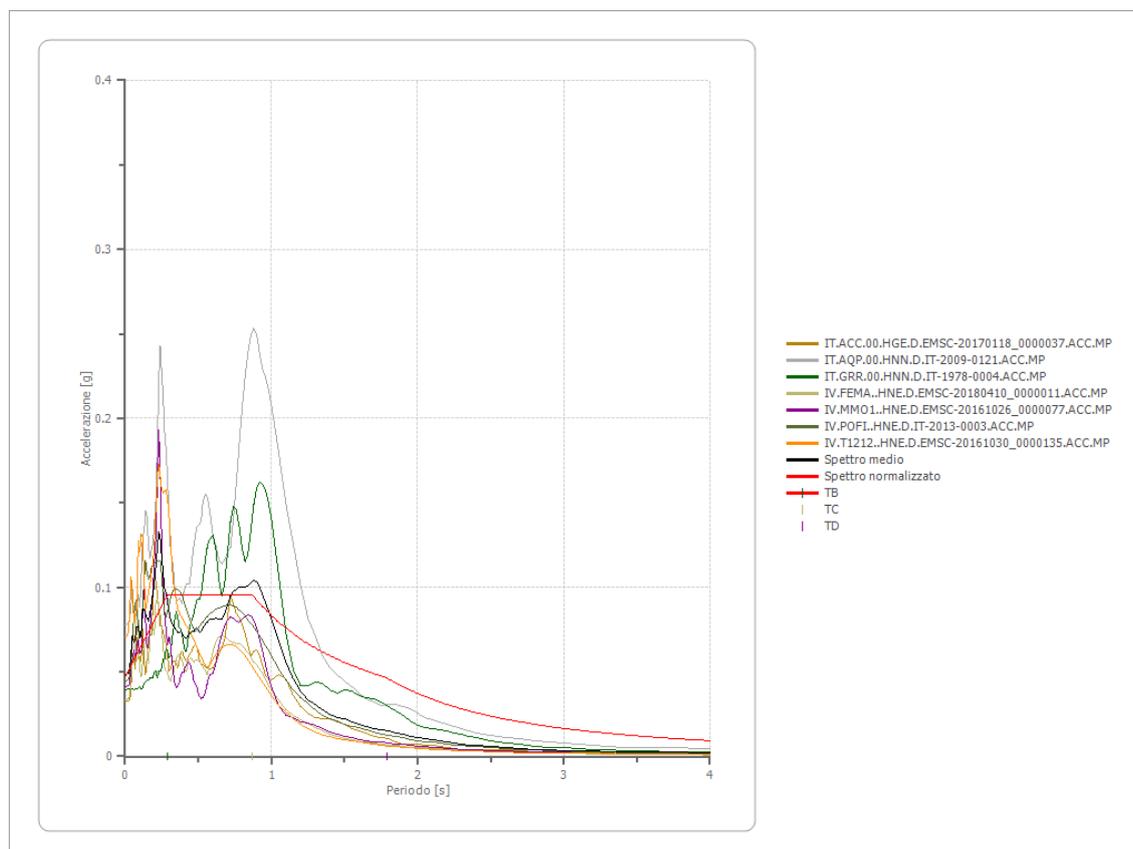


Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.047	2.040465	--	0.290	0.869	1.788	0.047	0.096	1.117

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Confronto tra gli spettri

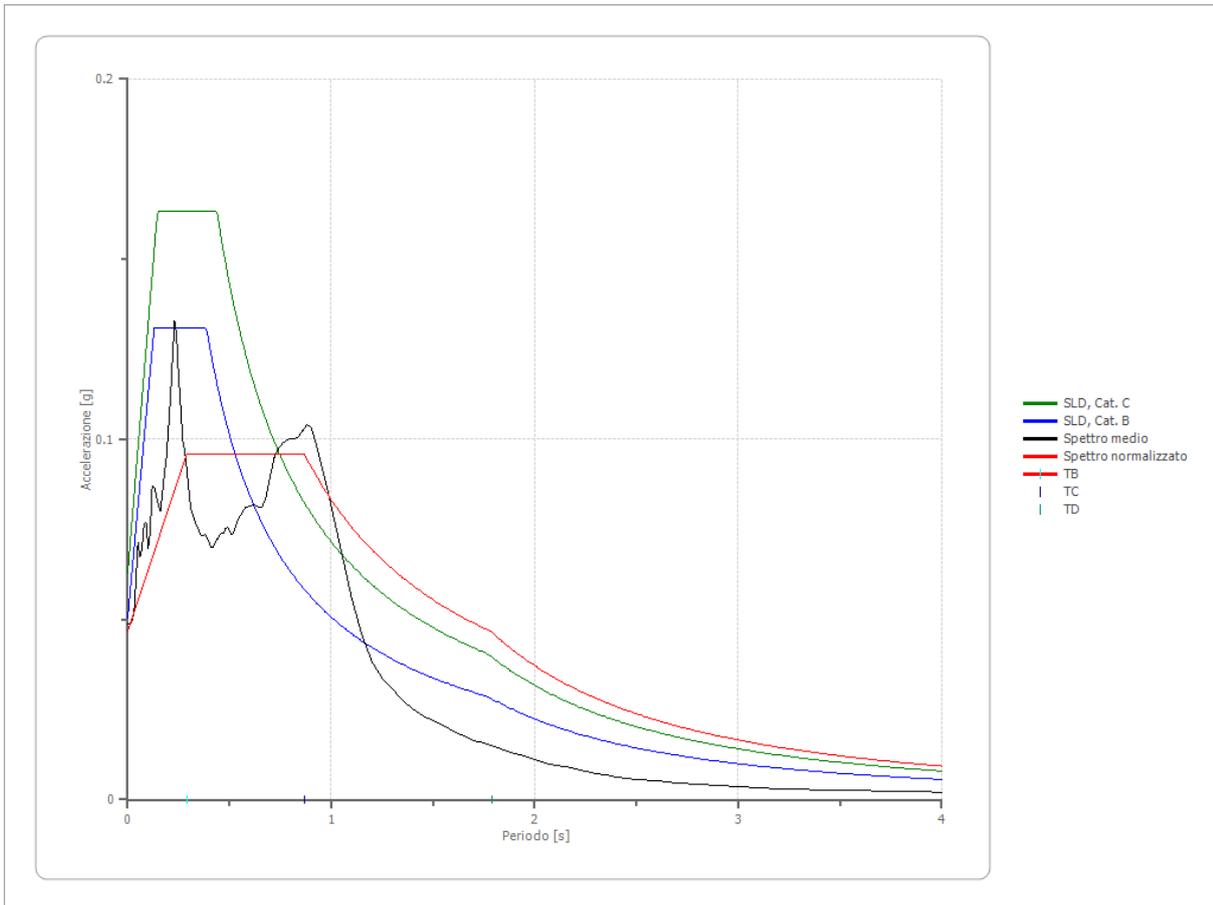


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardi a vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.080	0.094	0.035	0.042	0.080	0.094
Fo	2.576	2.595	2.782	2.843	2.576	2.595	2.782	2.843
Tc* [s]	0.245	0.271	0.33	0.346	0.245	0.271	0.33	0.346
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	1.46	1.43	1.37	1.36
TB [s]	0.136	0.146	0.167	0.172	0.119	0.129	0.151	0.157
TC [s]	0.409	0.438	0.500	0.516	0.357	0.387	0.453	0.471
TD [s]	1.740	1.768	1.920	1.976	1.740	1.768	1.920	1.976
Se(0) [g]	0.053	0.063	0.120	0.141	0.042	0.050	0.096	0.113
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.334	0.401	0.108	0.131	0.267	0.321

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00



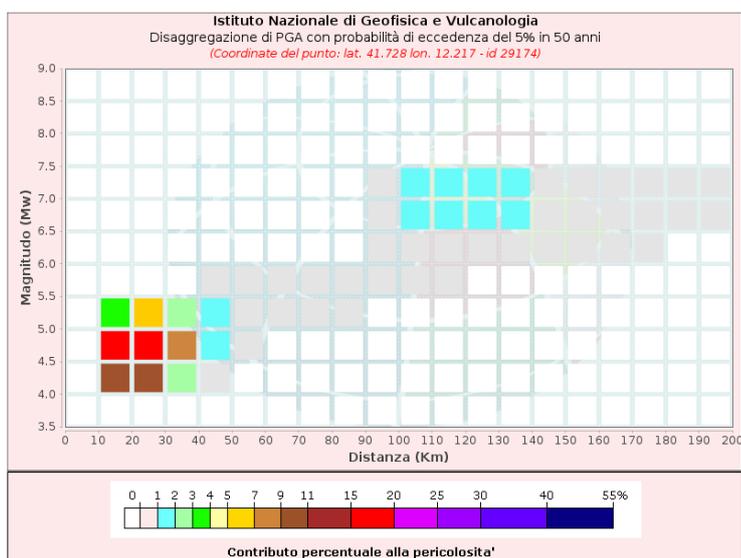
RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

3.4 RSL – SLV

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.744215
	long.: 12.222827
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 75 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso c_u : 1,5
	Tempo di Ritorno TR: 712
	Stati limite di riferimento: SLV
Probabilità superamento P_{VR} :	5% (SLV)

DISAGGREGAZIONE PER SLV:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelerometrico Italiano – ITACA – http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI

P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

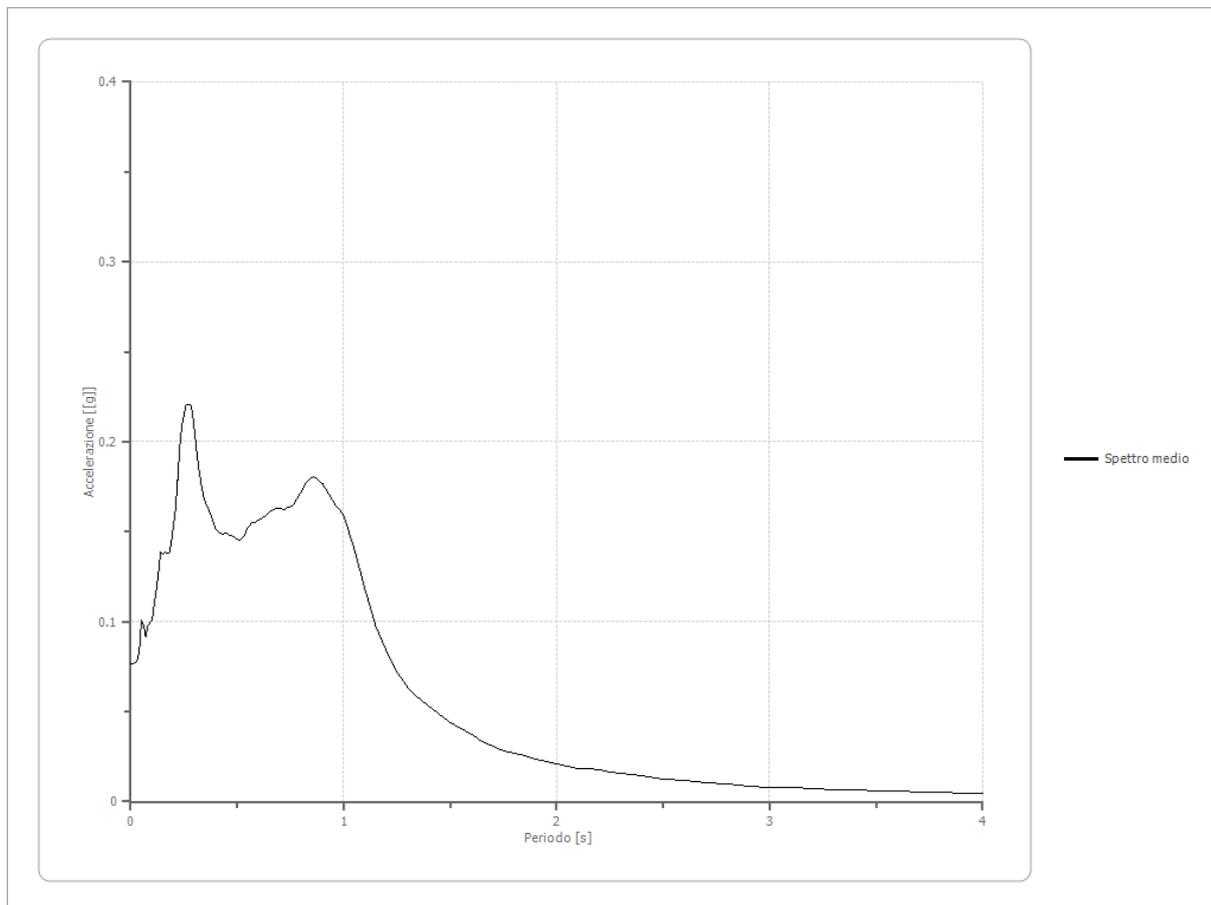
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.680 [s]
Tao	0.260 [s]
Tvo	0.960 [s]
Sami	2.415 [m/s ²]
Svmi	0.133 [m/s]
Samo	1.716 [m/s ²]
Svmo	0.232 [m/s]
Fa	0.711 [-]
Fv	1.744 [-]
TB	0.284 [s]
TC	0.851 [s]
TD	1.892 [s]
SA(0)	0.073 [g]
SA(TB)	0.175 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0765	0.26	0.2205	0.52	0.1460	0.98	0.1626	2.25	0.0166
0.01	0.0765	0.27	0.2204	0.53	0.1475	1.00	0.1594	2.30	0.0158
0.02	0.0772	0.28	0.2203	0.54	0.1499	1.05	0.1402	2.35	0.0150
0.03	0.0785	0.29	0.2158	0.55	0.1522	1.10	0.1176	2.40	0.0142
0.04	0.0828	0.30	0.2052	0.56	0.1540	1.15	0.0977	2.50	0.0127
0.05	0.1008	0.31	0.1939	0.57	0.1551	1.20	0.0841	2.60	0.0116
0.06	0.0980	0.32	0.1845	0.58	0.1552	1.25	0.0720	2.70	0.0106
0.07	0.0914	0.33	0.1766	0.60	0.1568	1.30	0.0634	2.80	0.0096
0.08	0.0976	0.34	0.1701	0.62	0.1575	1.35	0.0577	2.90	0.0086
0.09	0.0997	0.35	0.1664	0.64	0.1598	1.40	0.0527	3.00	0.0079
0.10	0.1006	0.36	0.1637	0.66	0.1615	1.45	0.0483	3.10	0.0075
0.11	0.1097	0.37	0.1612	0.68	0.1632	1.50	0.0438	3.20	0.0071
0.12	0.1177	0.38	0.1577	0.70	0.1630	1.55	0.0403	3.30	0.0067
0.13	0.1269	0.39	0.1542	0.72	0.1625	1.60	0.0370	3.40	0.0063
0.14	0.1385	0.40	0.1511	0.74	0.1634	1.65	0.0337	3.50	0.0059
0.15	0.1375	0.41	0.1497	0.76	0.1644	1.70	0.0308	3.60	0.0056
0.16	0.1390	0.42	0.1493	0.78	0.1684	1.75	0.0284	3.70	0.0053
0.17	0.1381	0.43	0.1488	0.80	0.1724	1.80	0.0268	3.80	0.0051
0.18	0.1385	0.44	0.1489	0.82	0.1767	1.85	0.0253	3.90	0.0048
0.19	0.1432	0.45	0.1491	0.84	0.1796	1.90	0.0236	4.00	0.0045
0.20	0.1533	0.46	0.1482	0.86	0.1805	1.95	0.0221		
0.21	0.1628	0.47	0.1478	0.88	0.1789	2.00	0.0208		
0.22	0.1789	0.48	0.1471	0.90	0.1767	2.05	0.0193		
0.23	0.1976	0.49	0.1469	0.92	0.1731	2.10	0.0187		
0.24	0.2092	0.50	0.1460	0.94	0.1689	2.15	0.0181		
0.25	0.2155	0.51	0.1456	0.96	0.1652	2.20	0.0174		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

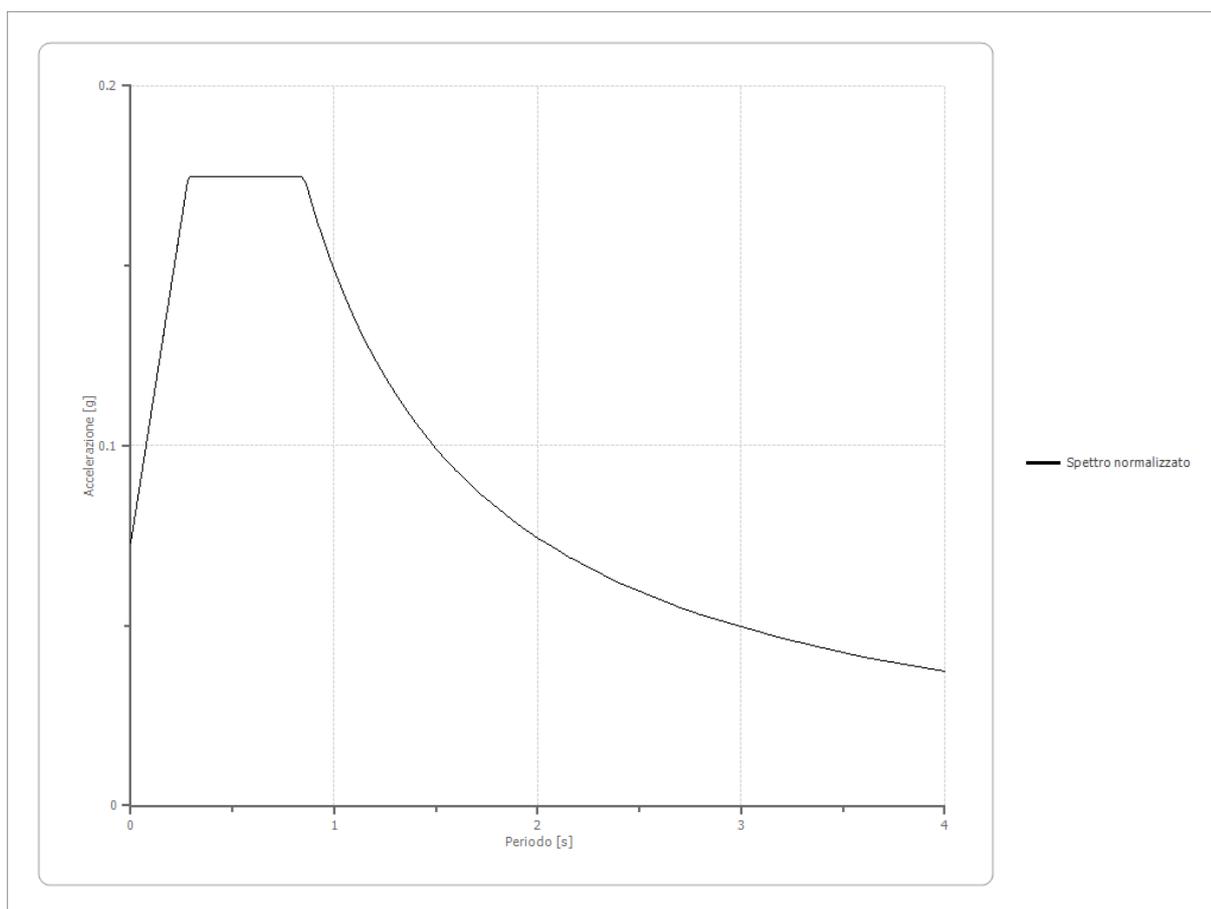


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0729	0.26	0.1665	0.52	0.1749	0.98	0.1519	2.25	0.0661
0.01	0.0765	0.27	0.1701	0.53	0.1749	1.00	0.1488	2.30	0.0647
0.02	0.0801	0.28	0.1737	0.54	0.1749	1.05	0.1417	2.35	0.0633
0.03	0.0837	0.29	0.1749	0.55	0.1749	1.10	0.1353	2.40	0.0620
0.04	0.0873	0.30	0.1749	0.56	0.1749	1.15	0.1294	2.50	0.0595
0.05	0.0909	0.31	0.1749	0.57	0.1749	1.20	0.1240	2.60	0.0572
0.06	0.0945	0.32	0.1749	0.58	0.1749	1.25	0.1191	2.70	0.0551
0.07	0.0981	0.33	0.1749	0.60	0.1749	1.30	0.1145	2.80	0.0532
0.08	0.1017	0.34	0.1749	0.62	0.1749	1.35	0.1102	2.90	0.0513
0.09	0.1053	0.35	0.1749	0.64	0.1749	1.40	0.1063	3.00	0.0496
0.10	0.1089	0.36	0.1749	0.66	0.1749	1.45	0.1026	3.10	0.0480
0.11	0.1125	0.37	0.1749	0.68	0.1749	1.50	0.0992	3.20	0.0465
0.12	0.1161	0.38	0.1749	0.70	0.1749	1.55	0.0960	3.30	0.0451
0.13	0.1197	0.39	0.1749	0.72	0.1749	1.60	0.0930	3.40	0.0438

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

0.14	0.1233	0.40	0.1749	0.74	0.1749	1.65	0.0902	3.50	0.0425
0.15	0.1269	0.41	0.1749	0.76	0.1749	1.70	0.0875	3.60	0.0413
0.16	0.1305	0.42	0.1749	0.78	0.1749	1.75	0.0850	3.70	0.0402
0.17	0.1341	0.43	0.1749	0.80	0.1749	1.80	0.0827	3.80	0.0392
0.18	0.1377	0.44	0.1749	0.82	0.1749	1.85	0.0804	3.90	0.0382
0.19	0.1413	0.45	0.1749	0.84	0.1749	1.90	0.0783	4.00	0.0372
0.20	0.1449	0.46	0.1749	0.86	0.1731	1.95	0.0763		
0.21	0.1485	0.47	0.1749	0.88	0.1691	2.00	0.0744		
0.22	0.1521	0.48	0.1749	0.90	0.1654	2.05	0.0726		
0.23	0.1557	0.49	0.1749	0.92	0.1618	2.10	0.0709		
0.24	0.1593	0.50	0.1749	0.94	0.1583	2.15	0.0692		
0.25	0.1629	0.51	0.1749	0.96	0.1550	2.20	0.0677		

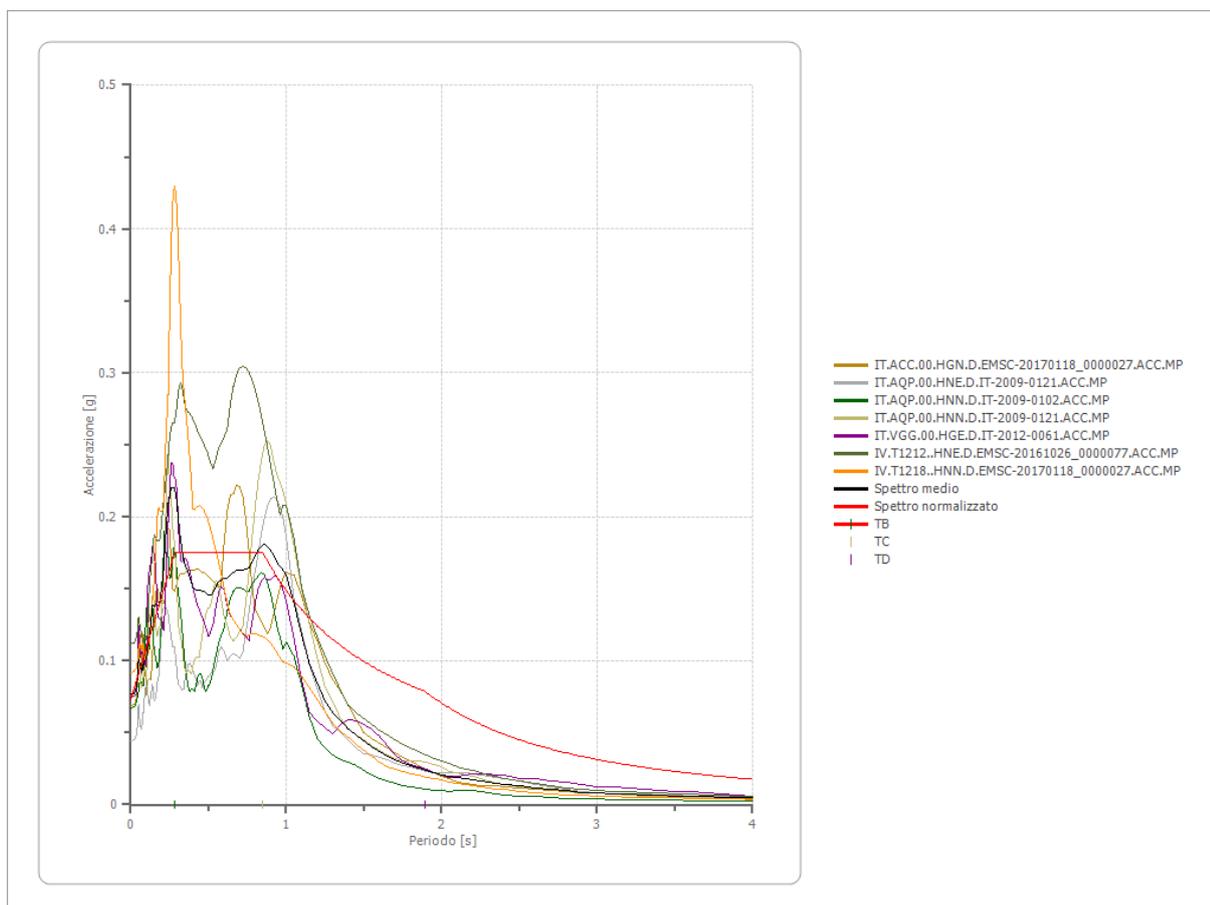


Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.073	2.398827	--	0.284	0.851	1.892	0.073	0.175	0.912

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Confronto tra gli spettri

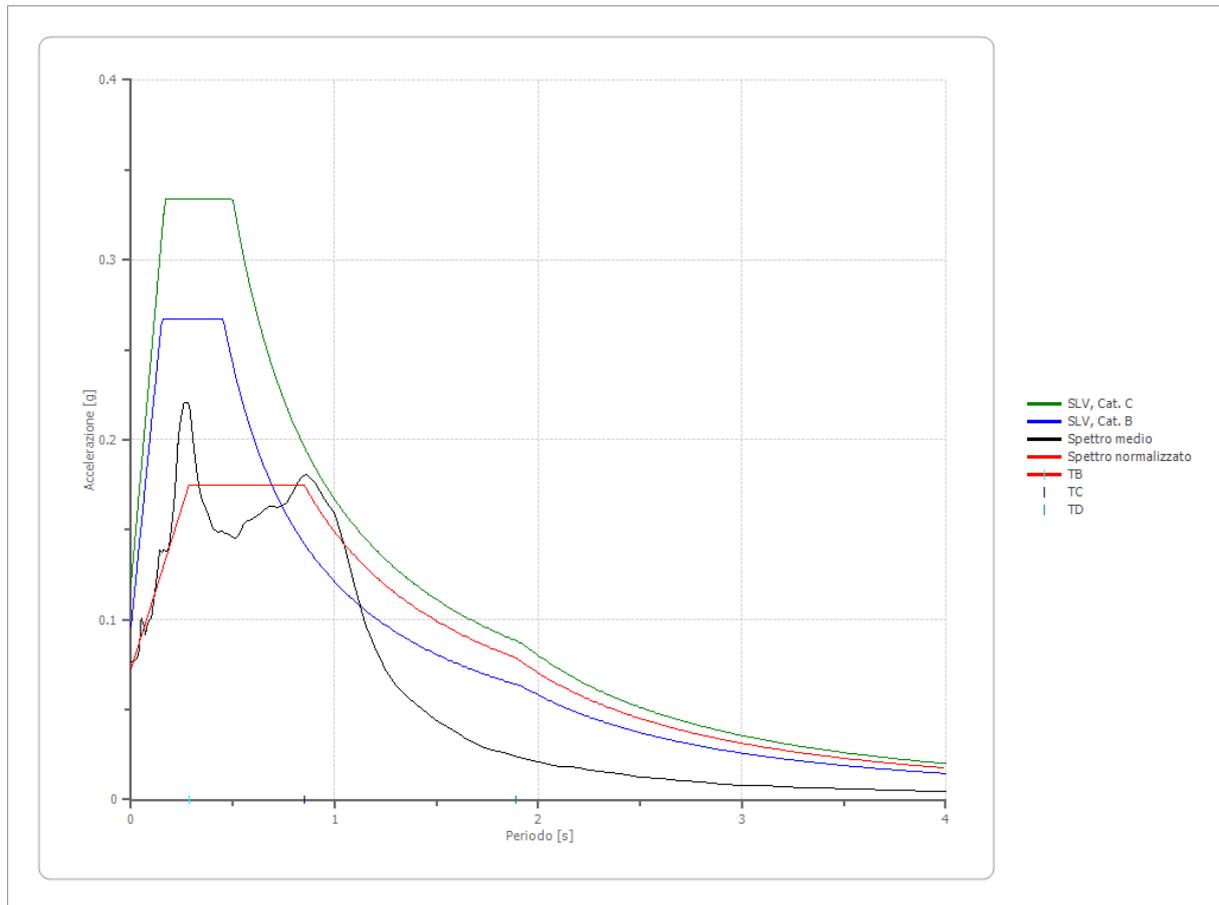


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardi a vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.080	0.094	0.035	0.042	0.080	0.094
Fo	2.576	2.595	2.782	2.843	2.576	2.595	2.782	2.843
Tc* [s]	0.245	0.271	0.33	0.346	0.245	0.271	0.33	0.346
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	1.46	1.43	1.37	1.36
TB [s]	0.136	0.146	0.167	0.172	0.119	0.129	0.151	0.157
TC [s]	0.409	0.438	0.500	0.516	0.357	0.387	0.453	0.471
TD [s]	1.740	1.768	1.920	1.976	1.740	1.768	1.920	1.976
Se(0) [g]	0.053	0.063	0.120	0.141	0.042	0.050	0.096	0.113
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.334	0.401	0.108	0.131	0.267	0.321

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00



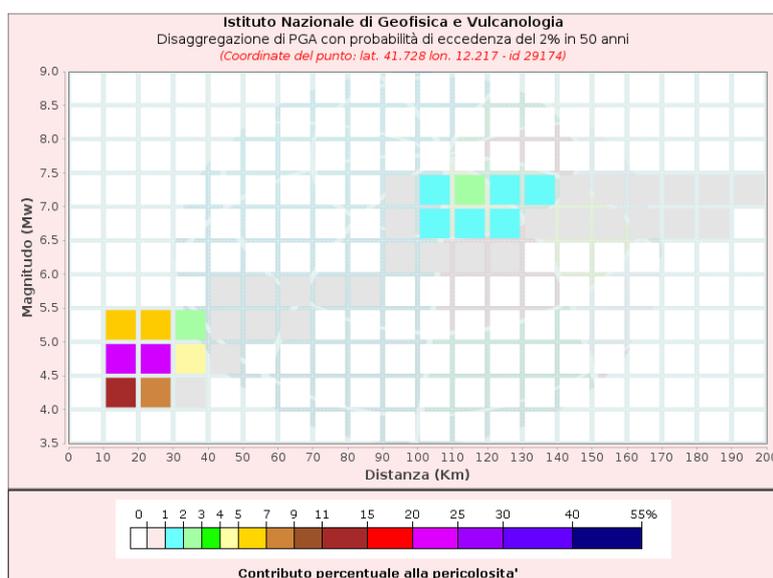
RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

3.5 RSL – SLC

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.744215
	long.: 12.222827
Parametri progettazione:	Vita nominale Vn: 50 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso cu: 1,5
	Tempo di Ritorno TR: 1462
	Stati limite di riferimento: SLC
Probabilità superamento P _{VR} :	5% (SLV)

DISAGGREGAZIONE PER SLC:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelerometrico Italiano – ITACA – http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI

P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

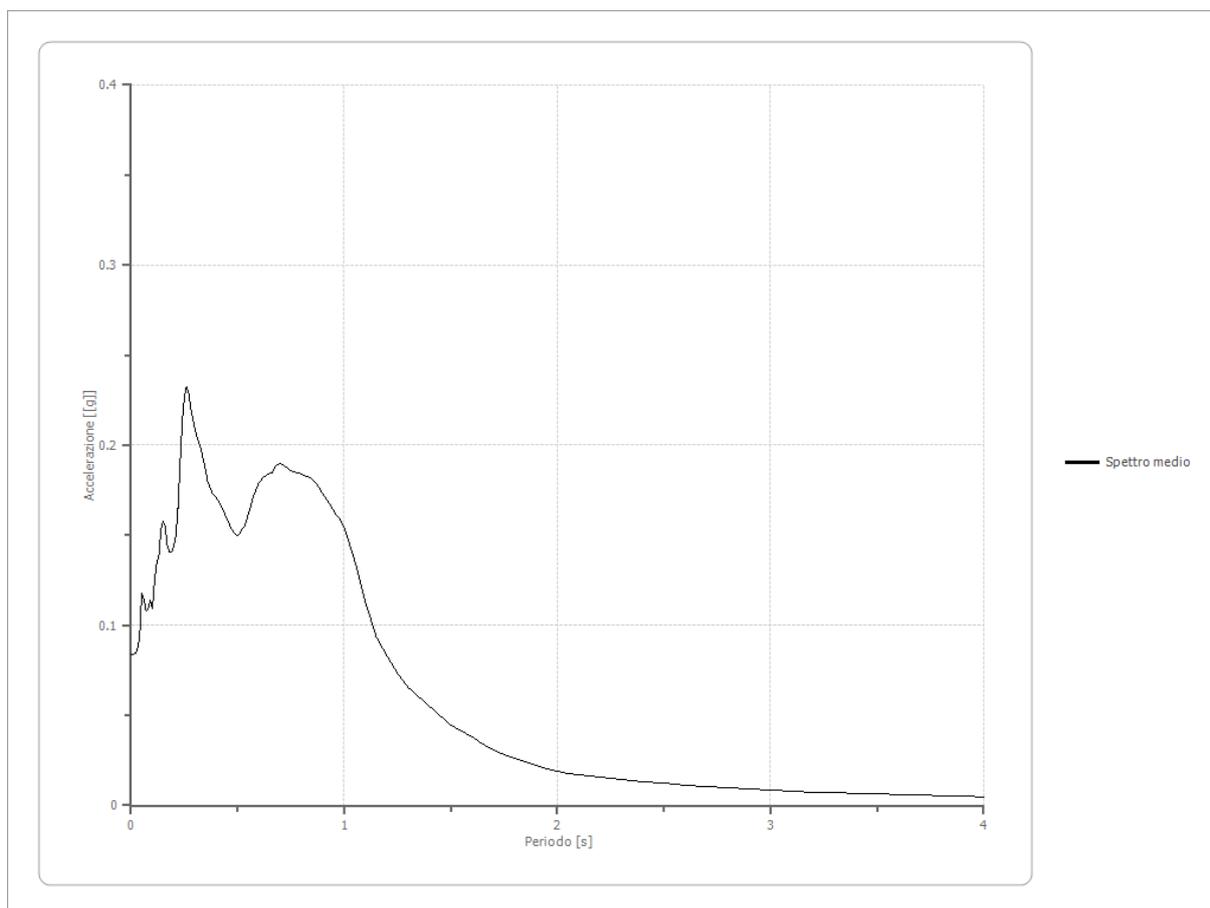
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.130 [s]
Tvi	0.660 [s]
Tao	0.260 [s]
Tvo	0.960 [s]
Sami	2.670 [m/s ²]
Svmi	0.155 [m/s]
Samo	1.792 [m/s ²]
Svmo	0.234 [m/s]
Fa	0.671 [-]
Fv	1.511 [-]
TB	0.273 [s]
TC	0.820 [s]
TD	1.920 [s]
SA(0)	0.080 [g]
SA(TB)	0.183 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0838	0.26	0.2324	0.52	0.1530	0.98	0.1591	2.25	0.0150
0.01	0.0838	0.27	0.2288	0.53	0.1548	1.00	0.1545	2.30	0.0144
0.02	0.0846	0.28	0.2199	0.54	0.1581	1.05	0.1357	2.35	0.0138
0.03	0.0870	0.29	0.2147	0.55	0.1620	1.10	0.1125	2.40	0.0132
0.04	0.0928	0.30	0.2091	0.56	0.1658	1.15	0.0939	2.50	0.0121
0.05	0.1177	0.31	0.2045	0.57	0.1701	1.20	0.0834	2.60	0.0114
0.06	0.1146	0.32	0.2007	0.58	0.1733	1.25	0.0733	2.70	0.0106
0.07	0.1082	0.33	0.1969	0.60	0.1793	1.30	0.0652	2.80	0.0098
0.08	0.1094	0.34	0.1913	0.62	0.1818	1.35	0.0602	2.90	0.0090
0.09	0.1138	0.35	0.1856	0.64	0.1840	1.40	0.0548	3.00	0.0083
0.10	0.1094	0.36	0.1795	0.66	0.1844	1.45	0.0496	3.10	0.0078
0.11	0.1246	0.37	0.1765	0.68	0.1884	1.50	0.0447	3.20	0.0074
0.12	0.1344	0.38	0.1733	0.70	0.1898	1.55	0.0412	3.30	0.0070
0.13	0.1378	0.39	0.1723	0.72	0.1888	1.60	0.0378	3.40	0.0067
0.14	0.1535	0.40	0.1710	0.74	0.1864	1.65	0.0343	3.50	0.0063
0.15	0.1576	0.41	0.1690	0.76	0.1852	1.70	0.0308	3.60	0.0060
0.16	0.1550	0.42	0.1667	0.78	0.1846	1.75	0.0281	3.70	0.0056
0.17	0.1440	0.43	0.1643	0.80	0.1838	1.80	0.0260	3.80	0.0053
0.18	0.1407	0.44	0.1617	0.82	0.1823	1.85	0.0240	3.90	0.0051
0.19	0.1410	0.45	0.1590	0.84	0.1819	1.90	0.0221	4.00	0.0048
0.20	0.1431	0.46	0.1564	0.86	0.1803	1.95	0.0204		
0.21	0.1500	0.47	0.1539	0.88	0.1767	2.00	0.0189		
0.22	0.1650	0.48	0.1519	0.90	0.1732	2.05	0.0177		
0.23	0.1904	0.49	0.1506	0.92	0.1697	2.10	0.0170		
0.24	0.2133	0.50	0.1501	0.94	0.1654	2.15	0.0163		
0.25	0.2267	0.51	0.1512	0.96	0.1618	2.20	0.0156		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

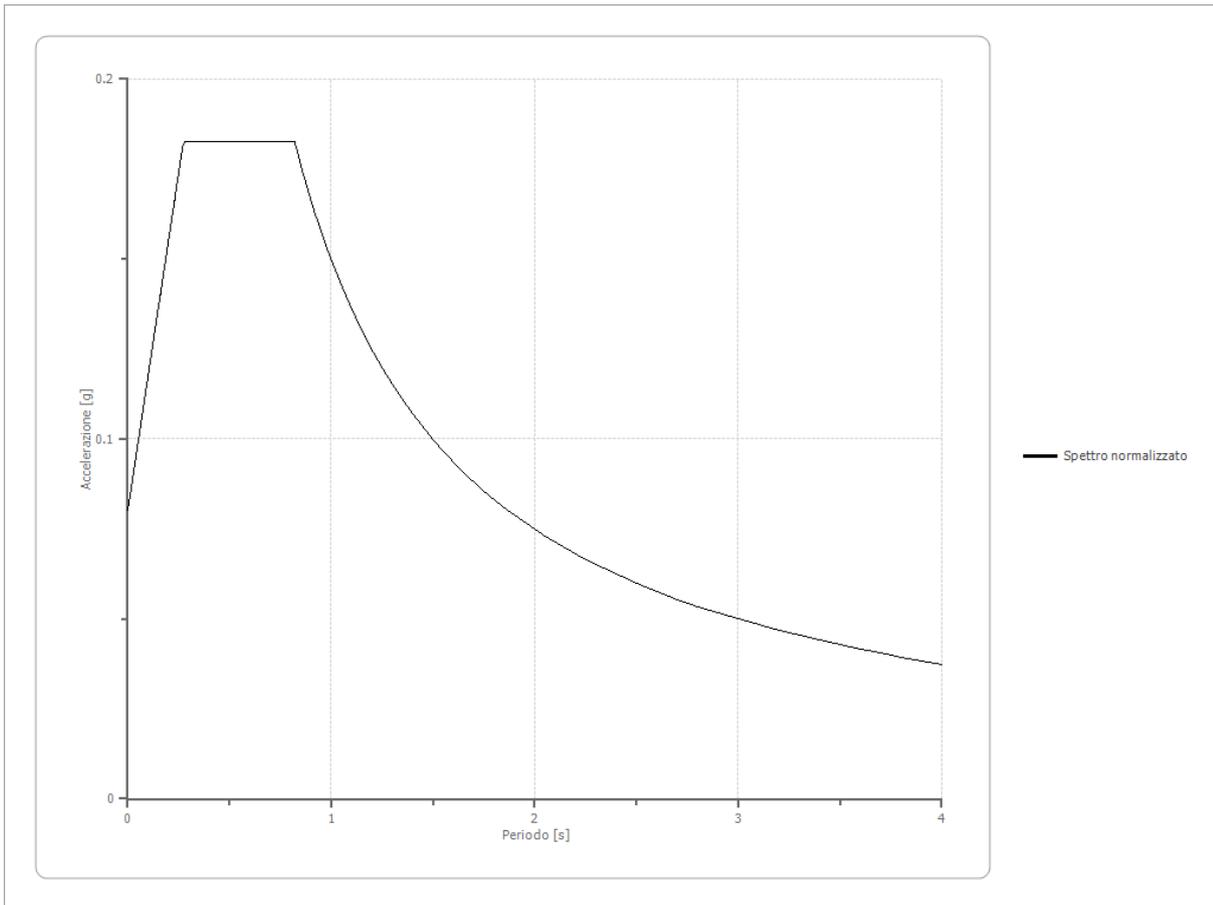


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0801	0.26	0.1776	0.52	0.1826	0.98	0.1528	2.25	0.0666
0.01	0.0838	0.27	0.1814	0.53	0.1826	1.00	0.1498	2.30	0.0651
0.02	0.0876	0.28	0.1826	0.54	0.1826	1.05	0.1426	2.35	0.0637
0.03	0.0913	0.29	0.1826	0.55	0.1826	1.10	0.1361	2.40	0.0624
0.04	0.0951	0.30	0.1826	0.56	0.1826	1.15	0.1302	2.50	0.0599
0.05	0.0988	0.31	0.1826	0.57	0.1826	1.20	0.1248	2.60	0.0576
0.06	0.1026	0.32	0.1826	0.58	0.1826	1.25	0.1198	2.70	0.0555
0.07	0.1063	0.33	0.1826	0.60	0.1826	1.30	0.1152	2.80	0.0535
0.08	0.1101	0.34	0.1826	0.62	0.1826	1.35	0.1109	2.90	0.0516
0.09	0.1138	0.35	0.1826	0.64	0.1826	1.40	0.1070	3.00	0.0499
0.10	0.1176	0.36	0.1826	0.66	0.1826	1.45	0.1033	3.10	0.0483
0.11	0.1213	0.37	0.1826	0.68	0.1826	1.50	0.0998	3.20	0.0468
0.12	0.1251	0.38	0.1826	0.70	0.1826	1.55	0.0966	3.30	0.0454
0.13	0.1288	0.39	0.1826	0.72	0.1826	1.60	0.0936	3.40	0.0440
0.14	0.1326	0.40	0.1826	0.74	0.1826	1.65	0.0908	3.50	0.0428

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

0.15	0.1363	0.41	0.1826	0.76	0.1826	1.70	0.0881	3.60	0.0416
0.16	0.1401	0.42	0.1826	0.78	0.1826	1.75	0.0856	3.70	0.0405
0.17	0.1439	0.43	0.1826	0.80	0.1826	1.80	0.0832	3.80	0.0394
0.18	0.1476	0.44	0.1826	0.82	0.1826	1.85	0.0810	3.90	0.0384
0.19	0.1514	0.45	0.1826	0.84	0.1783	1.90	0.0788	4.00	0.0374
0.20	0.1551	0.46	0.1826	0.86	0.1741	1.95	0.0768		
0.21	0.1589	0.47	0.1826	0.88	0.1702	2.00	0.0749		
0.22	0.1626	0.48	0.1826	0.90	0.1664	2.05	0.0731		
0.23	0.1664	0.49	0.1826	0.92	0.1628	2.10	0.0713		
0.24	0.1701	0.50	0.1826	0.94	0.1593	2.15	0.0697		
0.25	0.1739	0.51	0.1826	0.96	0.1560	2.20	0.0681		

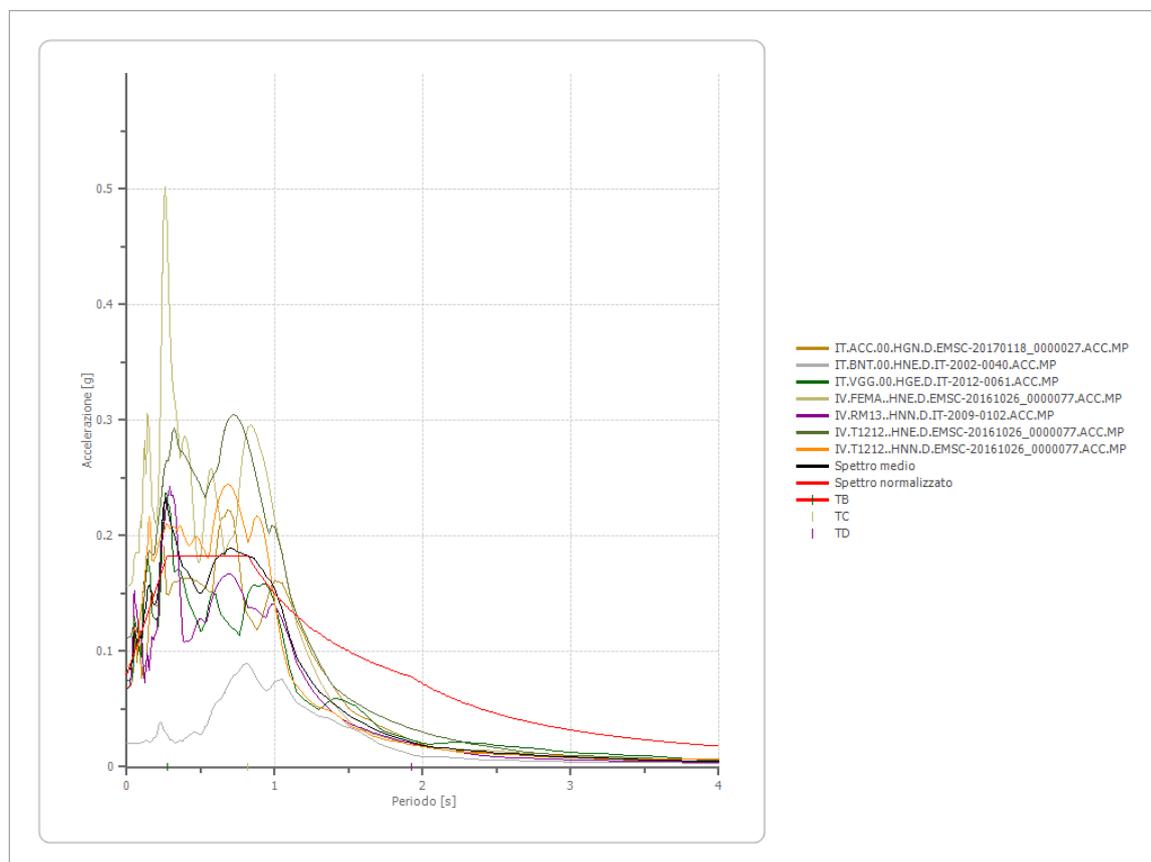


Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.080	2.281439	--	0.273	0.820	1.920	0.080	0.183	0.852

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Confronto tra gli spettri

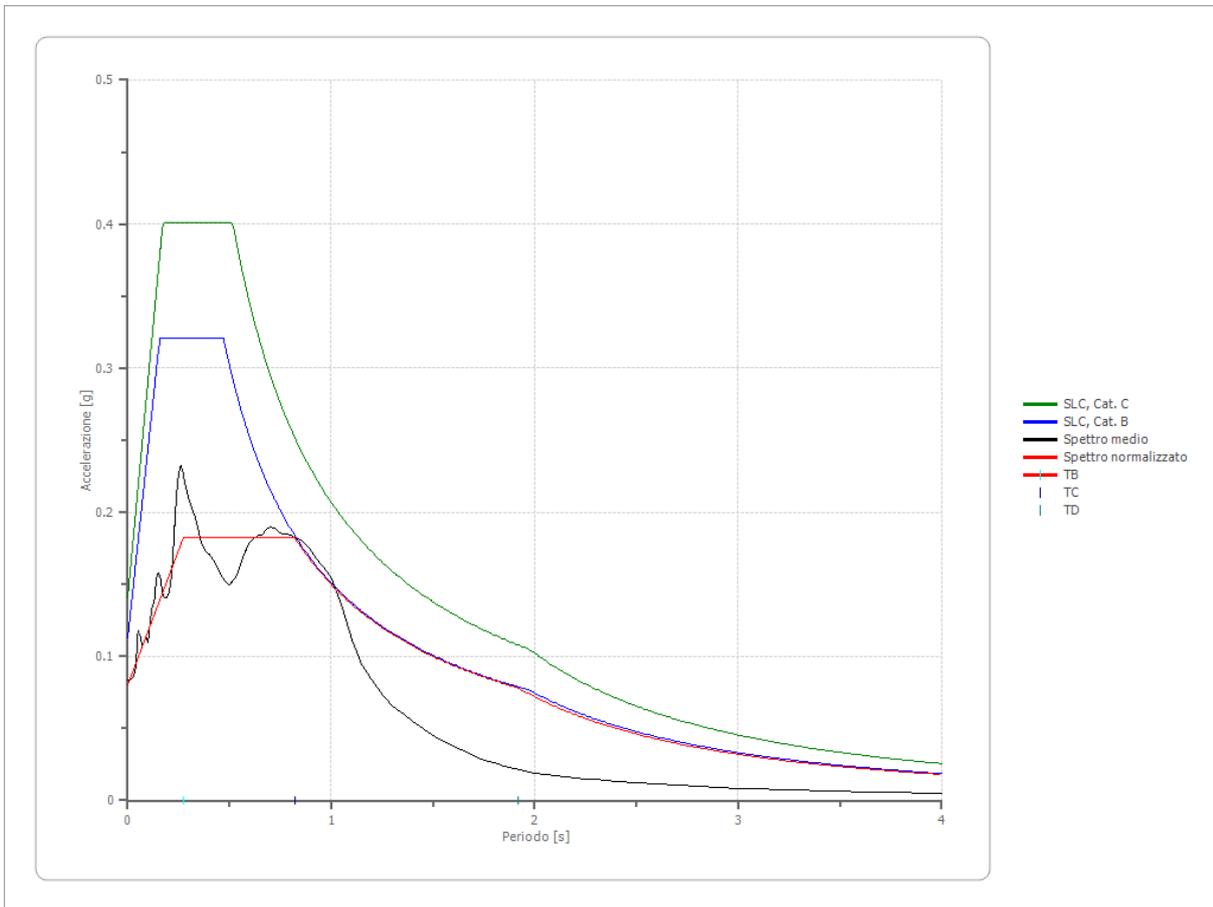


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardi a vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.080	0.094	0.035	0.042	0.080	0.094
Fo	2.576	2.595	2.782	2.843	2.576	2.595	2.782	2.843
Tc* [s]	0.245	0.271	0.33	0.346	0.245	0.271	0.33	0.346
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	1.46	1.43	1.37	1.36
TB [s]	0.136	0.146	0.167	0.172	0.119	0.129	0.151	0.157
TC [s]	0.409	0.438	0.500	0.516	0.357	0.387	0.453	0.471
TD [s]	1.740	1.768	1.920	1.976	1.740	1.768	1.920	1.976
Se(0) [g]	0.053	0.063	0.120	0.141	0.042	0.050	0.096	0.113
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.334	0.401	0.108	0.131	0.267	0.321

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00



3.6 RIEPILOGO RISULTATI RSL

TABELLA PARAMETRI RSL

CLASSE D'USO III VITA NOMINALE 50

STATI LIMITE	Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
	<i>Accelerazione e orizzontale massima in superficie</i>	<i>Fattore di amplificazione e spettrale massima</i>	<i>Periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione e orizzontale</i>	<i>Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante</i>	<i>Periodo corrispondente inizio tratto a velocità costante</i>	<i>Periodo inizio tratto a spostamento costante</i>	<i>Accelerazione Spettro orizzontale al tempo 0</i>	<i>Inizio del tratto Spettro orizzontale ad accelerazione massima e costante</i>
SLO	0.036	2.163281	0.777	0.259	0.777	1.745	0.036	0.079
SLD	0.047	2.040465	0.869	0.290	0.869	1.788	0.047	0.096
SLV	0.073	2.398827	0.851	0.284	0.851	1.892	0.073	0.175
SLC	0.080	2.281439	0.820	0.273	0.820	1.920	0.080	0.183

Deduzioni Risposta Sismica Locale, secondo quanto redatto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018

Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, è stato confrontato lo spettro di risposta medio regolarizzato ottenuto dallo studio di RSL della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni.

L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di RSL e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{min}, e il maggiore, T_{max}, dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica.

In questo intervallo sono state valutate le seguenti due condizioni:

1. lo spettro di RSL supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
2. l'integrale dello spettro di RLS è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Alla luce di ciò, considerando che nessuna delle due condizioni è verificata, è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica di categoria C.

In fase progettuale è comunque consigliabile verificare i periodi di vibrazione di interesse dell'opera con quelli dello spettro di RSL e degli Spettri di Normativa.

4 RISPOSTA SISMICA LOCALE RIFERITA ALL'AREA COSTA BASATA SUL MODELLO DELLE PROVE MASW 2023

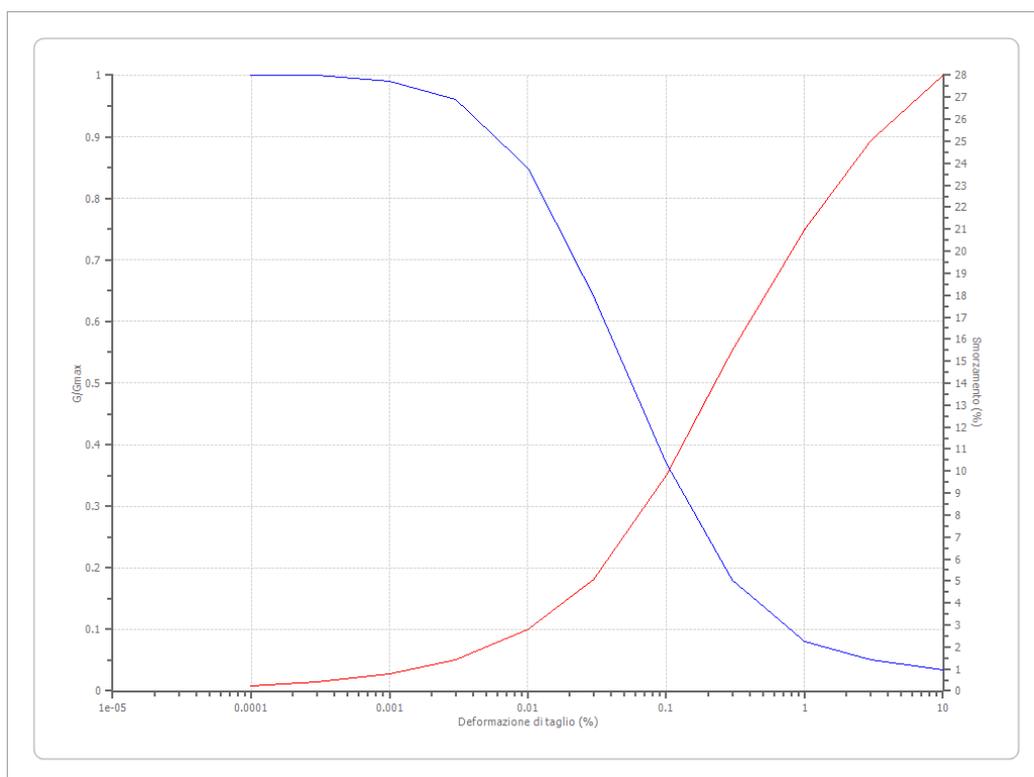
In questo paragrafo si illustrano i risultati di una valutazione della risposta sismica locale basata sui risultati delle prove Masw eseguite sulla costa in una area interessata dalla presenza in affioramento della formazione delle sabbie dunari poggianti sulle argille pleistoceniche,

4.1 DATI DI BASE

Terreni

Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	3.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	34.29	--	16.0	145.0	24.0
2		3.0	12.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	56.15	--	17.0	180.0	150.0
3		15.0	7.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	162.94	--	18.0	298.0	315.0
4		22.0	28.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	199.82	--	18.0	330.0	630.0
5		oo	--	Smorzamento costante	0	998.98	--	20.0	700.0	882.0

Strato rilevamento accelerogramma:

5 Affiorante

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE:

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante l'uso del software RSL III fornito dalla Geostru s.r.l..

La stratigrafia utilizzata per i calcoli è la seguente:

- 0,0 – 3 m dal piano campagna attuale: "Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)" con Vs 145 m/s e p.v. 16.0 kN/m³;
- 3 - 15 m dal piano campagna attuale: "Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)" con Vs 180 m/s e p.v. 21.0 kN/m³;
- 15 - 22 m dal piano campagna attuale: "Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)" con Vs 298 m/s e p.v. 17.0 kN/m³;
- 22 - 50 m dal piano campagna attuale: "Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)" con Vs 330 m/s e p.v. 18.0 kN/m³;
- Da 50 m dal piano campagna attuale: "Bedrock sismico – Smorzamento costante" con Vs 700 m/s e p.v. 20.0 kN/m³;

Sono state utilizzate le curve di decadimento del modulo di taglio e di variazione dello smorzamento rese disponibili dalla Regione Lazio e dal software GEOSTRU RSL.

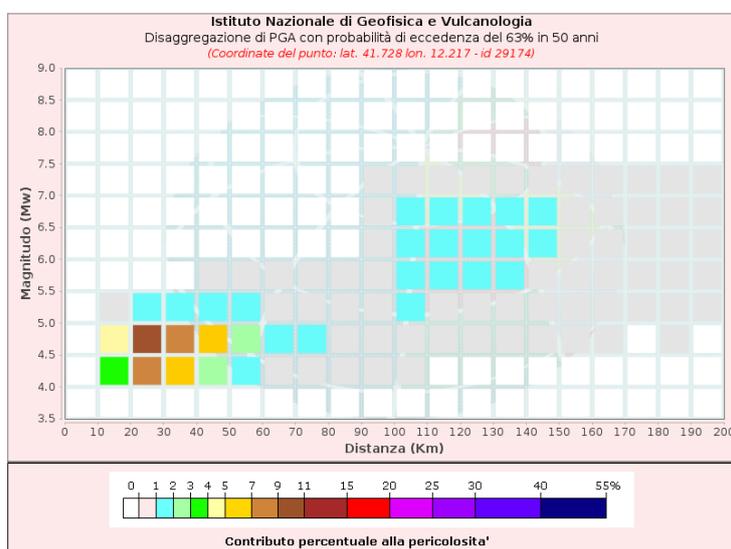
RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

4.2 RSL – SLO

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.752733
	long.: 12.230392
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 50 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso c_u : 1,5
	Tempo di Ritorno T_R : 45
	Stati limite di riferimento: SLO
Probabilità superamento P_{VR} :	63% (SLO)

DISAGGREGAZIONE PER SLO:



DISAGGREGAZIONE PER SLO:

Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

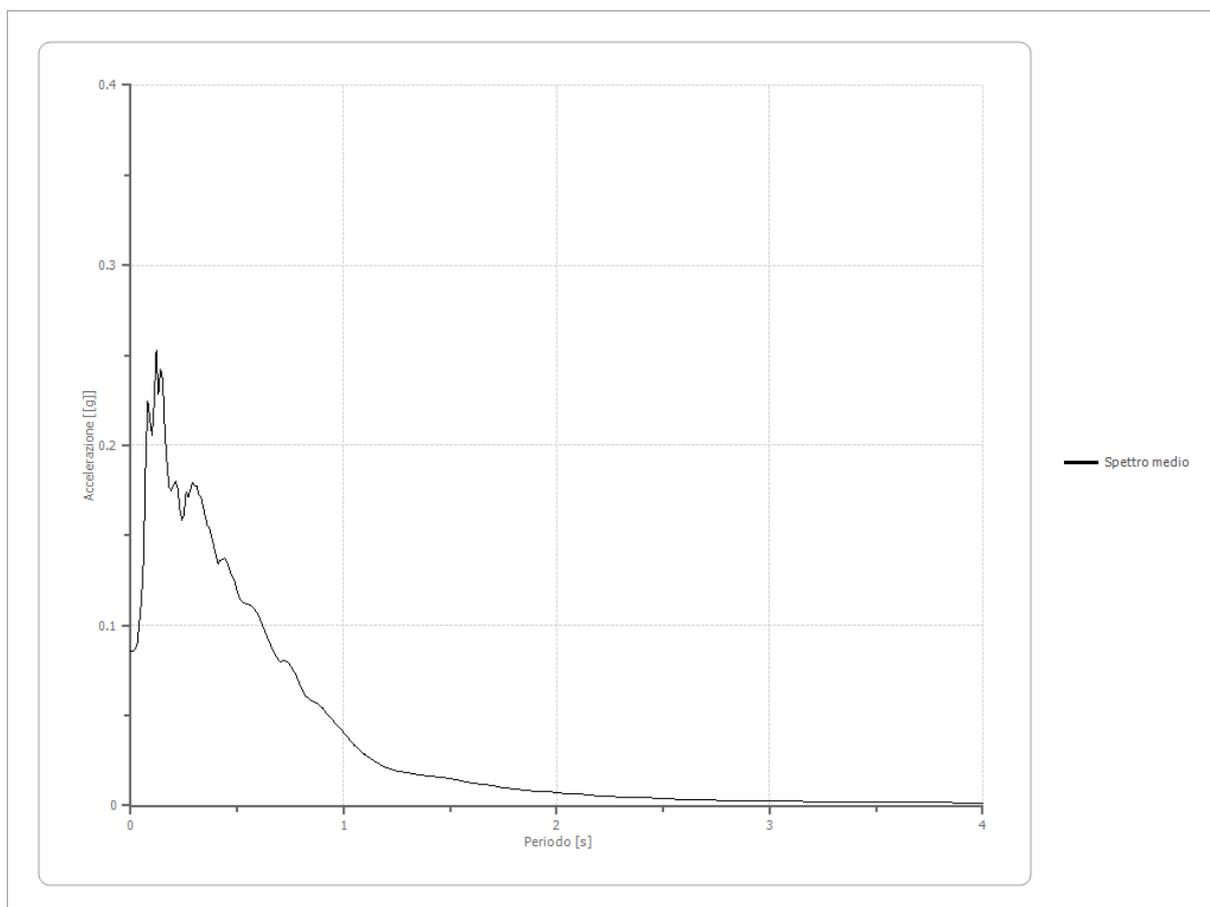
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.080 [s]
Tvi	0.470 [s]
Tao	0.120 [s]
Tvo	0.600 [s]
Sami	0.945 [m/s ²]
Svmi	0.042 [m/s]
Samo	2.105 [m/s ²]
Svmo	0.100 [m/s]
Fa	2.227 [-]
Fv	2.384 [-]
TB	0.100 [s]
TC	0.300 [s]
TD	1.885 [s]
SA(0)	0.071 [g]
SA(TB)	0.215 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0857	0.26	0.1739	0.52	0.1137	0.98	0.0433	2.25	0.0051
0.01	0.0857	0.27	0.1717	0.53	0.1127	1.00	0.0405	2.30	0.0048
0.02	0.0873	0.28	0.1755	0.54	0.1121	1.05	0.0335	2.35	0.0045
0.03	0.0898	0.29	0.1791	0.55	0.1121	1.10	0.0283	2.40	0.0043
0.04	0.1006	0.30	0.1776	0.56	0.1114	1.15	0.0239	2.50	0.0038
0.05	0.1139	0.31	0.1772	0.57	0.1103	1.20	0.0210	2.60	0.0034
0.06	0.1373	0.32	0.1728	0.58	0.1093	1.25	0.0190	2.70	0.0031
0.07	0.1913	0.33	0.1716	0.60	0.1052	1.30	0.0180	2.80	0.0029
0.08	0.2243	0.34	0.1654	0.62	0.0997	1.35	0.0171	2.90	0.0027
0.09	0.2143	0.35	0.1603	0.64	0.0934	1.40	0.0162	3.00	0.0026
0.10	0.2056	0.36	0.1549	0.66	0.0884	1.45	0.0156	3.10	0.0024
0.11	0.2241	0.37	0.1536	0.68	0.0834	1.50	0.0148	3.20	0.0023
0.12	0.2528	0.38	0.1493	0.70	0.0800	1.55	0.0137	3.30	0.0021
0.13	0.2288	0.39	0.1443	0.72	0.0805	1.60	0.0126	3.40	0.0020
0.14	0.2421	0.40	0.1387	0.74	0.0793	1.65	0.0119	3.50	0.0019
0.15	0.2363	0.41	0.1344	0.76	0.0760	1.70	0.0111	3.60	0.0018
0.16	0.2077	0.42	0.1359	0.78	0.0711	1.75	0.0101	3.70	0.0017
0.17	0.1902	0.43	0.1366	0.80	0.0652	1.80	0.0091	3.80	0.0017
0.18	0.1769	0.44	0.1375	0.82	0.0612	1.85	0.0084	3.90	0.0016
0.19	0.1750	0.45	0.1356	0.84	0.0588	1.90	0.0080	4.00	0.0015
0.20	0.1782	0.46	0.1319	0.86	0.0574	1.95	0.0076		
0.21	0.1802	0.47	0.1291	0.88	0.0562	2.00	0.0071		
0.22	0.1767	0.48	0.1263	0.90	0.0541	2.05	0.0067		
0.23	0.1648	0.49	0.1235	0.92	0.0513	2.10	0.0062		
0.24	0.1582	0.50	0.1191	0.94	0.0487	2.15	0.0058		
0.25	0.1620	0.51	0.1151	0.96	0.0459	2.20	0.0054		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

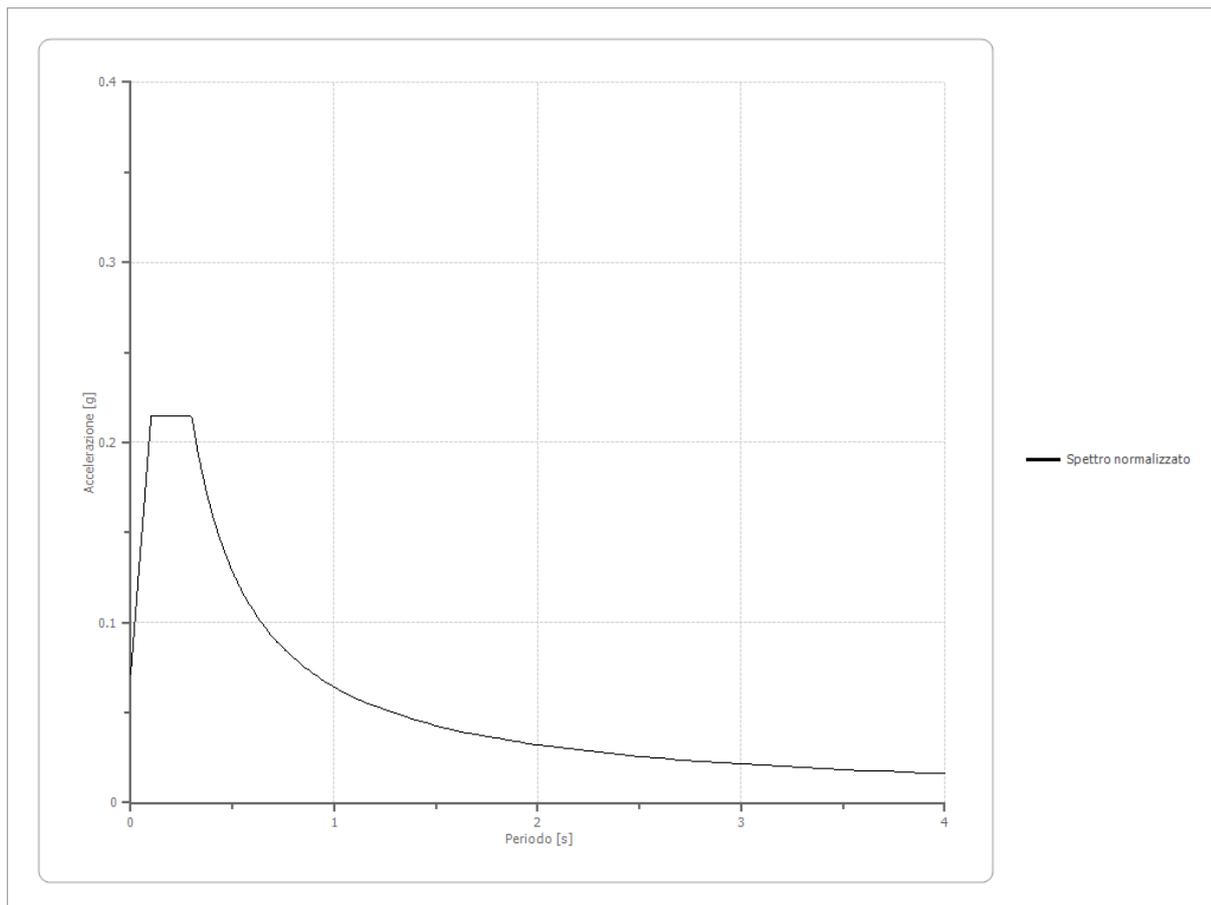


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0713	0.26	0.2146	0.52	0.1236	0.98	0.0656	2.25	0.0286
0.01	0.0857	0.27	0.2146	0.53	0.1213	1.00	0.0643	2.30	0.0279
0.02	0.1000	0.28	0.2146	0.54	0.1190	1.05	0.0612	2.35	0.0273
0.03	0.1144	0.29	0.2146	0.55	0.1168	1.10	0.0584	2.40	0.0268
0.04	0.1287	0.30	0.2142	0.56	0.1148	1.15	0.0559	2.50	0.0257
0.05	0.1430	0.31	0.2073	0.57	0.1127	1.20	0.0536	2.60	0.0247
0.06	0.1574	0.32	0.2008	0.58	0.1108	1.25	0.0514	2.70	0.0238
0.07	0.1717	0.33	0.1947	0.60	0.1071	1.30	0.0494	2.80	0.0230
0.08	0.1861	0.34	0.1890	0.62	0.1037	1.35	0.0476	2.90	0.0222
0.09	0.2004	0.35	0.1836	0.64	0.1004	1.40	0.0459	3.00	0.0214
0.10	0.2146	0.36	0.1785	0.66	0.0974	1.45	0.0443	3.10	0.0207
0.11	0.2146	0.37	0.1737	0.68	0.0945	1.50	0.0428	3.20	0.0201
0.12	0.2146	0.38	0.1691	0.70	0.0918	1.55	0.0415	3.30	0.0195
0.13	0.2146	0.39	0.1648	0.72	0.0893	1.60	0.0402	3.40	0.0189
0.14	0.2146	0.40	0.1607	0.74	0.0868	1.65	0.0389	3.50	0.0184
0.15	0.2146	0.41	0.1567	0.76	0.0846	1.70	0.0378	3.60	0.0179

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

0.16	0.2146	0.42	0.1530	0.78	0.0824	1.75	0.0367	3.70	0.0174
0.17	0.2146	0.43	0.1495	0.80	0.0803	1.80	0.0357	3.80	0.0169
0.18	0.2146	0.44	0.1461	0.82	0.0784	1.85	0.0347	3.90	0.0165
0.19	0.2146	0.45	0.1428	0.84	0.0765	1.90	0.0338	4.00	0.0161
0.20	0.2146	0.46	0.1397	0.86	0.0747	1.95	0.0330		
0.21	0.2146	0.47	0.1367	0.88	0.0730	2.00	0.0321		
0.22	0.2146	0.48	0.1339	0.90	0.0714	2.05	0.0313		
0.23	0.2146	0.49	0.1312	0.92	0.0699	2.10	0.0306		
0.24	0.2146	0.50	0.1285	0.94	0.0684	2.15	0.0299		
0.25	0.2146	0.51	0.1260	0.96	0.0669	2.20	0.0292		

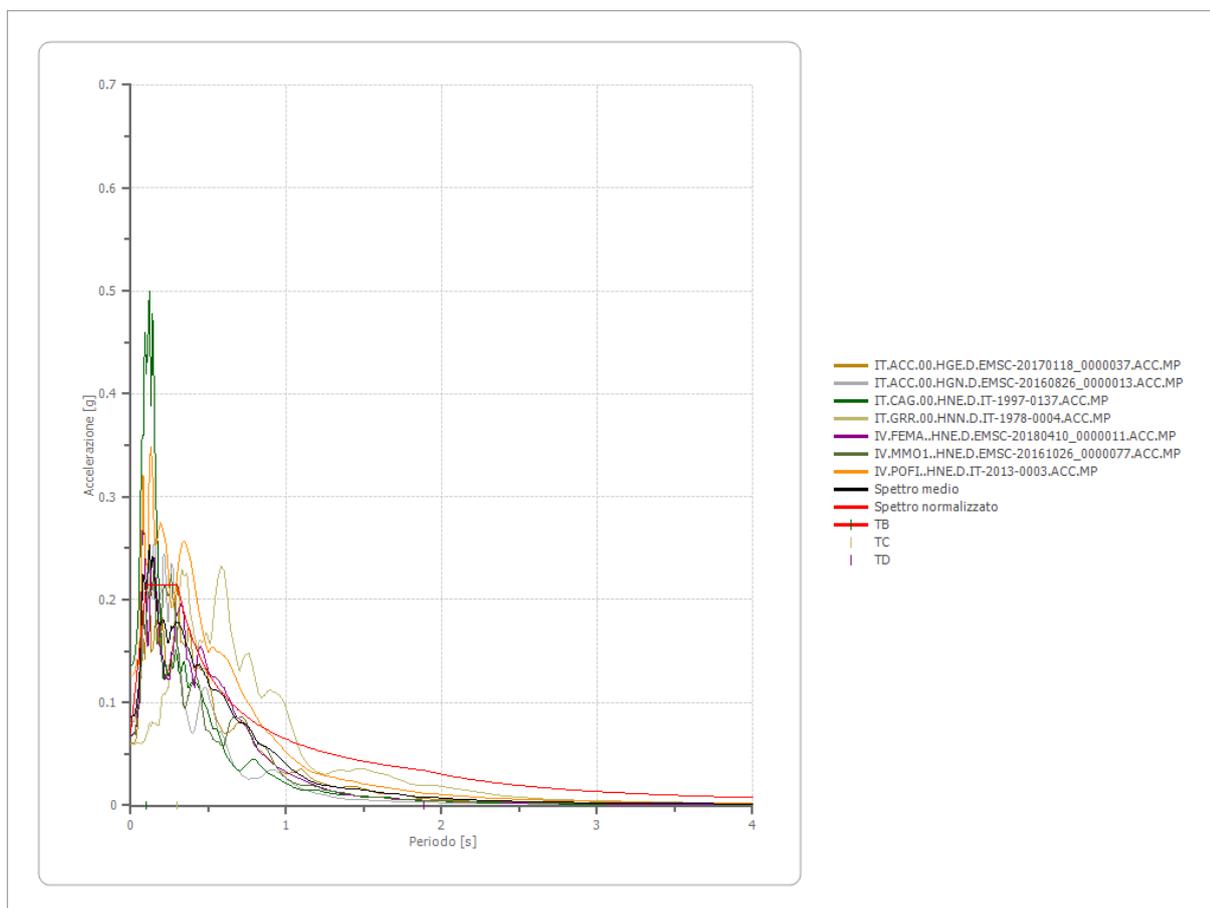


Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.071	3.008277	--	0.100	0.300	1.885	0.071	0.215	2.040

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Confronto tra gli spettri

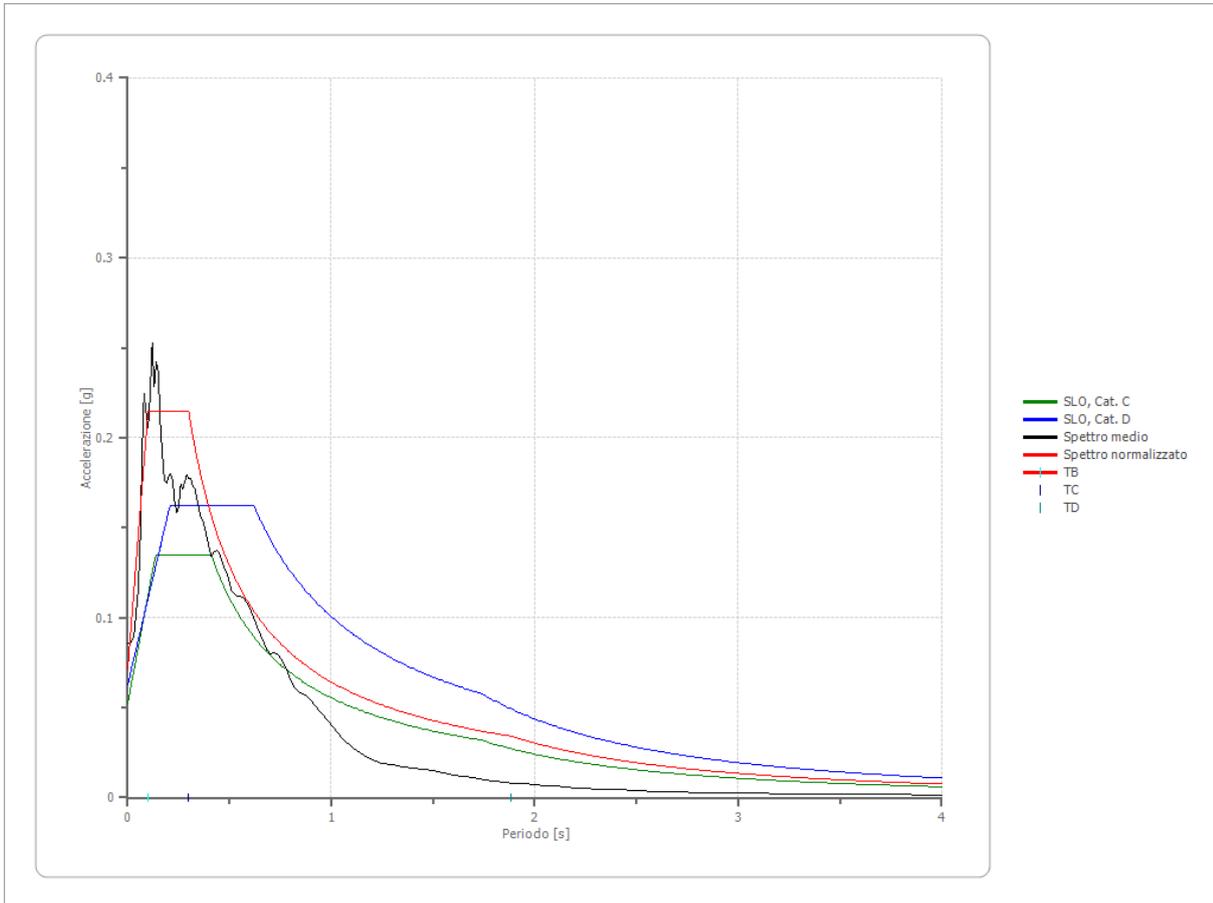


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardi a vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.081	0.096	0.035	0.042	0.081	0.096
Fo	2.576	2.593	2.774	2.833	2.576	2.593	2.774	2.833
Tc* [s]	0.246	0.271	0.33	0.345	0.246	0.271	0.33	0.345
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	2.52	2.40	2.18	2.13
TB [s]	0.137	0.146	0.167	0.172	0.207	0.217	0.239	0.245
TC [s]	0.410	0.438	0.500	0.515	0.620	0.651	0.718	0.734
TD [s]	1.740	1.768	1.924	1.984	1.740	1.768	1.924	1.984
Se(0) [g]	0.052	0.063	0.122	0.144	0.063	0.076	0.146	0.173
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.337	0.408	0.162	0.196	0.405	0.490

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

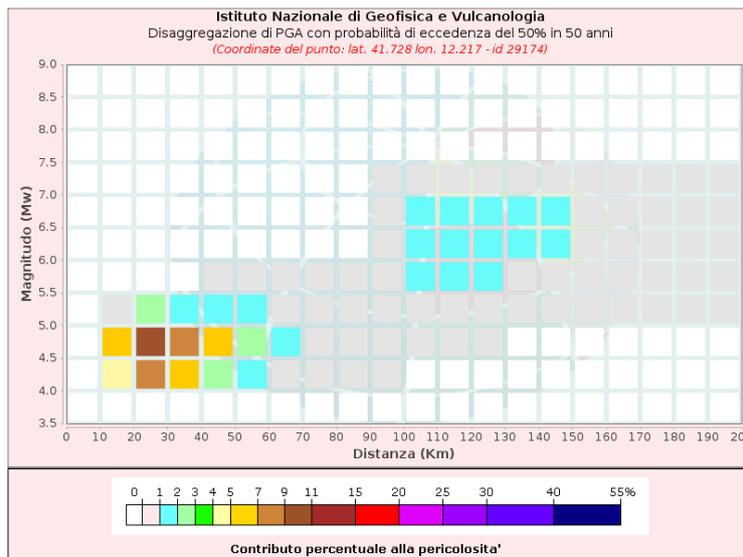


4.3 RSL – SLD

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.752733
	long.: 12.230392
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 75 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso c_u : 1,5
	Tempo di Ritorno TR: 75
	Stati limite di riferimento: SLD
Probabilità superamento P_{VR} :	50% (SLD)

DISAGGREGAZIONE PER SLD:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI

P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

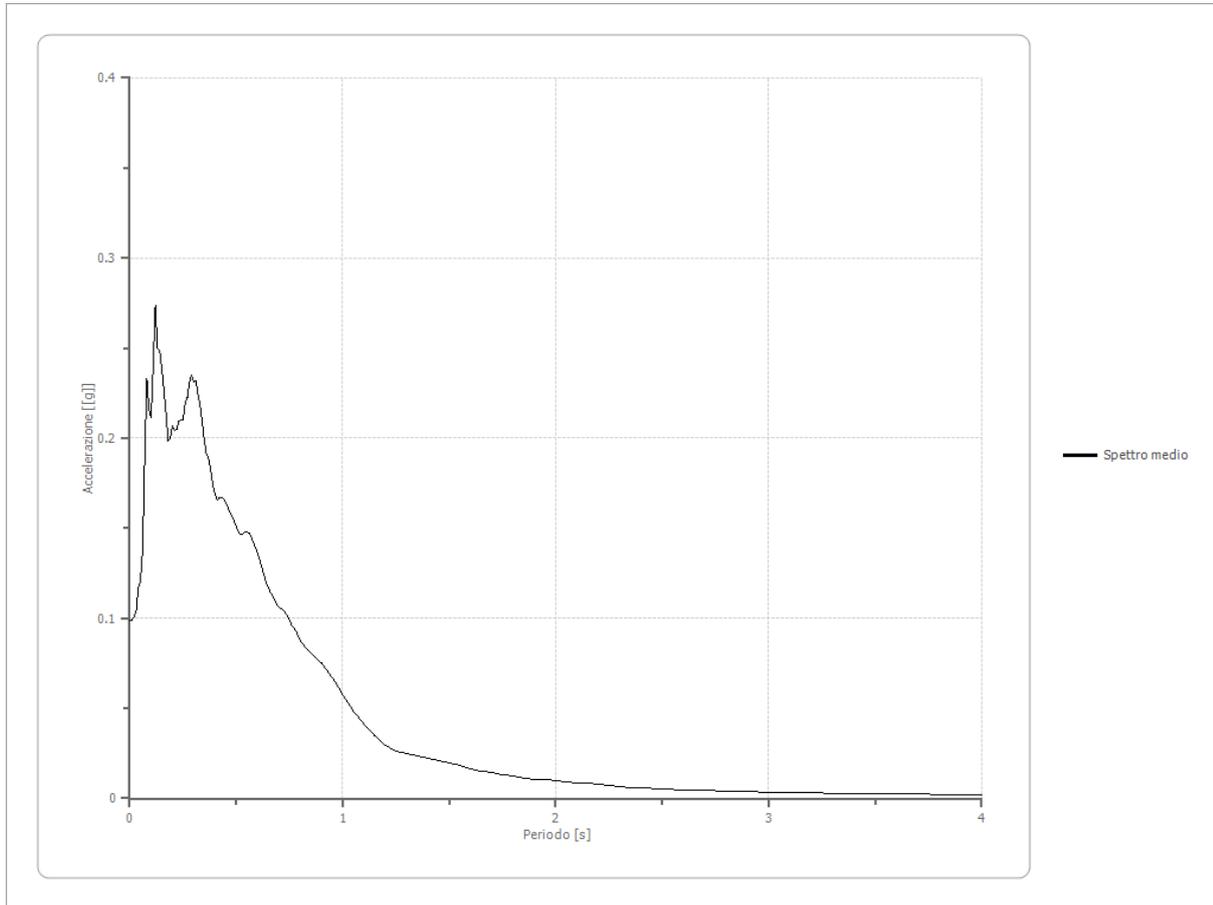
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.230 [s]
Tvi	0.920 [s]
Tao	0.120 [s]
Tvo	0.580 [s]
Sami	1.135 [m/s ²]
Svmi	0.053 [m/s]
Samo	2.216 [m/s ²]
Svmo	0.127 [m/s]
Fa	1.952 [-]
Fv	2.392 [-]
TB	0.120 [s]
TC	0.360 [s]
TD	1.950 [s]
SA(0)	0.087 [g]
SA(TB)	0.226 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0990	0.26	0.2191	0.52	0.1466	0.98	0.0616	2.25	0.0071
0.01	0.0990	0.27	0.2223	0.53	0.1467	1.00	0.0576	2.30	0.0067
0.02	0.1006	0.28	0.2309	0.54	0.1478	1.05	0.0483	2.35	0.0062
0.03	0.1038	0.29	0.2349	0.55	0.1483	1.10	0.0414	2.40	0.0059
0.04	0.1168	0.30	0.2312	0.56	0.1476	1.15	0.0346	2.50	0.0053
0.05	0.1205	0.31	0.2315	0.57	0.1455	1.20	0.0293	2.60	0.0049
0.06	0.1374	0.32	0.2242	0.58	0.1423	1.25	0.0261	2.70	0.0044
0.07	0.1888	0.33	0.2188	0.60	0.1361	1.30	0.0249	2.80	0.0041
0.08	0.2333	0.34	0.2085	0.62	0.1286	1.35	0.0236	2.90	0.0038
0.09	0.2159	0.35	0.1985	0.64	0.1198	1.40	0.0221	3.00	0.0035
0.10	0.2115	0.36	0.1909	0.66	0.1148	1.45	0.0210	3.10	0.0033
0.11	0.2394	0.37	0.1885	0.68	0.1100	1.50	0.0198	3.20	0.0031
0.12	0.2740	0.38	0.1818	0.70	0.1063	1.55	0.0181	3.30	0.0029
0.13	0.2504	0.39	0.1742	0.72	0.1050	1.60	0.0165	3.40	0.0027
0.14	0.2489	0.40	0.1689	0.74	0.1016	1.65	0.0154	3.50	0.0026
0.15	0.2387	0.41	0.1658	0.76	0.0964	1.70	0.0142	3.60	0.0024
0.16	0.2272	0.42	0.1671	0.78	0.0927	1.75	0.0131	3.70	0.0023
0.17	0.2144	0.43	0.1668	0.80	0.0877	1.80	0.0121	3.80	0.0022
0.18	0.1983	0.44	0.1665	0.82	0.0843	1.85	0.0113	3.90	0.0021
0.19	0.1996	0.45	0.1646	0.84	0.0817	1.90	0.0108	4.00	0.0020
0.20	0.2069	0.46	0.1615	0.86	0.0797	1.95	0.0103		
0.21	0.2042	0.47	0.1592	0.88	0.0774	2.00	0.0098		
0.22	0.2048	0.48	0.1566	0.90	0.0752	2.05	0.0093		
0.23	0.2093	0.49	0.1538	0.92	0.0721	2.10	0.0087		
0.24	0.2099	0.50	0.1509	0.94	0.0690	2.15	0.0082		
0.25	0.2101	0.51	0.1482	0.96	0.0654	2.20	0.0077		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

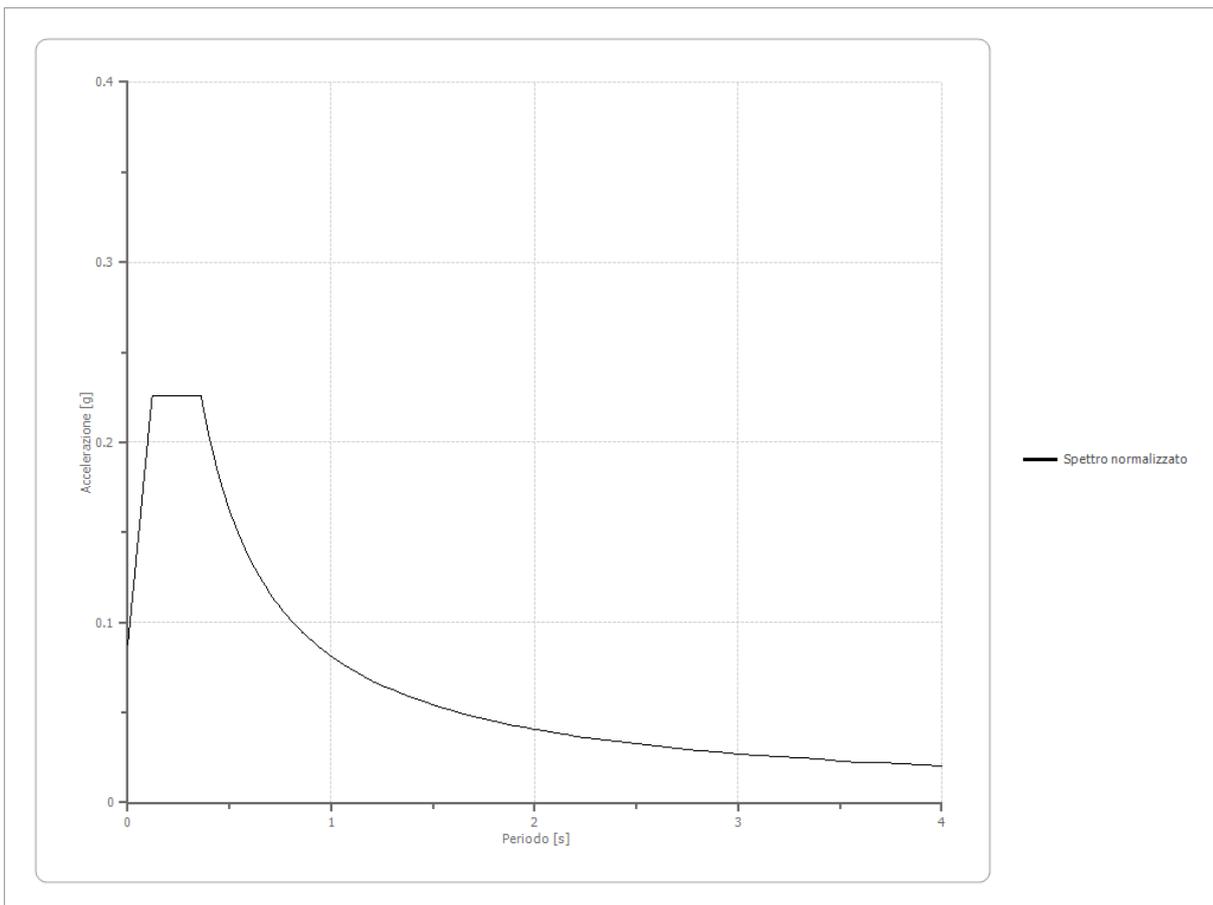


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0875	0.26	0.2259	0.52	0.1563	0.98	0.0829	2.25	0.0361
0.01	0.0990	0.27	0.2259	0.53	0.1534	1.00	0.0813	2.30	0.0353
0.02	0.1106	0.28	0.2259	0.54	0.1505	1.05	0.0774	2.35	0.0346
0.03	0.1221	0.29	0.2259	0.55	0.1478	1.10	0.0739	2.40	0.0339
0.04	0.1336	0.30	0.2259	0.56	0.1452	1.15	0.0707	2.50	0.0325
0.05	0.1452	0.31	0.2259	0.57	0.1426	1.20	0.0677	2.60	0.0313
0.06	0.1567	0.32	0.2259	0.58	0.1402	1.25	0.0650	2.70	0.0301
0.07	0.1682	0.33	0.2259	0.60	0.1355	1.30	0.0625	2.80	0.0290
0.08	0.1798	0.34	0.2259	0.62	0.1311	1.35	0.0602	2.90	0.0280
0.09	0.1913	0.35	0.2259	0.64	0.1270	1.40	0.0581	3.00	0.0271
0.10	0.2028	0.36	0.2258	0.66	0.1232	1.45	0.0561	3.10	0.0262
0.11	0.2144	0.37	0.2197	0.68	0.1195	1.50	0.0542	3.20	0.0254
0.12	0.2259	0.38	0.2139	0.70	0.1161	1.55	0.0524	3.30	0.0246
0.13	0.2259	0.39	0.2084	0.72	0.1129	1.60	0.0508	3.40	0.0239
0.14	0.2259	0.40	0.2032	0.74	0.1098	1.65	0.0493	3.50	0.0232

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

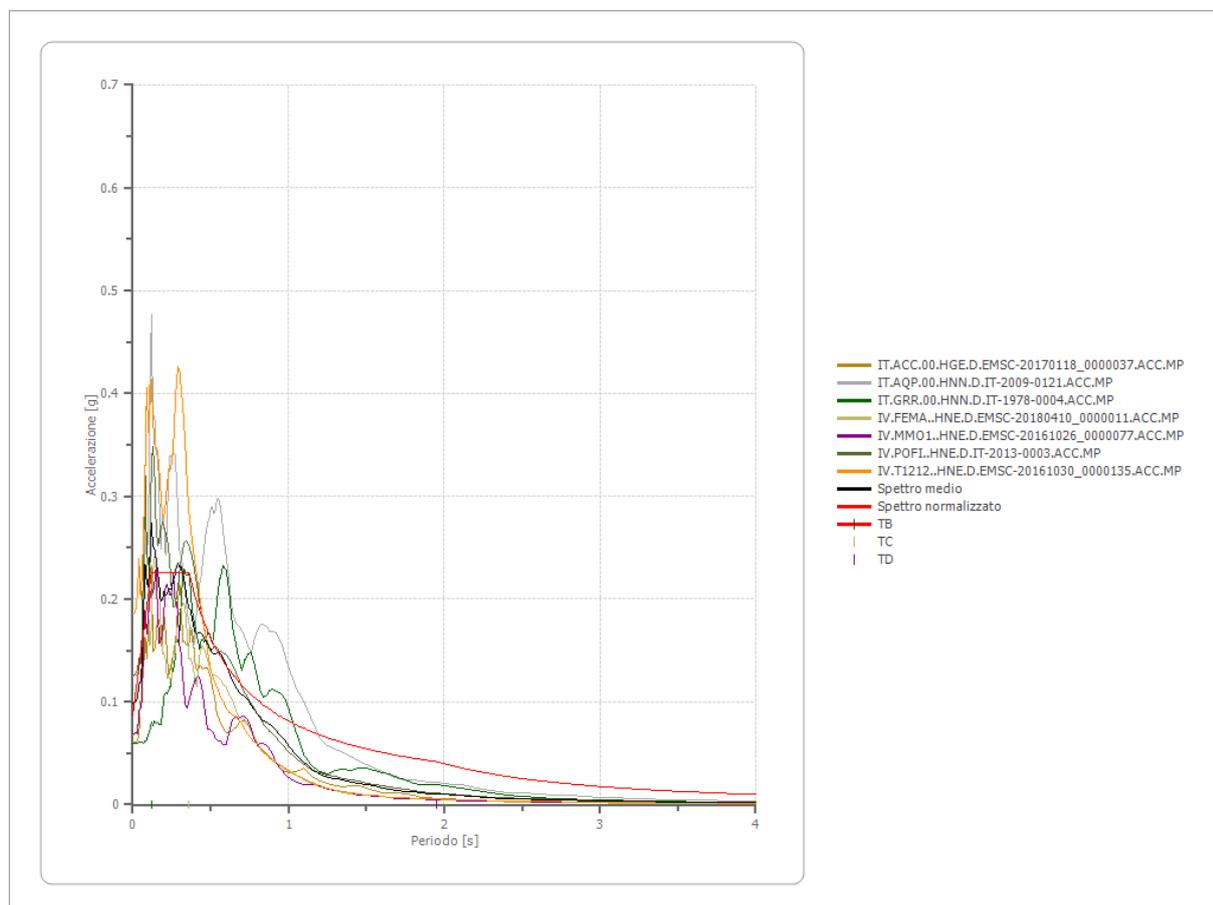
0.15	0.2259	0.41	0.1983	0.76	0.1070	1.70	0.0478	3.60	0.0226
0.16	0.2259	0.42	0.1935	0.78	0.1042	1.75	0.0465	3.70	0.0220
0.17	0.2259	0.43	0.1890	0.80	0.1016	1.80	0.0452	3.80	0.0214
0.18	0.2259	0.44	0.1847	0.82	0.0991	1.85	0.0439	3.90	0.0208
0.19	0.2259	0.45	0.1806	0.84	0.0968	1.90	0.0428	4.00	0.0203
0.20	0.2259	0.46	0.1767	0.86	0.0945	1.95	0.0417		
0.21	0.2259	0.47	0.1730	0.88	0.0924	2.00	0.0406		
0.22	0.2259	0.48	0.1693	0.90	0.0903	2.05	0.0397		
0.23	0.2259	0.49	0.1659	0.92	0.0884	2.10	0.0387		
0.24	0.2259	0.50	0.1626	0.94	0.0865	2.15	0.0378		
0.25	0.2259	0.51	0.1594	0.96	0.0847	2.20	0.0369		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.087	2.581699	--	0.120	0.360	1.950	0.087	0.226	2.083

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

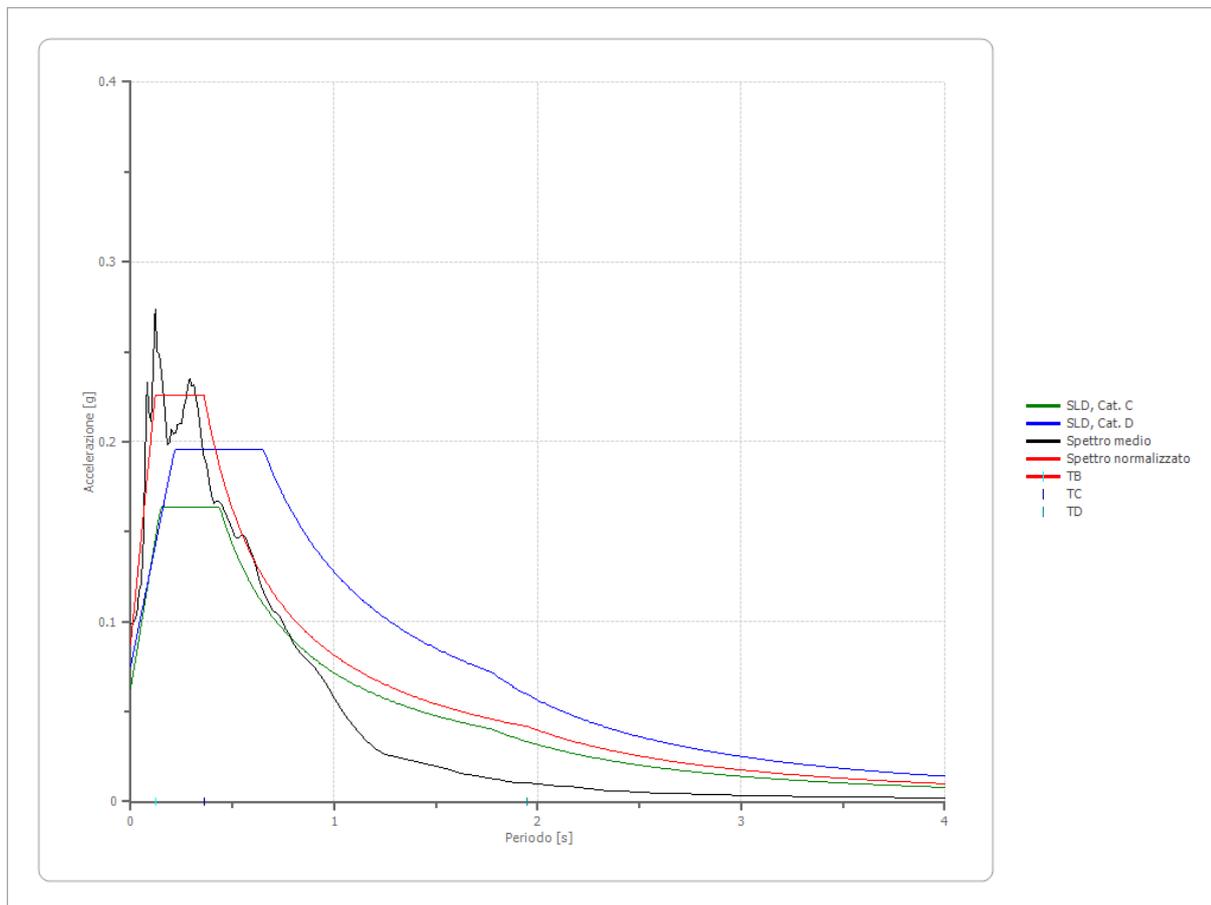


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardi a vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.081	0.096	0.035	0.042	0.081	0.096
Fo	2.576	2.593	2.774	2.833	2.576	2.593	2.774	2.833
Tc* [s]	0.246	0.271	0.33	0.345	0.246	0.271	0.33	0.345
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	2.52	2.40	2.18	2.13
TB [s]	0.137	0.146	0.167	0.172	0.207	0.217	0.239	0.245
TC [s]	0.410	0.438	0.500	0.515	0.620	0.651	0.718	0.734
TD [s]	1.740	1.768	1.924	1.984	1.740	1.768	1.924	1.984
Se(0) [g]	0.052	0.063	0.122	0.144	0.063	0.076	0.146	0.173
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.337	0.408	0.162	0.196	0.405	0.490

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

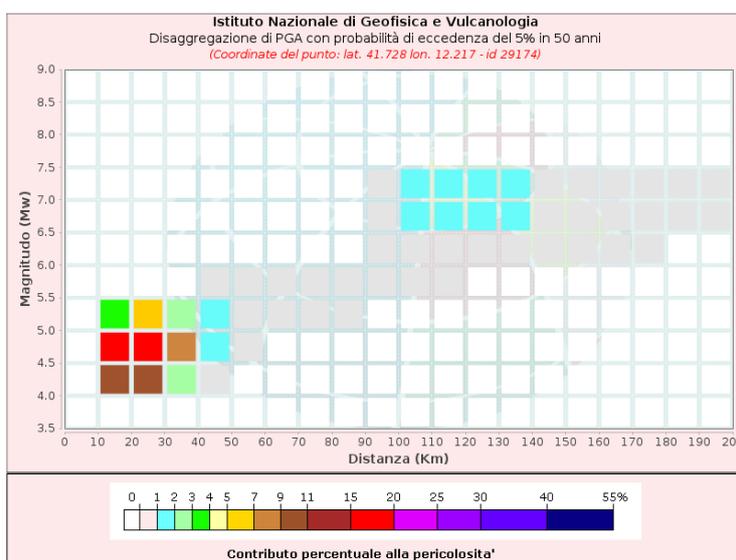


4.4 RSL – SLV

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.752733
	long.: 12.230392
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 75 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso c_u : 1,5
	Tempo di Ritorno TR: 712
	Stati limite di riferimento: SLV
Probabilità superamento P_{VR} :	5% (SLV)

DISAGGREGAZIONE PER SLV:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

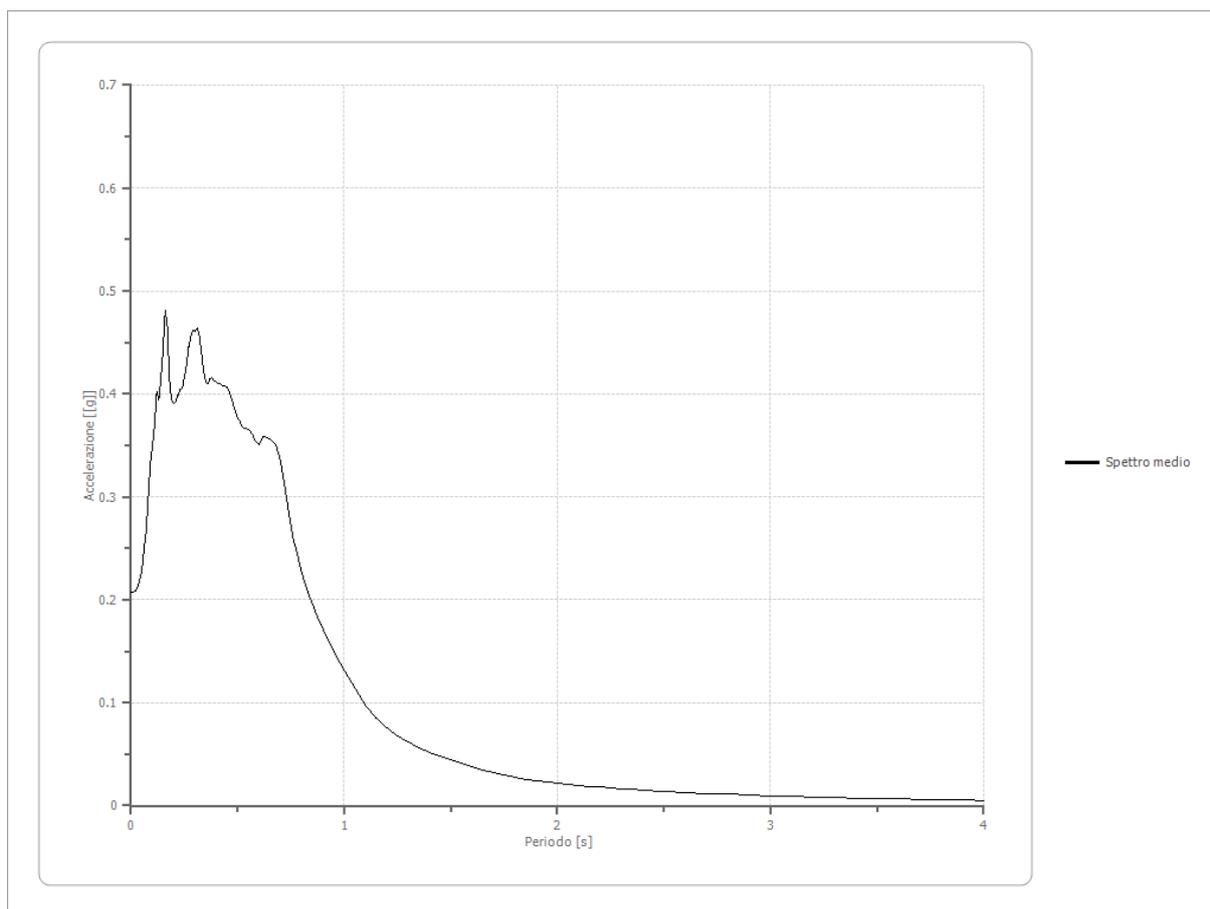
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.680 [s]
Tao	0.160 [s]
Tvo	0.700 [s]
Sami	2.415 [m/s ²]
Svmi	0.133 [m/s]
Samo	3.922 [m/s ²]
Svmo	0.349 [m/s]
Fa	1.624 [-]
Fv	2.618 [-]
TB	0.186 [s]
TC	0.559 [s]
TD	2.387 [s]
SA(0)	0.197 [g]
SA(TB)	0.400 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2076	0.26	0.4284	0.52	0.3691	0.98	0.1389	2.25	0.0171
0.01	0.2076	0.27	0.4458	0.53	0.3664	1.00	0.1315	2.30	0.0162
0.02	0.2089	0.28	0.4562	0.54	0.3665	1.05	0.1142	2.35	0.0155
0.03	0.2116	0.29	0.4622	0.55	0.3651	1.10	0.0979	2.40	0.0149
0.04	0.2193	0.30	0.4604	0.56	0.3632	1.15	0.0853	2.50	0.0139
0.05	0.2282	0.31	0.4635	0.57	0.3611	1.20	0.0752	2.60	0.0129
0.06	0.2486	0.32	0.4575	0.58	0.3552	1.25	0.0677	2.70	0.0120
0.07	0.2657	0.33	0.4406	0.60	0.3504	1.30	0.0614	2.80	0.0110
0.08	0.2975	0.34	0.4233	0.62	0.3585	1.35	0.0562	2.90	0.0101
0.09	0.3318	0.35	0.4118	0.64	0.3578	1.40	0.0517	3.00	0.0093
0.10	0.3483	0.36	0.4104	0.66	0.3550	1.45	0.0476	3.10	0.0087
0.11	0.3690	0.37	0.4145	0.68	0.3510	1.50	0.0446	3.20	0.0082
0.12	0.4016	0.38	0.4153	0.70	0.3358	1.55	0.0415	3.30	0.0077
0.13	0.3941	0.39	0.4120	0.72	0.3117	1.60	0.0382	3.40	0.0072
0.14	0.4162	0.40	0.4108	0.74	0.2837	1.65	0.0349	3.50	0.0068
0.15	0.4434	0.41	0.4105	0.76	0.2606	1.70	0.0318	3.60	0.0064
0.16	0.4816	0.42	0.4097	0.78	0.2436	1.75	0.0293	3.70	0.0060
0.17	0.4650	0.43	0.4082	0.80	0.2272	1.80	0.0274	3.80	0.0057
0.18	0.4140	0.44	0.4078	0.82	0.2131	1.85	0.0255	3.90	0.0054
0.19	0.3939	0.45	0.4064	0.84	0.2016	1.90	0.0237	4.00	0.0051
0.20	0.3910	0.46	0.4025	0.86	0.1908	1.95	0.0225		
0.21	0.3931	0.47	0.3966	0.88	0.1797	2.00	0.0214		
0.22	0.3985	0.48	0.3895	0.90	0.1715	2.05	0.0205		
0.23	0.4045	0.49	0.3829	0.92	0.1632	2.10	0.0196		
0.24	0.4051	0.50	0.3770	0.94	0.1543	2.15	0.0188		
0.25	0.4153	0.51	0.3732	0.96	0.1462	2.20	0.0180		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

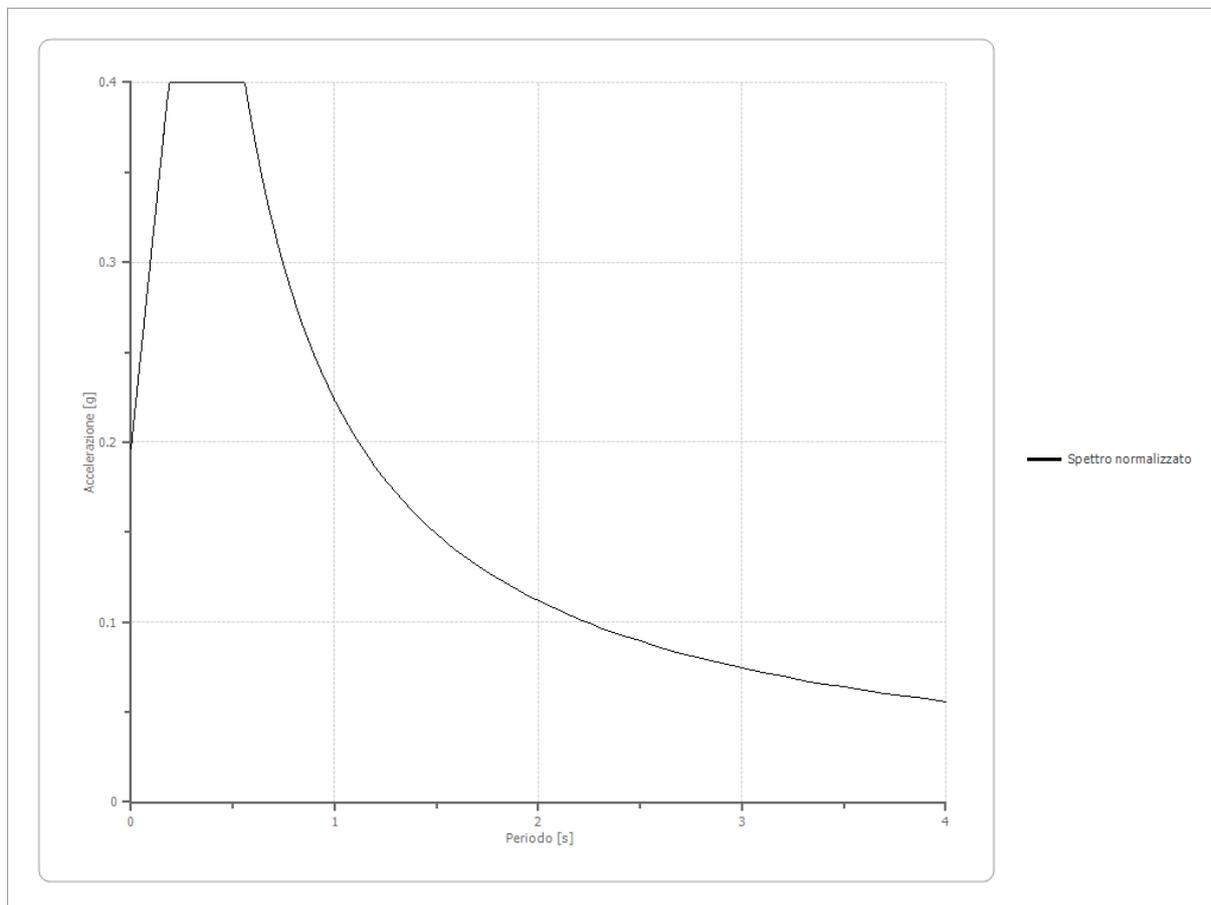


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.1967	0.26	0.3998	0.52	0.3998	0.98	0.2280	2.25	0.0993
0.01	0.2076	0.27	0.3998	0.53	0.3998	1.00	0.2235	2.30	0.0972
0.02	0.2185	0.28	0.3998	0.54	0.3998	1.05	0.2128	2.35	0.0951
0.03	0.2294	0.29	0.3998	0.55	0.3998	1.10	0.2032	2.40	0.0931
0.04	0.2403	0.30	0.3998	0.56	0.3991	1.15	0.1943	2.50	0.0894
0.05	0.2512	0.31	0.3998	0.57	0.3921	1.20	0.1862	2.60	0.0860
0.06	0.2621	0.32	0.3998	0.58	0.3853	1.25	0.1788	2.70	0.0828
0.07	0.2730	0.33	0.3998	0.60	0.3725	1.30	0.1719	2.80	0.0798
0.08	0.2839	0.34	0.3998	0.62	0.3604	1.35	0.1655	2.90	0.0771
0.09	0.2948	0.35	0.3998	0.64	0.3492	1.40	0.1596	3.00	0.0745
0.10	0.3057	0.36	0.3998	0.66	0.3386	1.45	0.1541	3.10	0.0721
0.11	0.3166	0.37	0.3998	0.68	0.3286	1.50	0.1490	3.20	0.0698
0.12	0.3275	0.38	0.3998	0.70	0.3193	1.55	0.1442	3.30	0.0677
0.13	0.3384	0.39	0.3998	0.72	0.3104	1.60	0.1397	3.40	0.0657
0.14	0.3493	0.40	0.3998	0.74	0.3020	1.65	0.1354	3.50	0.0639
0.15	0.3602	0.41	0.3998	0.76	0.2940	1.70	0.1315	3.60	0.0621
0.16	0.3711	0.42	0.3998	0.78	0.2865	1.75	0.1277	3.70	0.0604
0.17	0.3820	0.43	0.3998	0.80	0.2793	1.80	0.1242	3.80	0.0588
0.18	0.3930	0.44	0.3998	0.82	0.2725	1.85	0.1208	3.90	0.0573

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

0.19	0.3998	0.45	0.3998	0.84	0.2660	1.90	0.1176	4.00	0.0559
0.20	0.3998	0.46	0.3998	0.86	0.2599	1.95	0.1146		
0.21	0.3998	0.47	0.3998	0.88	0.2540	2.00	0.1117		
0.22	0.3998	0.48	0.3998	0.90	0.2483	2.05	0.1090		
0.23	0.3998	0.49	0.3998	0.92	0.2429	2.10	0.1064		
0.24	0.3998	0.50	0.3998	0.94	0.2377	2.15	0.1039		
0.25	0.3998	0.51	0.3998	0.96	0.2328	2.20	0.1016		

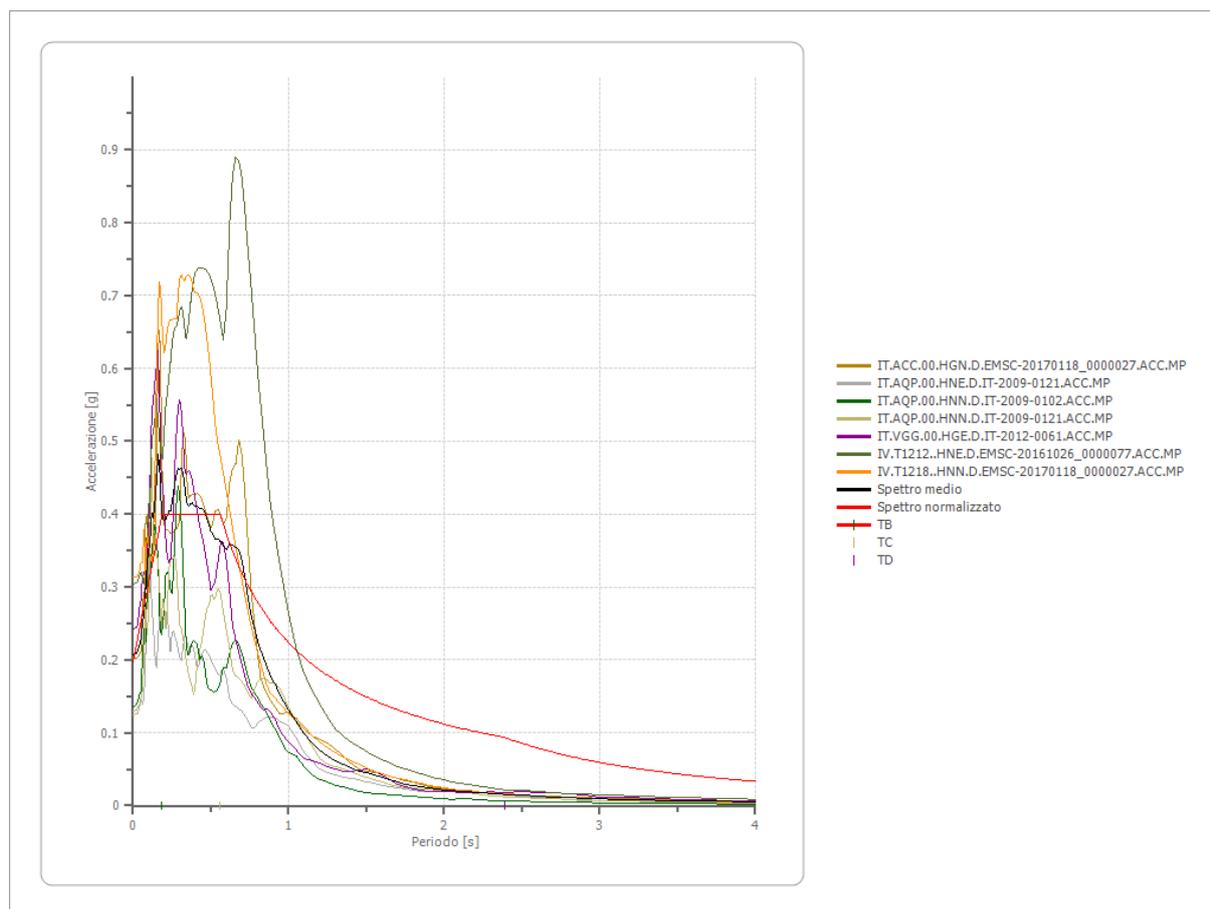


Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.197	2.032965	--	0.186	0.559	2.387	0.197	0.400	2.427

Confronto tra gli spettri

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

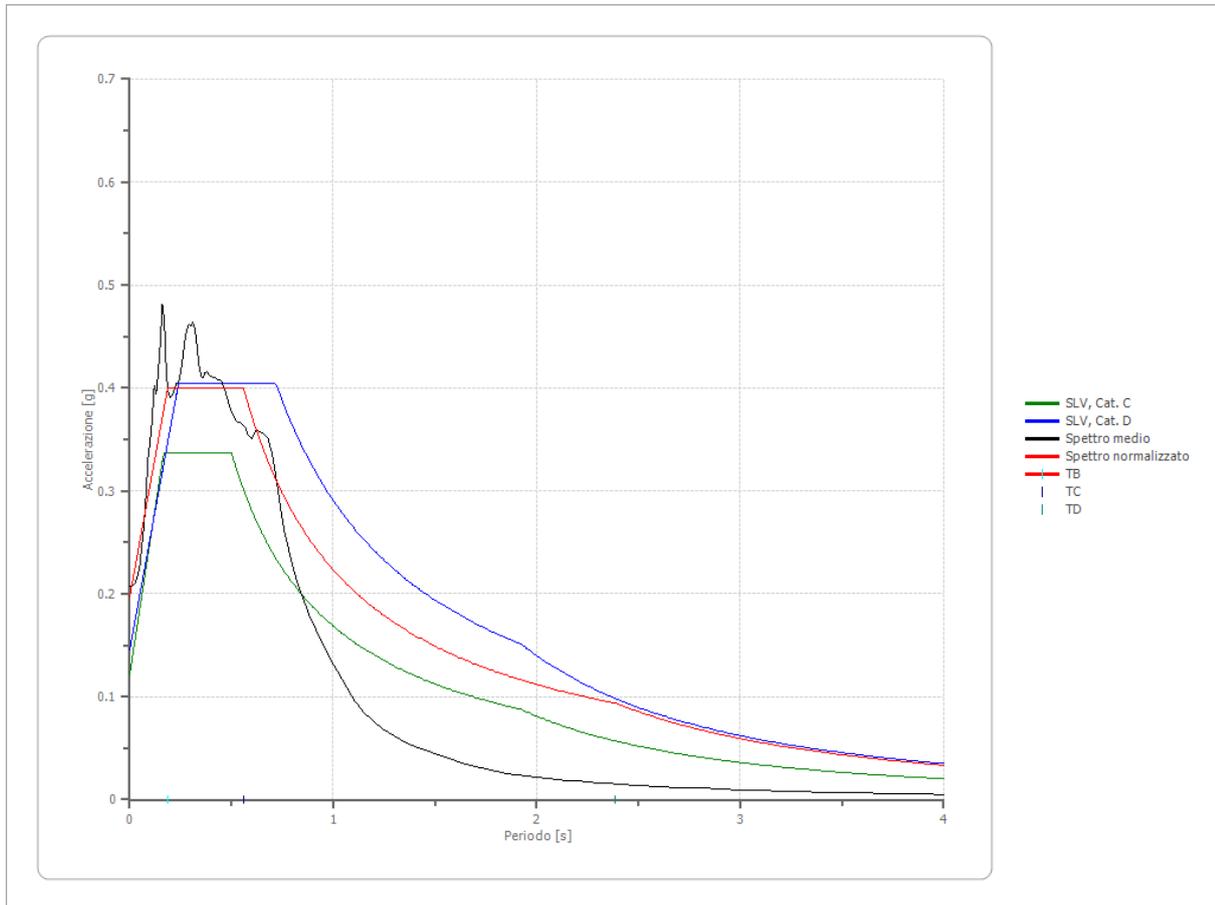


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardi a vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.081	0.096	0.035	0.042	0.081	0.096
Fo	2.576	2.593	2.774	2.833	2.576	2.593	2.774	2.833
Tc* [s]	0.246	0.271	0.33	0.345	0.246	0.271	0.33	0.345
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	2.52	2.40	2.18	2.13
TB [s]	0.137	0.146	0.167	0.172	0.207	0.217	0.239	0.245
TC [s]	0.410	0.438	0.500	0.515	0.620	0.651	0.718	0.734
TD [s]	1.740	1.768	1.924	1.984	1.740	1.768	1.924	1.984
Se(0) [g]	0.052	0.063	0.122	0.144	0.063	0.076	0.146	0.173
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.337	0.408	0.162	0.196	0.405	0.490

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

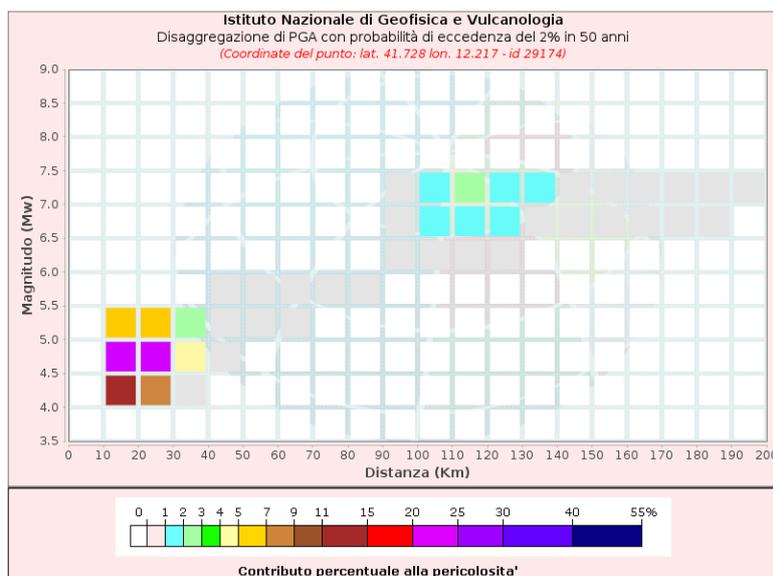


4.5 RSL – SLC

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.752733
	long.: 12.230392
Parametri progettazione:	Vita nominale Vn: 50 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso cu: 1,5
	Tempo di Ritorno TR: 1462
	Stati limite di riferimento: SLC
Probabilità superamento P _{VR} :	5% (SLV)

DISAGGREGAZIONE PER SLC:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI

P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

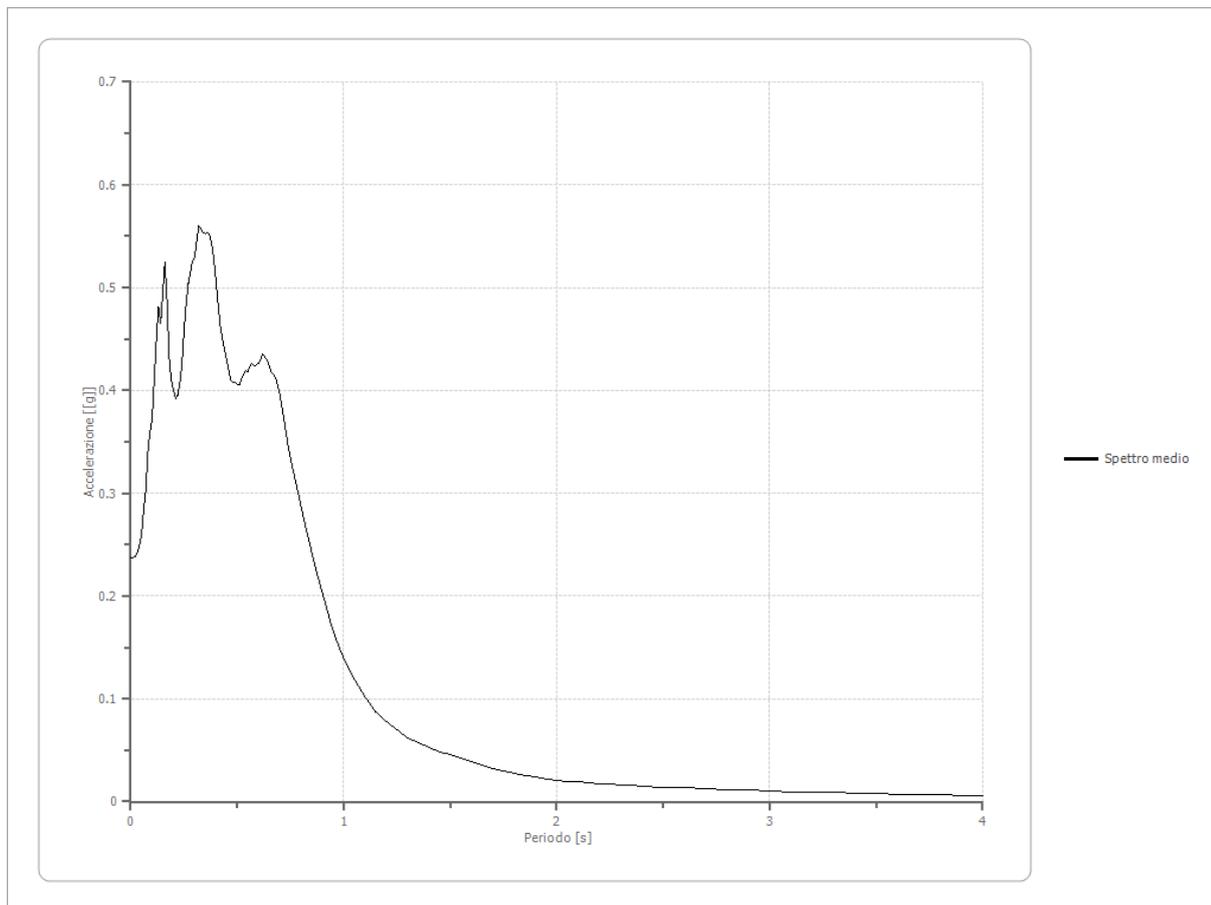
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.130 [s]
Tvi	0.660 [s]
Tao	0.320 [s]
Tvo	0.700 [s]
Sami	2.670 [m/s ²]
Svmi	0.155 [m/s]
Samo	4.715 [m/s ²]
Svmo	0.416 [m/s]
Fa	1.766 [-]
Fv	2.690 [-]
TB	0.185 [s]
TC	0.555 [s]
TD	2.492 [s]
SA(0)	0.223 [g]
SA(TB)	0.481 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2369	0.26	0.4850	0.52	0.4111	0.98	0.1492	2.25	0.0168
0.01	0.2369	0.27	0.5046	0.53	0.4155	1.00	0.1394	2.30	0.0162
0.02	0.2387	0.28	0.5161	0.54	0.4190	1.05	0.1193	2.35	0.0156
0.03	0.2416	0.29	0.5259	0.55	0.4186	1.10	0.1015	2.40	0.0150
0.04	0.2487	0.30	0.5290	0.56	0.4242	1.15	0.0866	2.50	0.0143
0.05	0.2587	0.31	0.5468	0.57	0.4265	1.20	0.0774	2.60	0.0135
0.06	0.2827	0.32	0.5601	0.58	0.4239	1.25	0.0695	2.70	0.0126
0.07	0.3022	0.33	0.5563	0.60	0.4258	1.30	0.0622	2.80	0.0118
0.08	0.3392	0.34	0.5530	0.62	0.4355	1.35	0.0568	2.90	0.0109
0.09	0.3601	0.35	0.5525	0.64	0.4292	1.40	0.0523	3.00	0.0101
0.10	0.3713	0.36	0.5537	0.66	0.4178	1.45	0.0485	3.10	0.0095
0.11	0.4095	0.37	0.5506	0.68	0.4120	1.50	0.0456	3.20	0.0091
0.12	0.4488	0.38	0.5424	0.70	0.3965	1.55	0.0424	3.30	0.0087
0.13	0.4812	0.39	0.5269	0.72	0.3717	1.60	0.0390	3.40	0.0083
0.14	0.4657	0.40	0.5062	0.74	0.3436	1.65	0.0356	3.50	0.0078
0.15	0.4943	0.41	0.4834	0.76	0.3239	1.70	0.0325	3.60	0.0074
0.16	0.5249	0.42	0.4628	0.78	0.3058	1.75	0.0298	3.70	0.0070
0.17	0.4867	0.43	0.4507	0.80	0.2867	1.80	0.0276	3.80	0.0066
0.18	0.4326	0.44	0.4399	0.82	0.2682	1.85	0.0254	3.90	0.0063
0.19	0.4106	0.45	0.4298	0.84	0.2508	1.90	0.0236	4.00	0.0060
0.20	0.4012	0.46	0.4194	0.86	0.2335	1.95	0.0220		
0.21	0.3915	0.47	0.4097	0.88	0.2171	2.00	0.0208		
0.22	0.3955	0.48	0.4082	0.90	0.2029	2.05	0.0199		
0.23	0.4063	0.49	0.4075	0.92	0.1882	2.10	0.0190		
0.24	0.4247	0.50	0.4050	0.94	0.1731	2.15	0.0183		
0.25	0.4583	0.51	0.4060	0.96	0.1604	2.20	0.0175		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

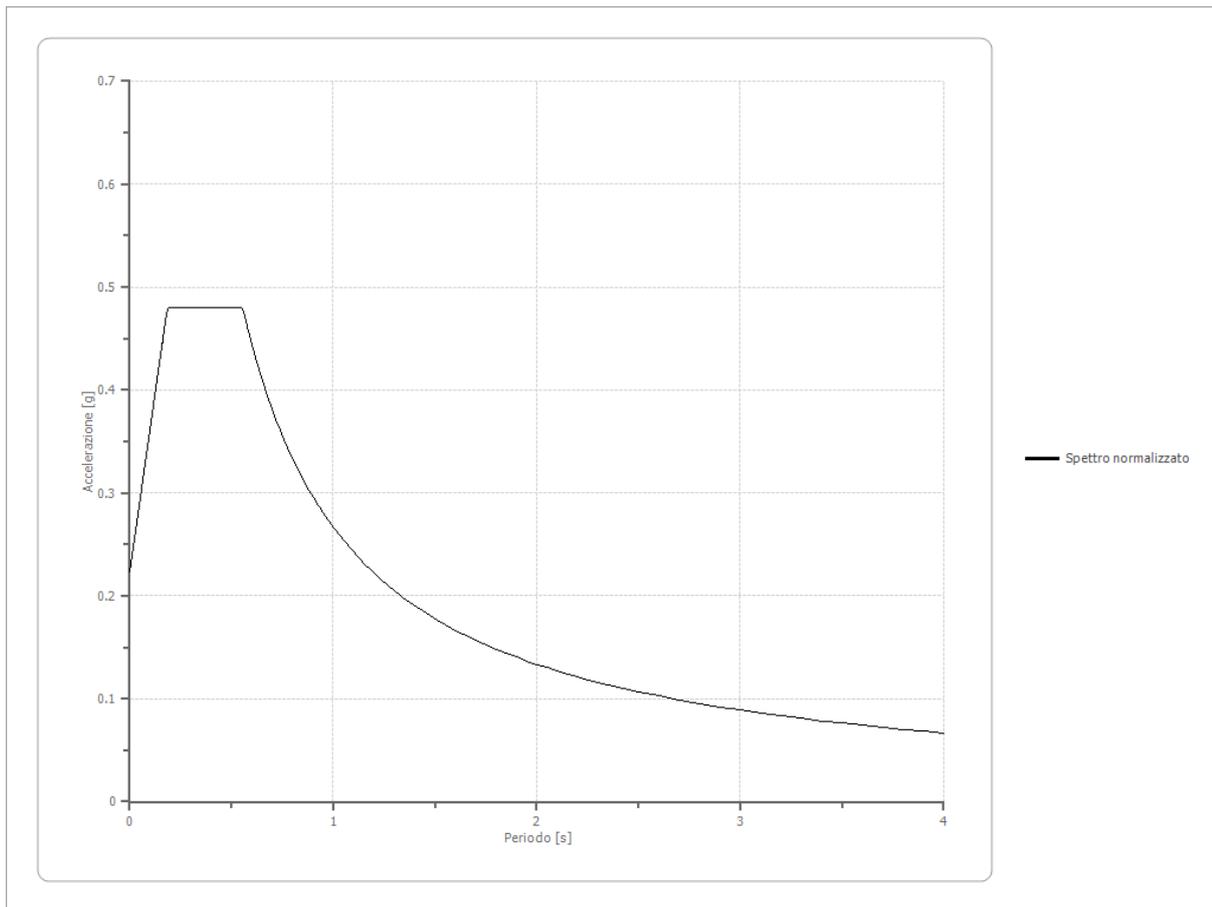


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2230	0.26	0.4806	0.52	0.4806	0.98	0.2721	2.25	0.1185
0.01	0.2369	0.27	0.4806	0.53	0.4806	1.00	0.2667	2.30	0.1159
0.02	0.2508	0.28	0.4806	0.54	0.4806	1.05	0.2540	2.35	0.1135
0.03	0.2648	0.29	0.4806	0.55	0.4806	1.10	0.2424	2.40	0.1111
0.04	0.2787	0.30	0.4806	0.56	0.4762	1.15	0.2319	2.50	0.1067
0.05	0.2926	0.31	0.4806	0.57	0.4678	1.20	0.2222	2.60	0.1026
0.06	0.3066	0.32	0.4806	0.58	0.4598	1.25	0.2133	2.70	0.0988
0.07	0.3205	0.33	0.4806	0.60	0.4444	1.30	0.2051	2.80	0.0952
0.08	0.3344	0.34	0.4806	0.62	0.4301	1.35	0.1975	2.90	0.0920
0.09	0.3483	0.35	0.4806	0.64	0.4167	1.40	0.1905	3.00	0.0889
0.10	0.3623	0.36	0.4806	0.66	0.4040	1.45	0.1839	3.10	0.0860
0.11	0.3762	0.37	0.4806	0.68	0.3921	1.50	0.1778	3.20	0.0833
0.12	0.3901	0.38	0.4806	0.70	0.3809	1.55	0.1720	3.30	0.0808
0.13	0.4040	0.39	0.4806	0.72	0.3704	1.60	0.1667	3.40	0.0784
0.14	0.4180	0.40	0.4806	0.74	0.3604	1.65	0.1616	3.50	0.0762

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

0.15	0.4319	0.41	0.4806	0.76	0.3509	1.70	0.1569	3.60	0.0741
0.16	0.4458	0.42	0.4806	0.78	0.3419	1.75	0.1524	3.70	0.0721
0.17	0.4598	0.43	0.4806	0.80	0.3333	1.80	0.1481	3.80	0.0702
0.18	0.4737	0.44	0.4806	0.82	0.3252	1.85	0.1441	3.90	0.0684
0.19	0.4806	0.45	0.4806	0.84	0.3175	1.90	0.1403	4.00	0.0667
0.20	0.4806	0.46	0.4806	0.86	0.3101	1.95	0.1367		
0.21	0.4806	0.47	0.4806	0.88	0.3030	2.00	0.1333		
0.22	0.4806	0.48	0.4806	0.90	0.2963	2.05	0.1301		
0.23	0.4806	0.49	0.4806	0.92	0.2898	2.10	0.1270		
0.24	0.4806	0.50	0.4806	0.94	0.2837	2.15	0.1240		
0.25	0.4806	0.51	0.4806	0.96	0.2778	2.20	0.1212		

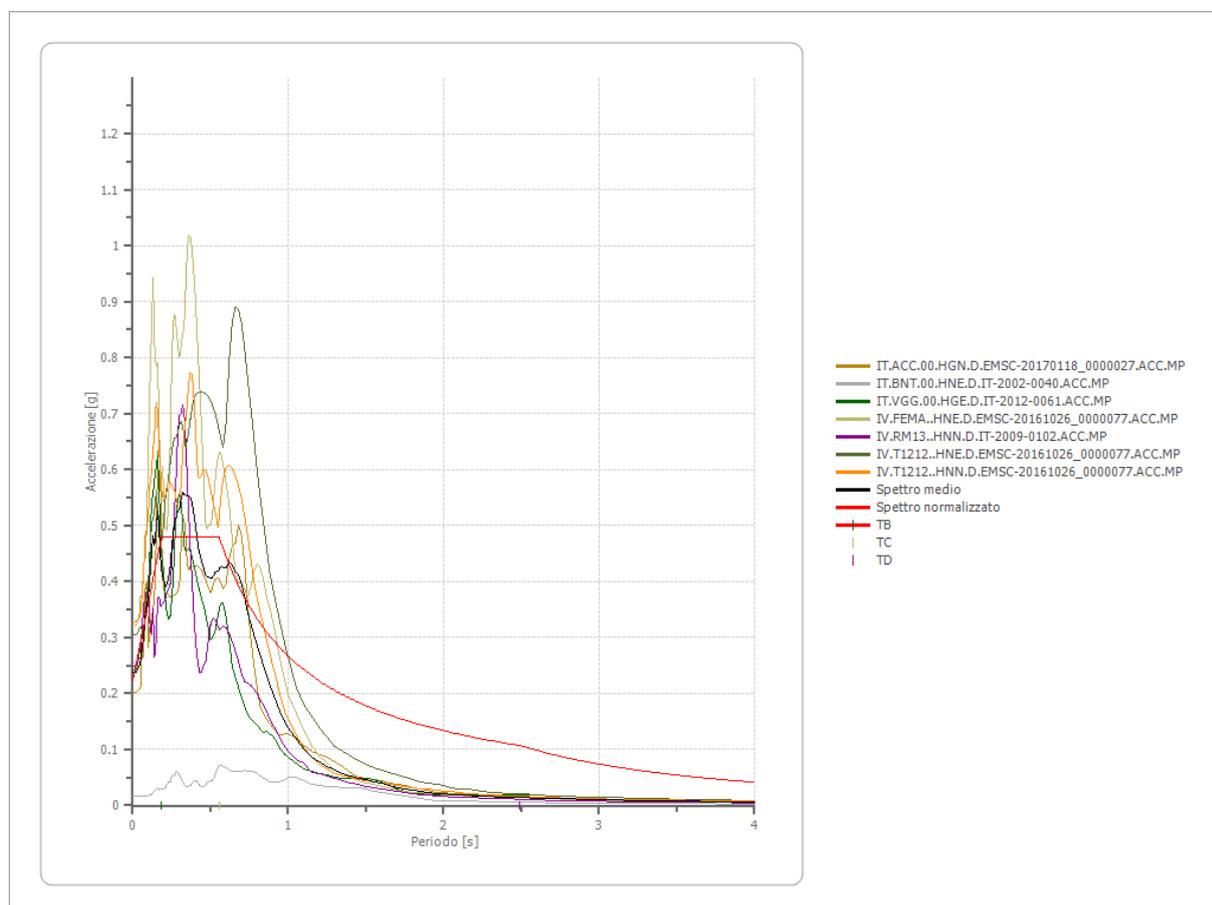


Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.223	2.155276	--	0.185	0.555	2.492	0.223	0.481	2.323

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Confronto tra gli spettri

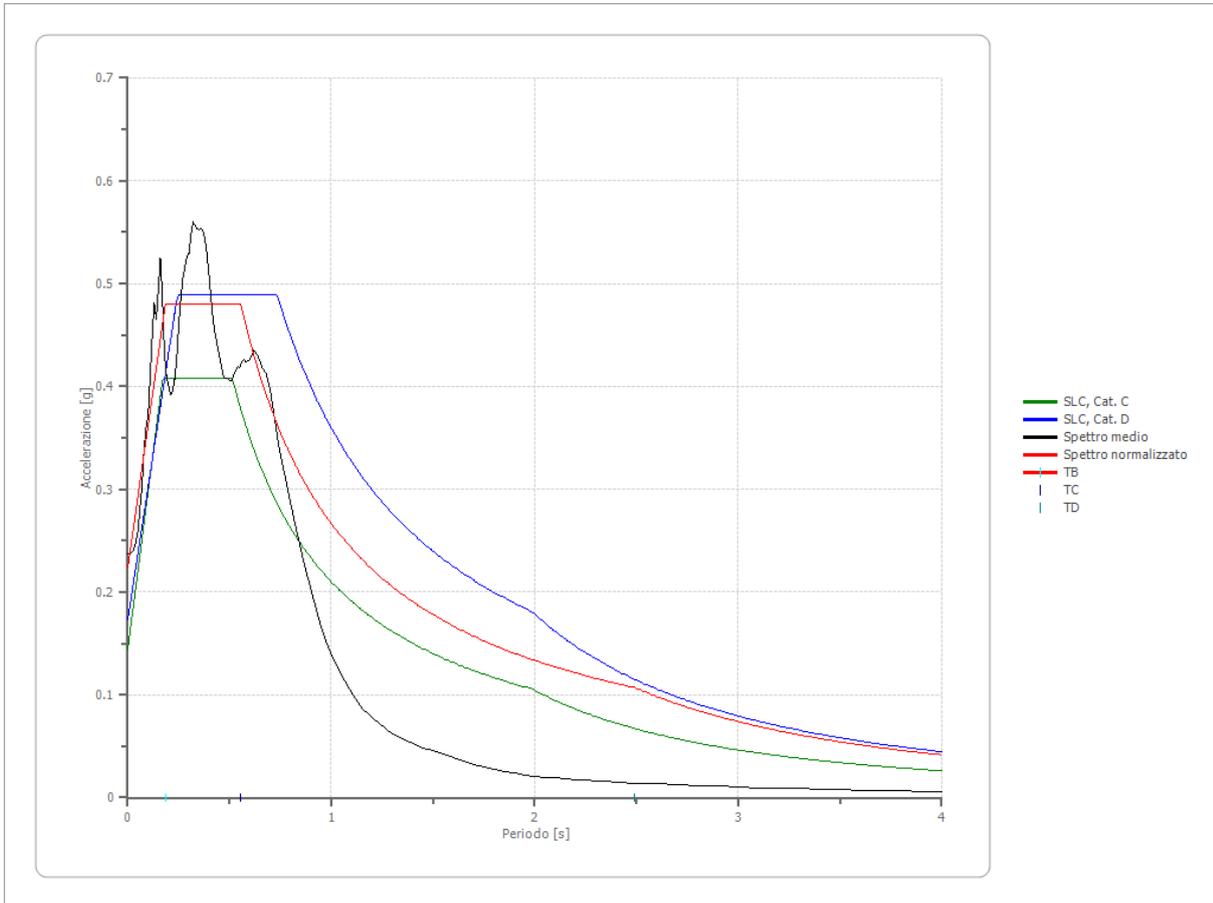


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardi a vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.081	0.096	0.035	0.042	0.081	0.096
Fo	2.576	2.593	2.774	2.833	2.576	2.593	2.774	2.833
Tc* [s]	0.246	0.271	0.33	0.345	0.246	0.271	0.33	0.345
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	2.52	2.40	2.18	2.13
TB [s]	0.137	0.146	0.167	0.172	0.207	0.217	0.239	0.245
TC [s]	0.410	0.438	0.500	0.515	0.620	0.651	0.718	0.734
TD [s]	1.740	1.768	1.924	1.984	1.740	1.768	1.924	1.984
Se(0) [g]	0.053	0.063	0.122	0.144	0.063	0.076	0.146	0.173
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.337	0.408	0.162	0.196	0.404	0.490

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00



4.6 RIEPILOGO RISULTATI RSL

TABELLA PARAMETRI RSL CLASSE D'USO III VITA NOMINALE 50

STATI LIMITE	Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
	<i>Accelerazione orizzontale massima in superficie</i>	<i>Fattore di amplificazione e spettrale massima</i>	<i>Periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione e orizzontale</i>	<i>Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante</i>	<i>Periodo corrispondente inizio tratto a velocità costante</i>	<i>Periodo inizio tratto a spostamento costante</i>	<i>Accelerazione Spettro orizzontale al tempo 0</i>	<i>Inizio del tratto Spettro orizzontale ad accelerazione massima e costante</i>
SLO	0.071	3.008	0.300	0.100	0.300	1.885	0.071	0.215
SLD	0.087	2.581	0.360	0.120	0.360	1.950	0.087	0.226
SLV	0.197	2.032	0.559	0.186	0.559	2.387	0.197	0.400
SLC	0.223	2.155	0.555	0.185	0.555	2.492	0.223	0.481

Deduzioni Risposta Sismica Locale, secondo quanto redatto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018

Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, è stato confrontato lo spettro di risposta medio regolarizzato ottenuto dallo studio di RSL della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni.

L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di RSL e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{min}, e il maggiore, T_{max}, dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica.

In questo intervallo sono state valutate le seguenti due condizioni:

1. lo spettro di RSL supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
2. l'integrale dello spettro di RLS è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Alla luce di ciò, considerando che le due condizioni sono verificate, non è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica di categoria C.

In fase progettuale quindi dovranno essere utilizzati i parametri dello spettro normalizzato come indicato nella tabella riassuntiva dello studio di Risposta Sismica Locale.

5 RISPOSTA SISMICA LOCALE RIFERITA ALL'AREA COSTA BASATA SUL MODELLO DI CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI TIPO D

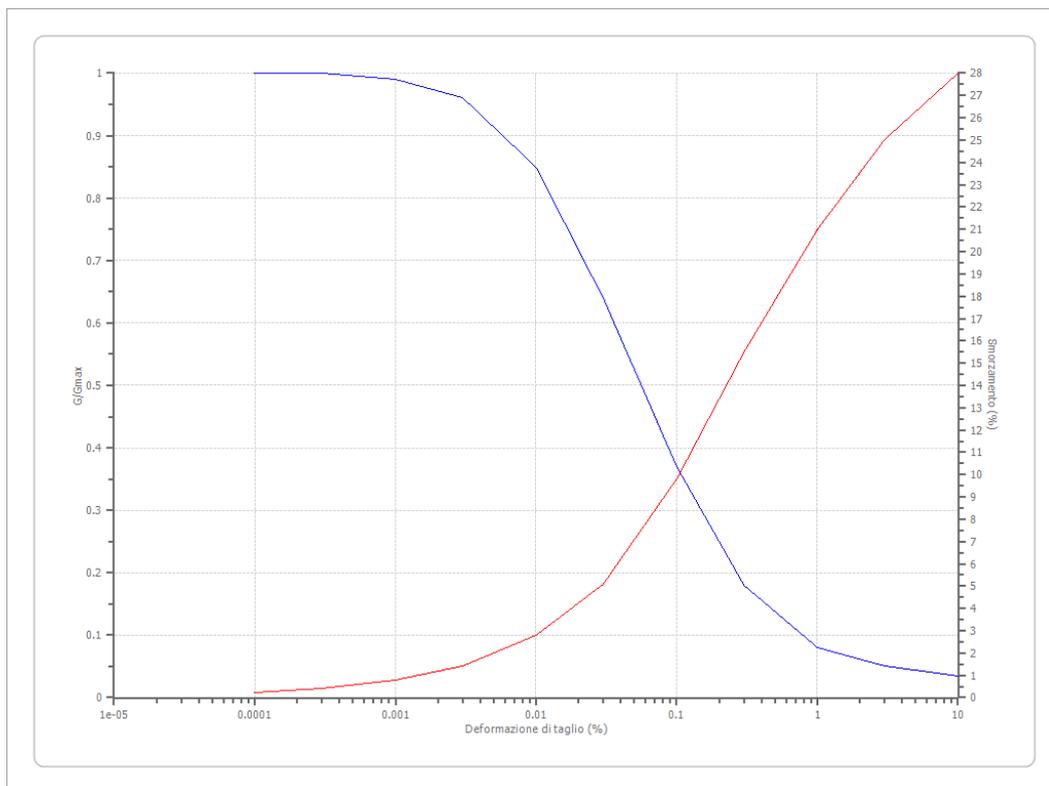
In questo paragrafo si illustrano i risultati di una valutazione della risposta sismica locale riferita all'area di costa con un modello di categoria di sottosuolo di tipo D.

5.1 DATI DI BASE

Terreni

Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

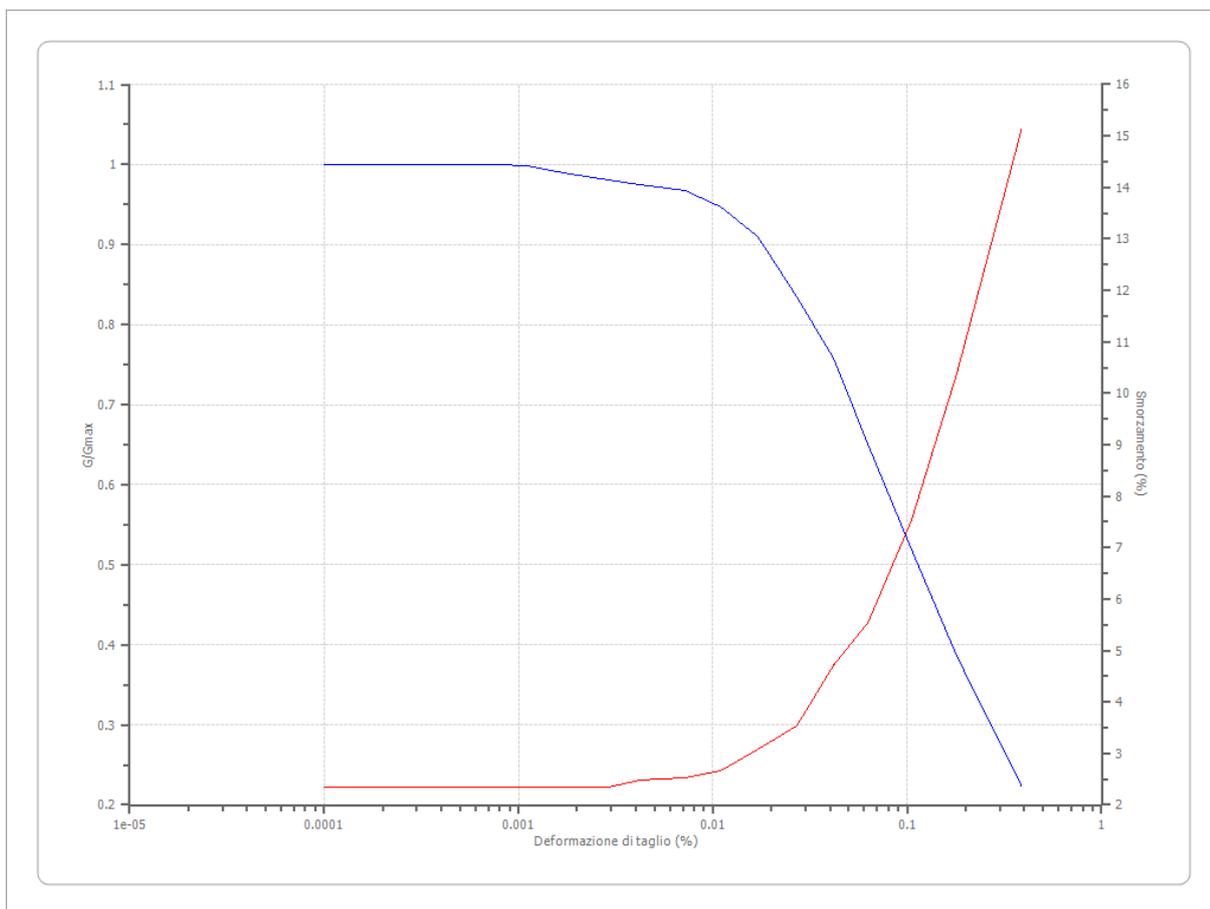
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000



RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Lazio - Argille e Limi

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	2.350
0.00044	0.99999	0.00044	2.350
0.00079	0.9999	0.00079	2.350
0.0011	0.999	0.0011	2.350
0.0017	0.990	0.0017	2.350
0.0029	0.980	0.0029	2.350
0.0042	0.975	0.0042	2.490
0.0072	0.967	0.0072	2.530
0.011	0.947	0.011	2.670
0.017	0.910	0.017	3.080
0.027	0.835	0.027	3.530
0.042	0.757	0.042	4.730
0.063	0.649	0.063	5.560
0.105	0.519	0.105	7.520
0.180	0.385	0.180	10.380
0.387	0.224	0.387	15.120



RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	12.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	50.08	--	17.0	170.0	102.0
2		12.0	28.0	Lazio - Argille e Limi	0	43.58	--	19.0	150.0	470.0
3		oo	--	Smorzamento costante	0	998.98	--	20.0	700.0	736.0

Strato rilevamento accelerogramma:

3 Affiorante

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE:

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante l'uso del software RSL III fornito dalla Geostru s.r.l..

La stratigrafia utilizzata per i calcoli è la seguente:

- 0,0 – 12 m dal piano campagna attuale: "Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)" con Vs 170 m/s e p.v. 17.0 kN/m³;
- 12 - 40 m dal piano campagna attuale: "Lazio - Argille e Limi" con Vs 150 m/s e p.v. 19.0 kN/m³;
- Da 40 m dal piano campagna attuale: "Bedrock sismico – Smorzamento costante" con Vs 700 m/s e p.v. 20.0 kN/m³;

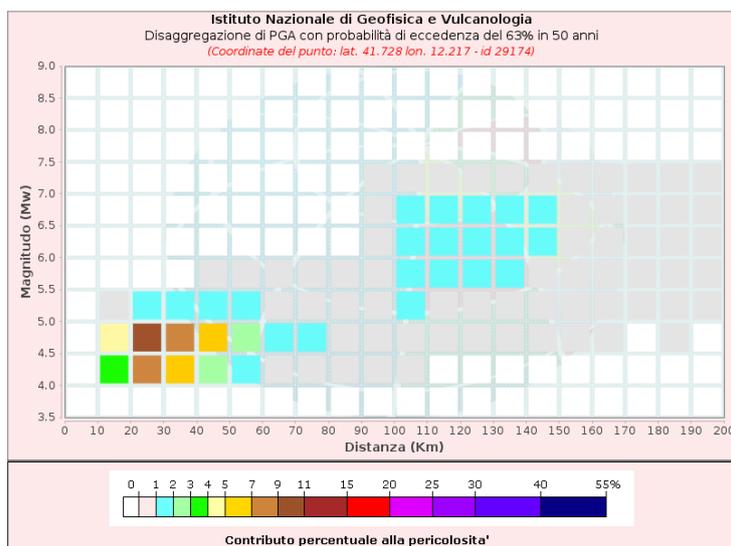
Sono state utilizzate le curve di decadimento del modulo di taglio e di variazione dello smorzamento rese disponibili dalla Regione Lazio e dal software GEOSTRU RSL.

5.2 RSL-SLO

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.752733
	long.: 12.230392
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 50 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso C_u : 1,5
	Tempo di Ritorno T_R : 45
	Stati limite di riferimento: SLO
Probabilità superamento P_{VR} :	63% (SLO)

DISAGGREGAZIONE PER SLO:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-GI-REP-N02_00

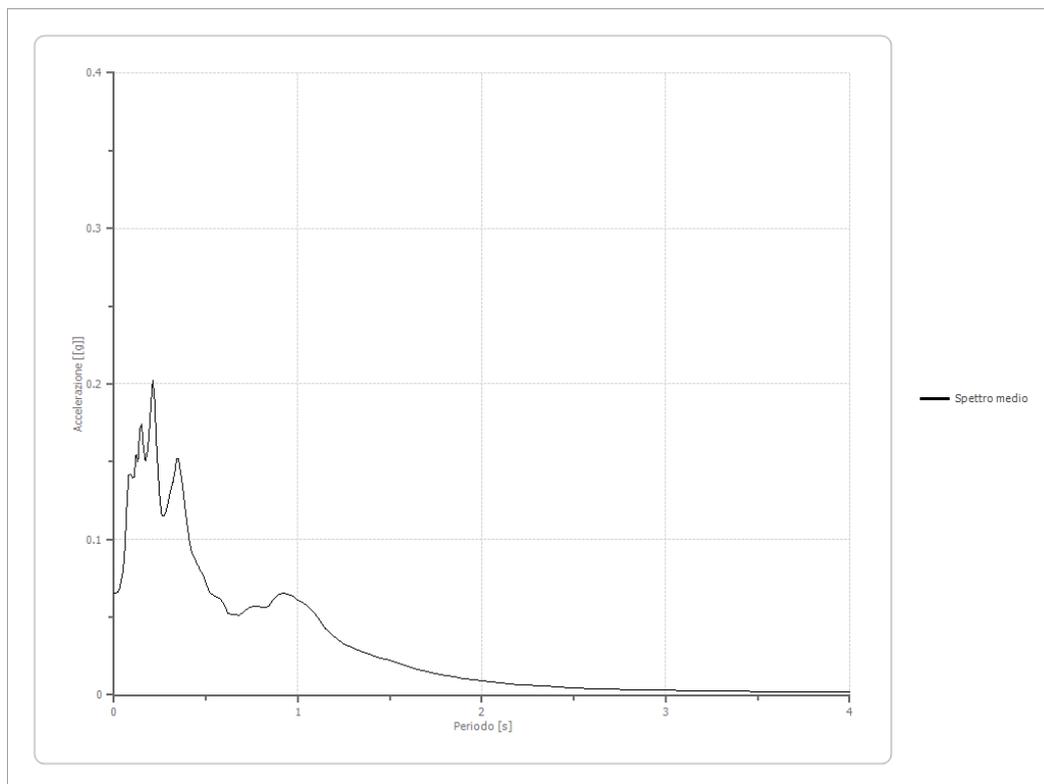
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.080 [s]
Tvi	0.470 [s]
Tao	0.210 [s]
Tvo	1.000 [s]
Sami	0.945 [m/s ²]
Svmi	0.042 [m/s]
Samo	1.476 [m/s ²]
Svmo	0.090 [m/s]
Fa	1.562 [-]
Fv	2.130 [-]
TB	0.127 [s]
TC	0.382 [s]
TD	1.833 [s]
SA(0)	0.058 [g]
SA(TB)	0.150 [g]

Spettro medio di risposta elastico

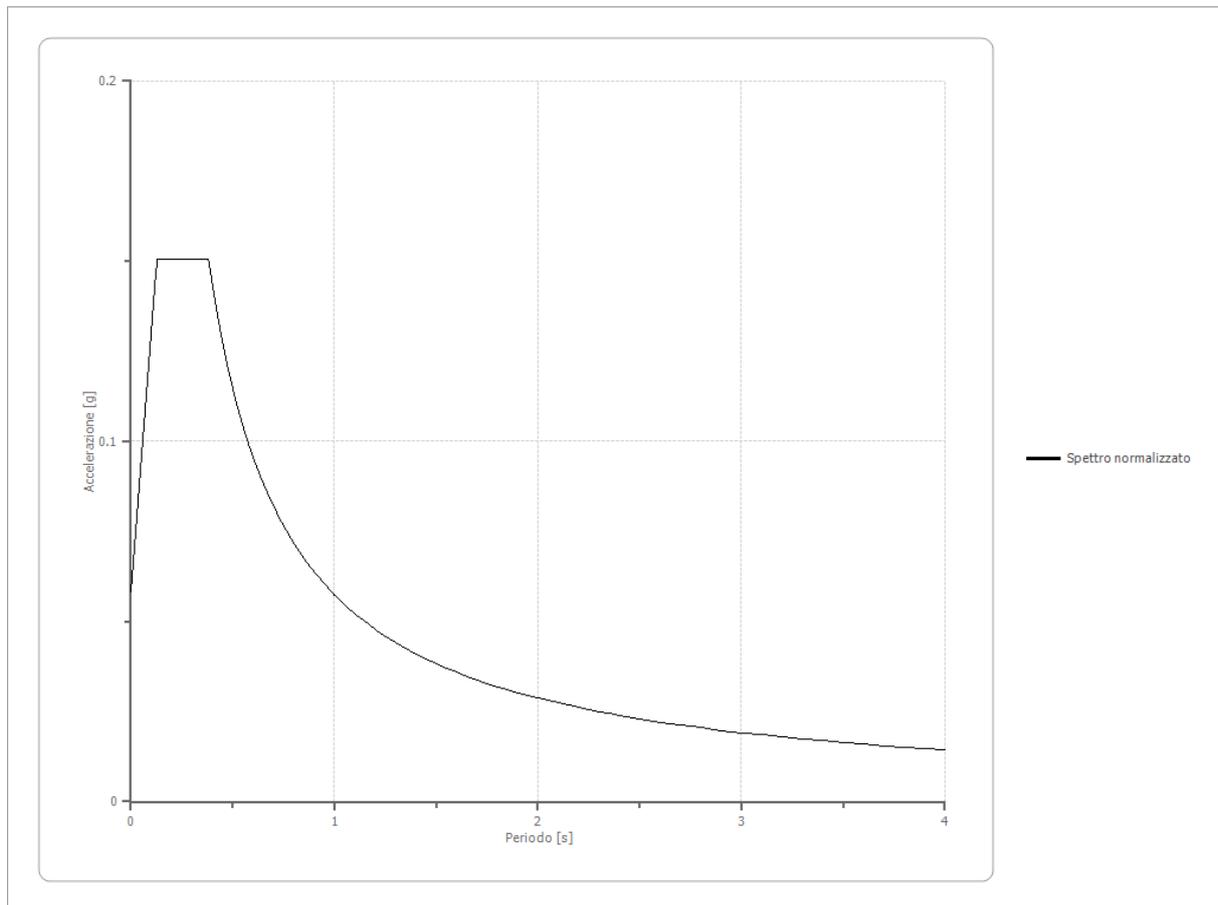
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0655	0.26	0.1150	0.52	0.0662	0.98	0.0630	2.25	0.0063
0.01	0.0655	0.27	0.1152	0.53	0.0647	1.00	0.0610	2.30	0.0059
0.02	0.0664	0.28	0.1173	0.54	0.0640	1.05	0.0576	2.35	0.0056
0.03	0.0683	0.29	0.1211	0.55	0.0635	1.10	0.0511	2.40	0.0052
0.04	0.0738	0.30	0.1279	0.56	0.0631	1.15	0.0423	2.50	0.0047
0.05	0.0799	0.31	0.1326	0.57	0.0624	1.20	0.0371	2.60	0.0043
0.06	0.0953	0.32	0.1371	0.58	0.0613	1.25	0.0331	2.70	0.0039
0.07	0.1221	0.33	0.1430	0.60	0.0578	1.30	0.0299	2.80	0.0035
0.08	0.1415	0.34	0.1518	0.62	0.0523	1.35	0.0277	2.90	0.0032
0.09	0.1424	0.35	0.1517	0.64	0.0520	1.40	0.0255	3.00	0.0030
0.10	0.1397	0.36	0.1447	0.66	0.0515	1.45	0.0237	3.10	0.0028
0.11	0.1403	0.37	0.1365	0.68	0.0508	1.50	0.0221	3.20	0.0026
0.12	0.1548	0.38	0.1269	0.70	0.0528	1.55	0.0205	3.30	0.0025
0.13	0.1500	0.39	0.1165	0.72	0.0551	1.60	0.0184	3.40	0.0023
0.14	0.1716	0.40	0.1070	0.74	0.0563	1.65	0.0164	3.50	0.0022
0.15	0.1744	0.41	0.0987	0.76	0.0568	1.70	0.0149	3.60	0.0021
0.16	0.1582	0.42	0.0928	0.78	0.0567	1.75	0.0138	3.70	0.0020
0.17	0.1507	0.43	0.0899	0.80	0.0563	1.80	0.0126	3.80	0.0019
0.18	0.1552	0.44	0.0879	0.82	0.0562	1.85	0.0115	3.90	0.0018
0.19	0.1667	0.45	0.0847	0.84	0.0572	1.90	0.0104	4.00	0.0017
0.20	0.1863	0.46	0.0824	0.86	0.0601	1.95	0.0096		
0.21	0.2025	0.47	0.0801	0.88	0.0630	2.00	0.0091		
0.22	0.1903	0.48	0.0779	0.90	0.0649	2.05	0.0084		
0.23	0.1624	0.49	0.0754	0.92	0.0653	2.10	0.0077		
0.24	0.1411	0.50	0.0721	0.94	0.0651	2.15	0.0071		
0.25	0.1246	0.51	0.0685	0.96	0.0642	2.20	0.0066		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00



Spettro normalizzato di risposta elastico

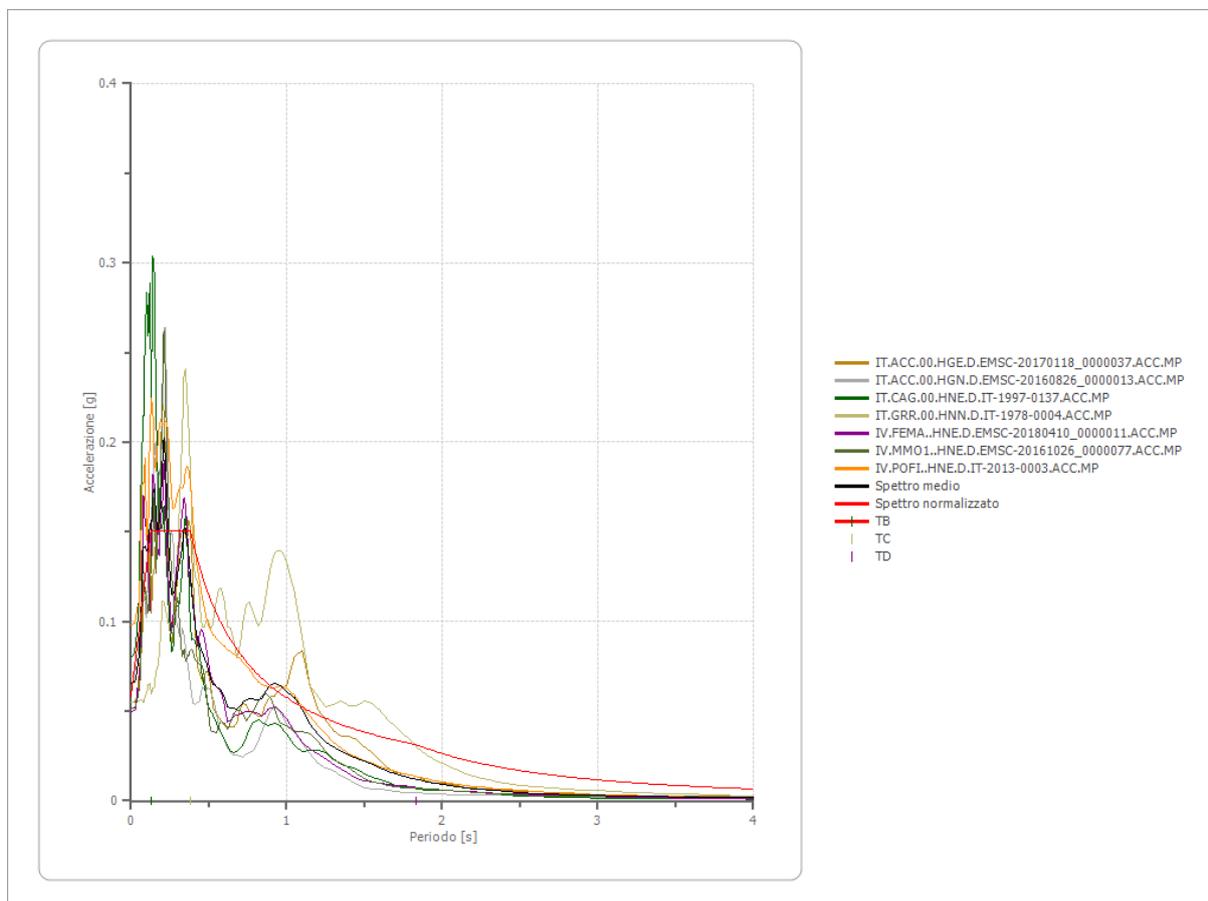
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0583	0.26	0.1504	0.52	0.1104	0.98	0.0586	2.25	0.0255
0.01	0.0655	0.27	0.1504	0.53	0.1083	1.00	0.0574	2.30	0.0250
0.02	0.0728	0.28	0.1504	0.54	0.1063	1.05	0.0547	2.35	0.0244
0.03	0.0800	0.29	0.1504	0.55	0.1044	1.10	0.0522	2.40	0.0239
0.04	0.0872	0.30	0.1504	0.56	0.1025	1.15	0.0499	2.50	0.0230
0.05	0.0945	0.31	0.1504	0.57	0.1007	1.20	0.0478	2.60	0.0221
0.06	0.1017	0.32	0.1504	0.58	0.0990	1.25	0.0459	2.70	0.0213
0.07	0.1090	0.33	0.1504	0.60	0.0957	1.30	0.0442	2.80	0.0205
0.08	0.1162	0.34	0.1504	0.62	0.0926	1.35	0.0425	2.90	0.0198
0.09	0.1235	0.35	0.1504	0.64	0.0897	1.40	0.0410	3.00	0.0191
0.10	0.1307	0.36	0.1504	0.66	0.0870	1.45	0.0396	3.10	0.0185
0.11	0.1379	0.37	0.1504	0.68	0.0844	1.50	0.0383	3.20	0.0179
0.12	0.1452	0.38	0.1504	0.70	0.0820	1.55	0.0370	3.30	0.0174
0.13	0.1504	0.39	0.1472	0.72	0.0797	1.60	0.0359	3.40	0.0169
0.14	0.1504	0.40	0.1435	0.74	0.0776	1.65	0.0348	3.50	0.0164
0.15	0.1504	0.41	0.1400	0.76	0.0756	1.70	0.0338	3.60	0.0159
0.16	0.1504	0.42	0.1367	0.78	0.0736	1.75	0.0328	3.70	0.0155
0.17	0.1504	0.43	0.1335	0.80	0.0718	1.80	0.0319	3.80	0.0151
0.18	0.1504	0.44	0.1305	0.82	0.0700	1.85	0.0310	3.90	0.0147
0.19	0.1504	0.45	0.1276	0.84	0.0684	1.90	0.0302	4.00	0.0144
0.20	0.1504	0.46	0.1248	0.86	0.0668	1.95	0.0294		
0.21	0.1504	0.47	0.1222	0.88	0.0652	2.00	0.0287		
0.22	0.1504	0.48	0.1196	0.90	0.0638	2.05	0.0280		
0.23	0.1504	0.49	0.1172	0.92	0.0624	2.10	0.0273		
0.24	0.1504	0.50	0.1148	0.94	0.0611	2.15	0.0267		
0.25	0.1504	0.51	0.1126	0.96	0.0598	2.20	0.0261		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.058	2.58112	--	0.127	0.382	1.833	0.058	0.150	1.665

Confronto tra gli spettri

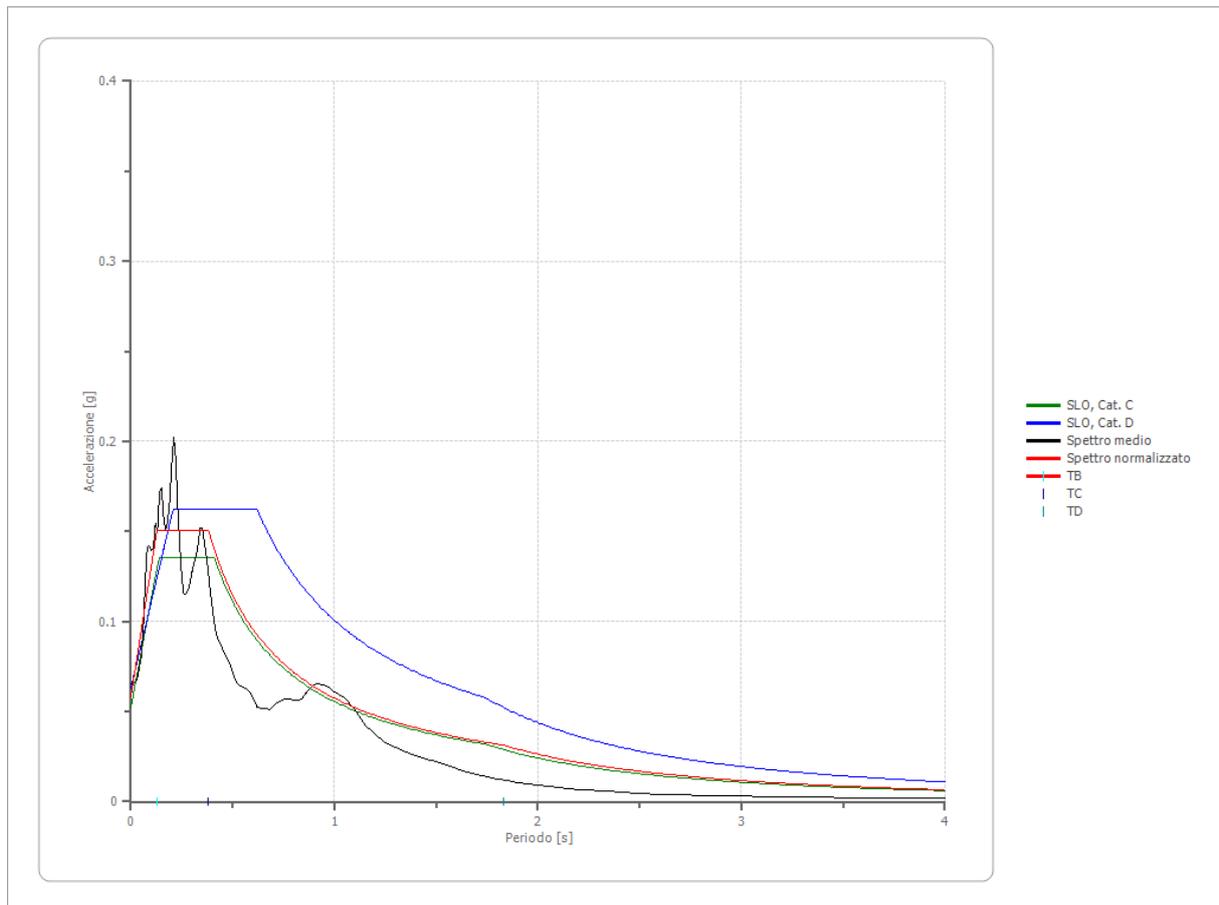


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardi a vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.081	0.096	0.035	0.042	0.081	0.096
Fo	2.576	2.593	2.774	2.833	2.576	2.593	2.774	2.833
Tc* [s]	0.246	0.271	0.33	0.345	0.246	0.271	0.33	0.345
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	2.52	2.40	2.18	2.13
TB [s]	0.137	0.146	0.167	0.172	0.207	0.217	0.239	0.245
TC [s]	0.410	0.438	0.500	0.515	0.620	0.651	0.718	0.734
TD [s]	1.740	1.768	1.924	1.984	1.740	1.768	1.924	1.984
Se(0) [g]	0.053	0.063	0.122	0.144	0.063	0.076	0.146	0.173
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.337	0.408	0.162	0.196	0.404	0.490

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00

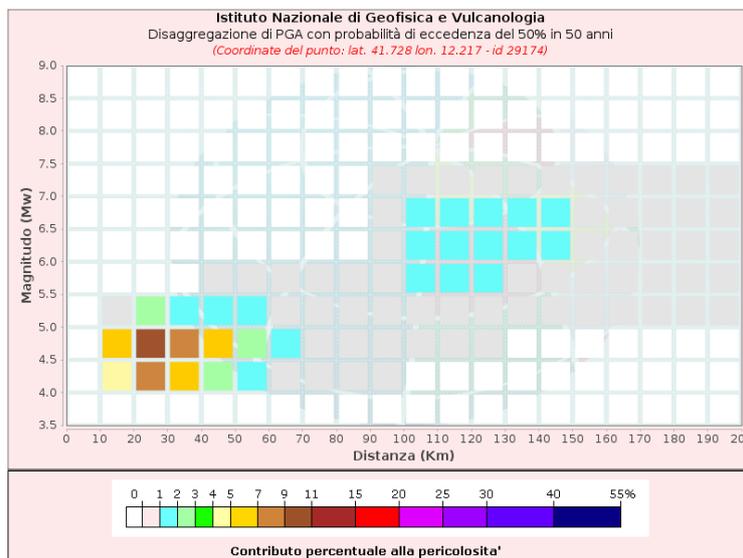


5.3 RSL – SLD

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.752733
	long.: 12.230392
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 75 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso c_u : 1,5
	Tempo di Ritorno TR: 75
	Stati limite di riferimento: SLD
Probabilità superamento P_{VR} :	50% (SLD)

DISAGGREGAZIONE PER SLD:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

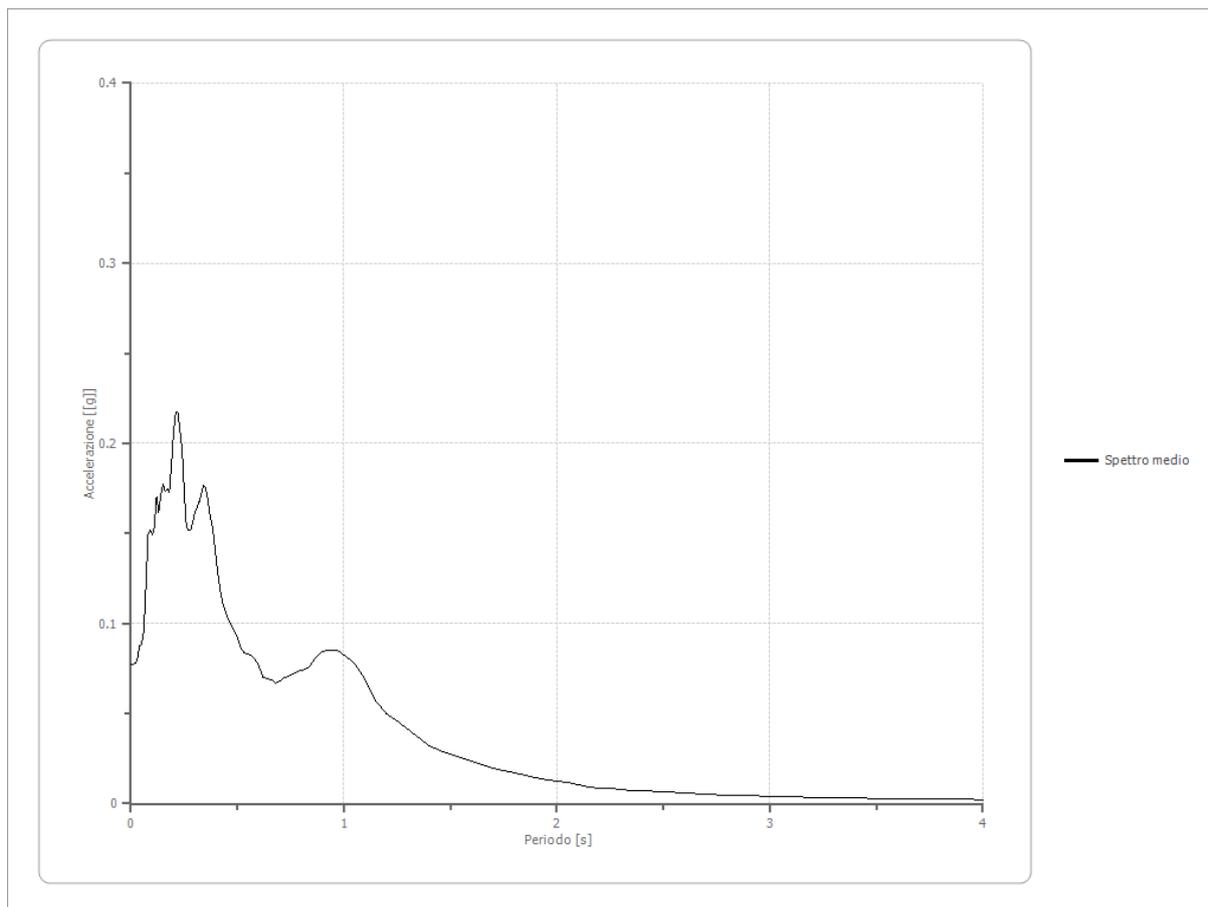
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.230 [s]
Tvi	0.920 [s]
Tao	0.210 [s]
Tvo	1.050 [s]
Sami	1.135 [m/s ²]
Svmi	0.053 [m/s]
Samo	1.729 [m/s ²]
Svmo	0.120 [m/s]
Fa	1.523 [-]
Fv	2.270 [-]
TB	0.146 [s]
TC	0.438 [s]
TD	1.880 [s]
SA(0)	0.070 [g]
SA(TB)	0.176 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0773	0.26	0.1538	0.52	0.0857	0.98	0.0844	2.25	0.0083
0.01	0.0773	0.27	0.1519	0.53	0.0840	1.00	0.0826	2.30	0.0078
0.02	0.0782	0.28	0.1520	0.54	0.0834	1.05	0.0777	2.35	0.0075
0.03	0.0805	0.29	0.1556	0.55	0.0829	1.10	0.0691	2.40	0.0071
0.04	0.0877	0.30	0.1614	0.56	0.0825	1.15	0.0572	2.50	0.0064
0.05	0.0883	0.31	0.1644	0.57	0.0817	1.20	0.0500	2.60	0.0059
0.06	0.0957	0.32	0.1674	0.58	0.0807	1.25	0.0456	2.70	0.0053
0.07	0.1202	0.33	0.1712	0.60	0.0765	1.30	0.0411	2.80	0.0049
0.08	0.1494	0.34	0.1765	0.62	0.0702	1.35	0.0367	2.90	0.0045
0.09	0.1518	0.35	0.1752	0.64	0.0696	1.40	0.0323	3.00	0.0041
0.10	0.1494	0.36	0.1693	0.66	0.0686	1.45	0.0297	3.10	0.0038
0.11	0.1539	0.37	0.1610	0.68	0.0670	1.50	0.0275	3.20	0.0036
0.12	0.1699	0.38	0.1554	0.70	0.0683	1.55	0.0255	3.30	0.0034
0.13	0.1615	0.39	0.1465	0.72	0.0702	1.60	0.0235	3.40	0.0031
0.14	0.1716	0.40	0.1357	0.74	0.0706	1.65	0.0214	3.50	0.0029
0.15	0.1776	0.41	0.1256	0.76	0.0721	1.70	0.0196	3.60	0.0028
0.16	0.1738	0.42	0.1178	0.78	0.0734	1.75	0.0184	3.70	0.0026
0.17	0.1749	0.43	0.1120	0.80	0.0740	1.80	0.0170	3.80	0.0025
0.18	0.1731	0.44	0.1079	0.82	0.0748	1.85	0.0155	3.90	0.0024
0.19	0.1879	0.45	0.1038	0.84	0.0764	1.90	0.0144	4.00	0.0023
0.20	0.2065	0.46	0.1013	0.86	0.0798	1.95	0.0134		
0.21	0.2175	0.47	0.0992	0.88	0.0828	2.00	0.0125		
0.22	0.2171	0.48	0.0969	0.90	0.0846	2.05	0.0115		
0.23	0.2068	0.49	0.0946	0.92	0.0850	2.10	0.0104		
0.24	0.1964	0.50	0.0920	0.94	0.0851	2.15	0.0094		
0.25	0.1738	0.51	0.0884	0.96	0.0850	2.20	0.0088		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00

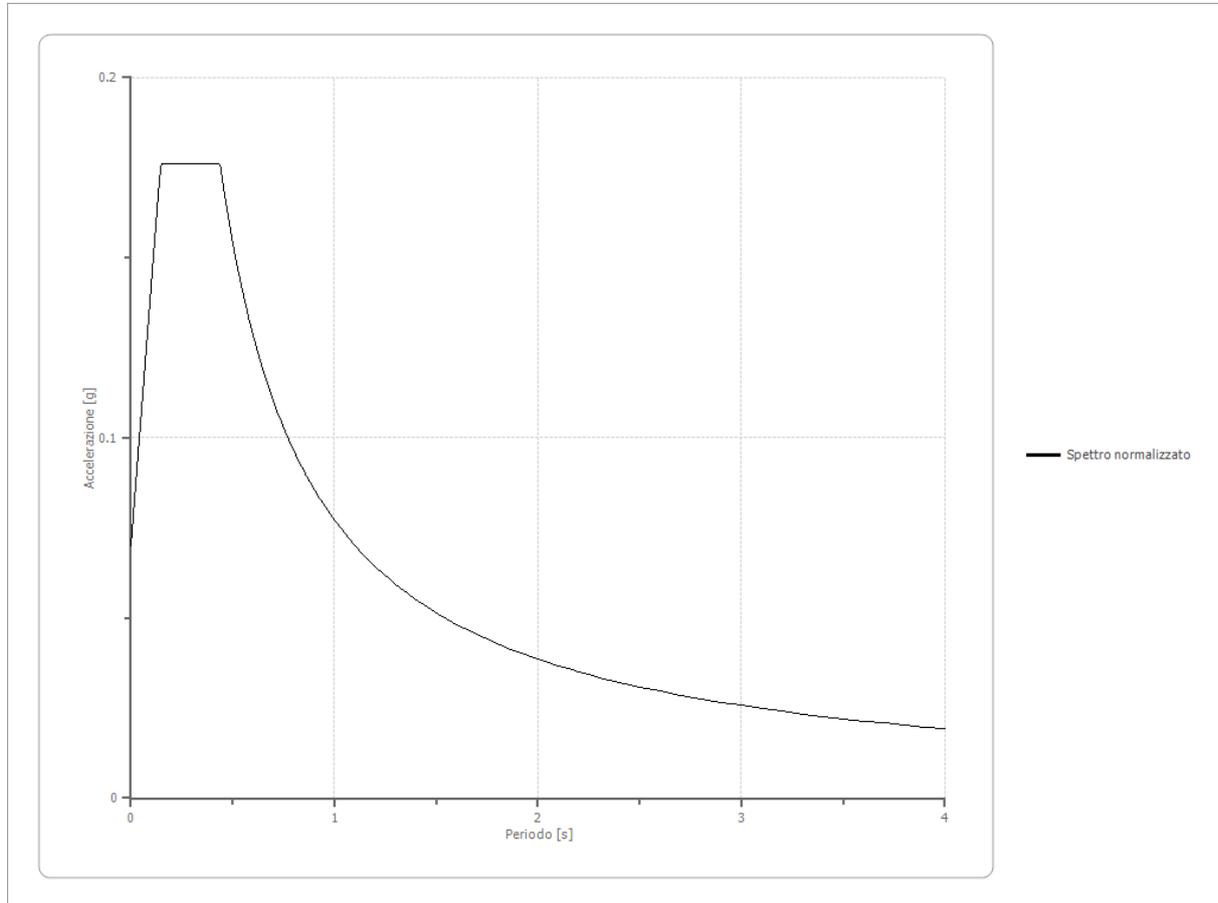


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.0701	0.26	0.1763	0.52	0.1484	0.98	0.0787	2.25	0.0343
0.01	0.0773	0.27	0.1763	0.53	0.1456	1.00	0.0772	2.30	0.0335
0.02	0.0846	0.28	0.1763	0.54	0.1429	1.05	0.0735	2.35	0.0328
0.03	0.0919	0.29	0.1763	0.55	0.1403	1.10	0.0701	2.40	0.0322
0.04	0.0992	0.30	0.1763	0.56	0.1378	1.15	0.0671	2.50	0.0309
0.05	0.1064	0.31	0.1763	0.57	0.1354	1.20	0.0643	2.60	0.0297
0.06	0.1137	0.32	0.1763	0.58	0.1330	1.25	0.0617	2.70	0.0286
0.07	0.1210	0.33	0.1763	0.60	0.1286	1.30	0.0594	2.80	0.0276
0.08	0.1283	0.34	0.1763	0.62	0.1245	1.35	0.0572	2.90	0.0266
0.09	0.1356	0.35	0.1763	0.64	0.1206	1.40	0.0551	3.00	0.0257
0.10	0.1428	0.36	0.1763	0.66	0.1169	1.45	0.0532	3.10	0.0249
0.11	0.1501	0.37	0.1763	0.68	0.1135	1.50	0.0514	3.20	0.0241
0.12	0.1574	0.38	0.1763	0.70	0.1102	1.55	0.0498	3.30	0.0234
0.13	0.1647	0.39	0.1763	0.72	0.1072	1.60	0.0482	3.40	0.0227
0.14	0.1719	0.40	0.1763	0.74	0.1043	1.65	0.0468	3.50	0.0220
0.15	0.1763	0.41	0.1763	0.76	0.1015	1.70	0.0454	3.60	0.0214
0.16	0.1763	0.42	0.1763	0.78	0.0989	1.75	0.0441	3.70	0.0209
0.17	0.1763	0.43	0.1763	0.80	0.0965	1.80	0.0429	3.80	0.0203
0.18	0.1763	0.44	0.1754	0.82	0.0941	1.85	0.0417	3.90	0.0198
0.19	0.1763	0.45	0.1715	0.84	0.0919	1.90	0.0406	4.00	0.0193
0.20	0.1763	0.46	0.1677	0.86	0.0897	1.95	0.0396		
0.21	0.1763	0.47	0.1642	0.88	0.0877	2.00	0.0386		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00

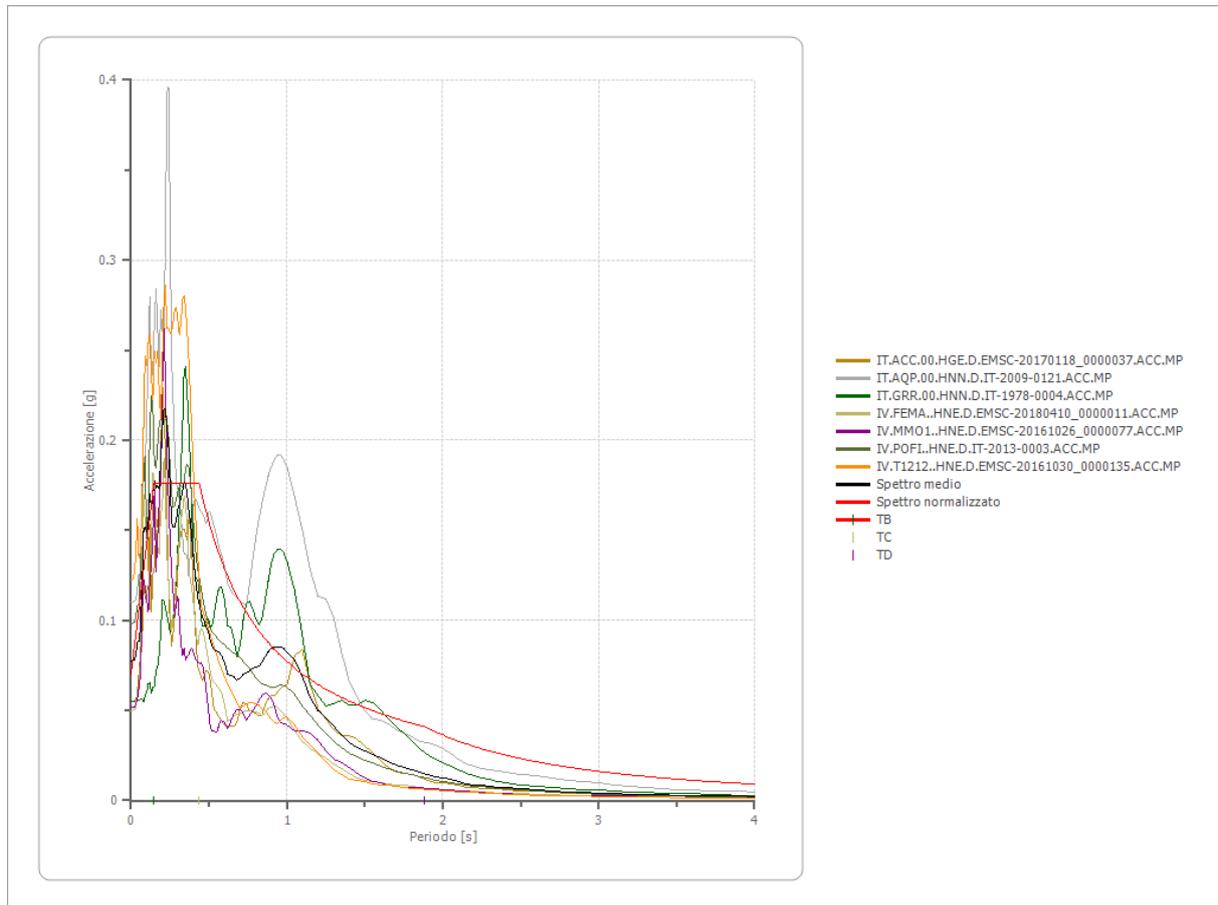
0.22	0.1763	0.48	0.1608	0.90	0.0857	2.05	0.0376		
0.23	0.1763	0.49	0.1575	0.92	0.0839	2.10	0.0367		
0.24	0.1763	0.50	0.1543	0.94	0.0821	2.15	0.0359		
0.25	0.1763	0.51	0.1513	0.96	0.0804	2.20	0.0351		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.070	2.515395	--	0.146	0.438	1.880	0.070	0.176	1.668

Confronto tra gli spettri

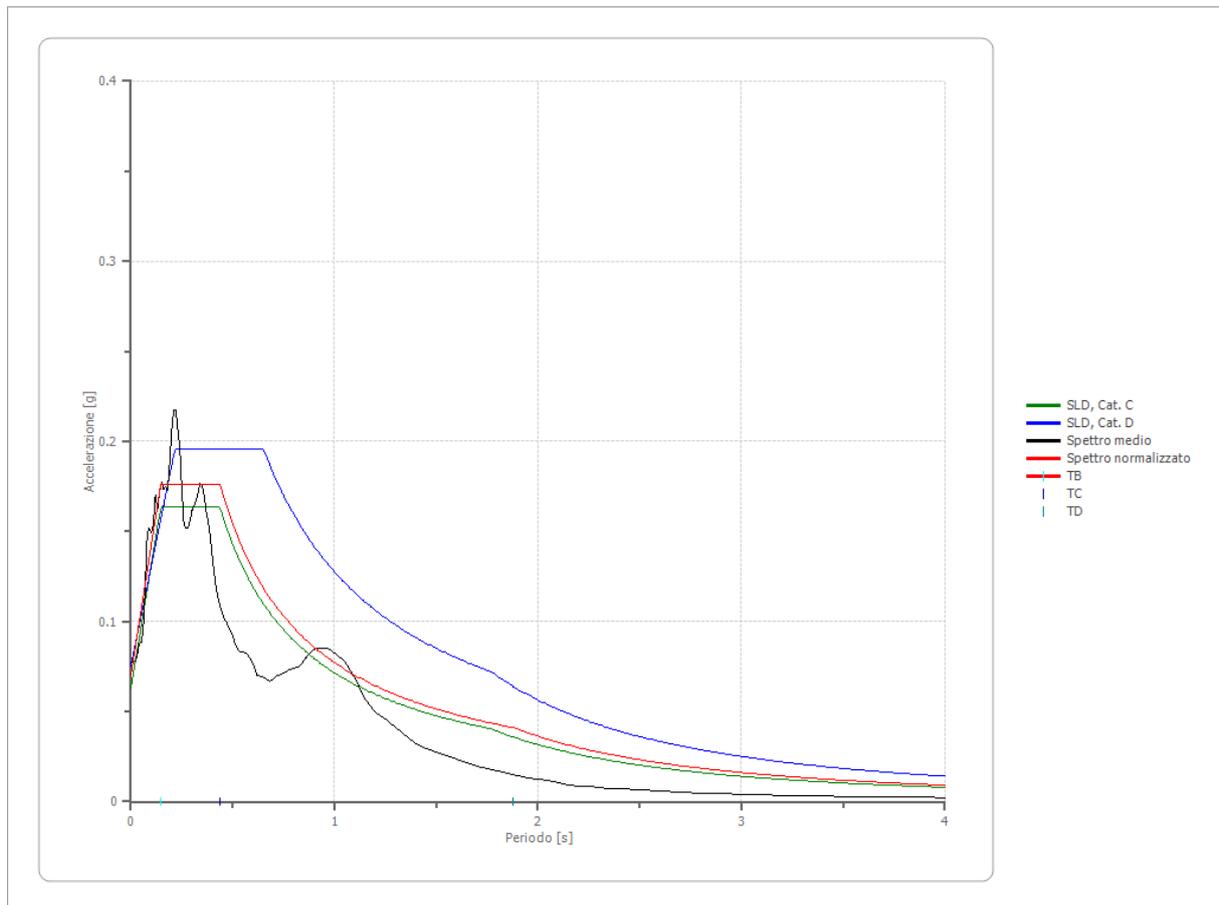


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardi a vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.081	0.096	0.035	0.042	0.081	0.096
Fo	2.576	2.593	2.774	2.833	2.576	2.593	2.774	2.833
Tc* [s]	0.246	0.271	0.33	0.345	0.246	0.271	0.33	0.345
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	2.52	2.40	2.18	2.13
TB [s]	0.137	0.146	0.167	0.172	0.207	0.217	0.239	0.245
TC [s]	0.410	0.438	0.500	0.515	0.620	0.651	0.718	0.734
TD [s]	1.740	1.768	1.924	1.984	1.740	1.768	1.924	1.984
Se(0) [g]	0.052	0.063	0.122	0.144	0.063	0.076	0.146	0.173
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.337	0.408	0.162	0.196	0.405	0.490

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00

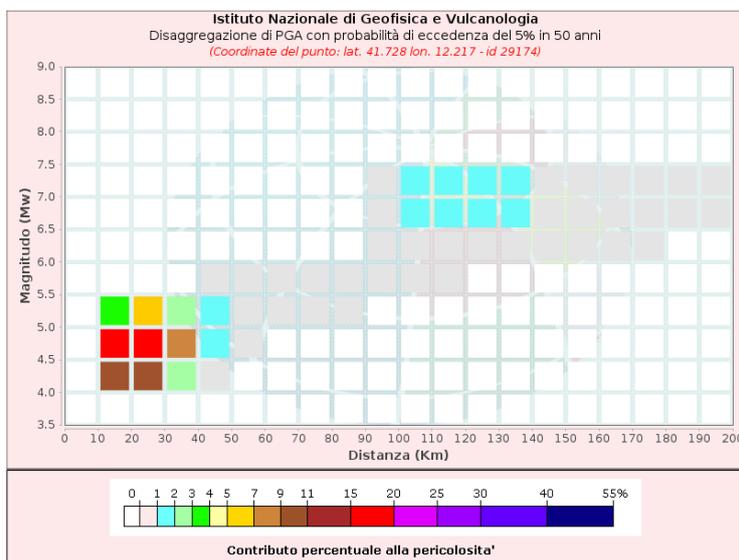


5.4 RSL – SLV

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.752733
	long.: 12.230392
Parametri progettazione:	Vita nominale V_n : 75 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso c_u : 1,5
	Tempo di Ritorno T_R : 712
	Stati limite di riferimento: SLV
Probabilità superamento P_{VR} :	5% (SLV)

DISAGGREGAZIONE PER SLV:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/ItacaNet_23

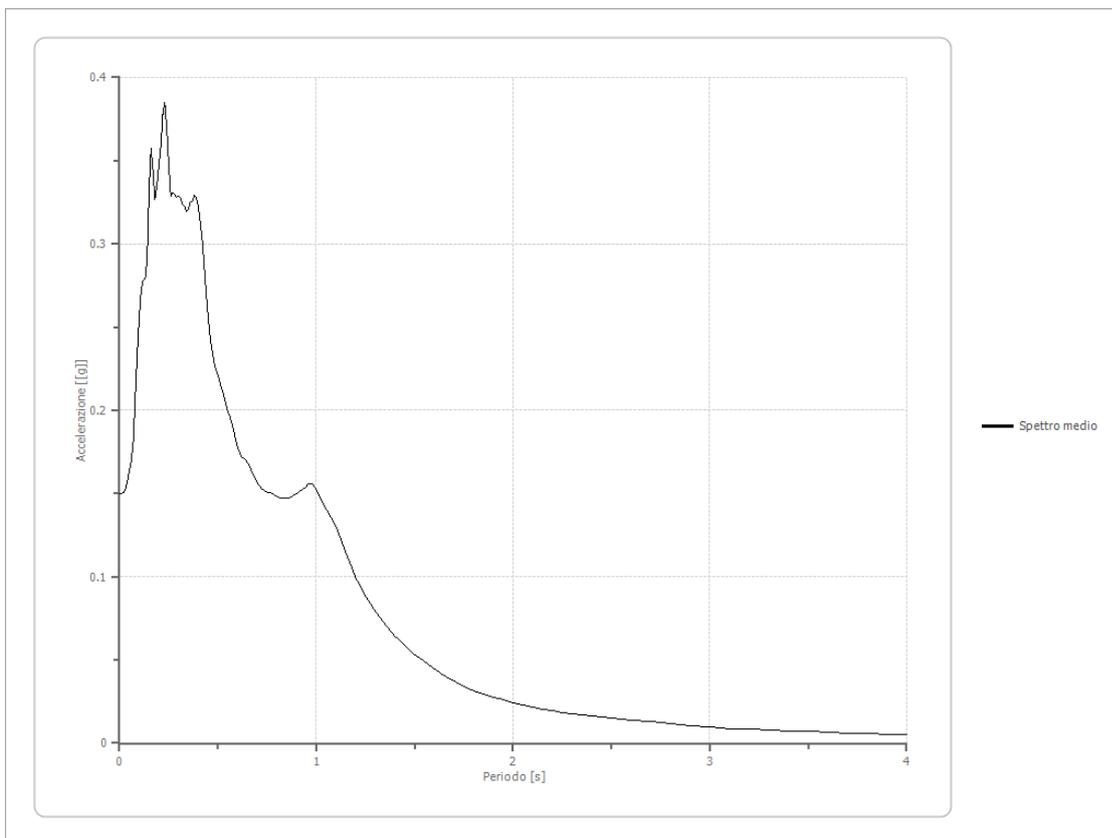
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.680 [s]
Tao	0.230 [s]
Tvo	1.000 [s]
Sami	2.415 [m/s ²]
Svmi	0.133 [m/s]
Samo	3.271 [m/s ²]
Svmo	0.226 [m/s]
Fa	1.355 [-]
Fv	1.697 [-]
TB	0.145 [s]
TC	0.434 [s]
TD	2.145 [s]
SA(0)	0.136 [g]
SA(TB)	0.333 [g]

Spettro medio di risposta elastico

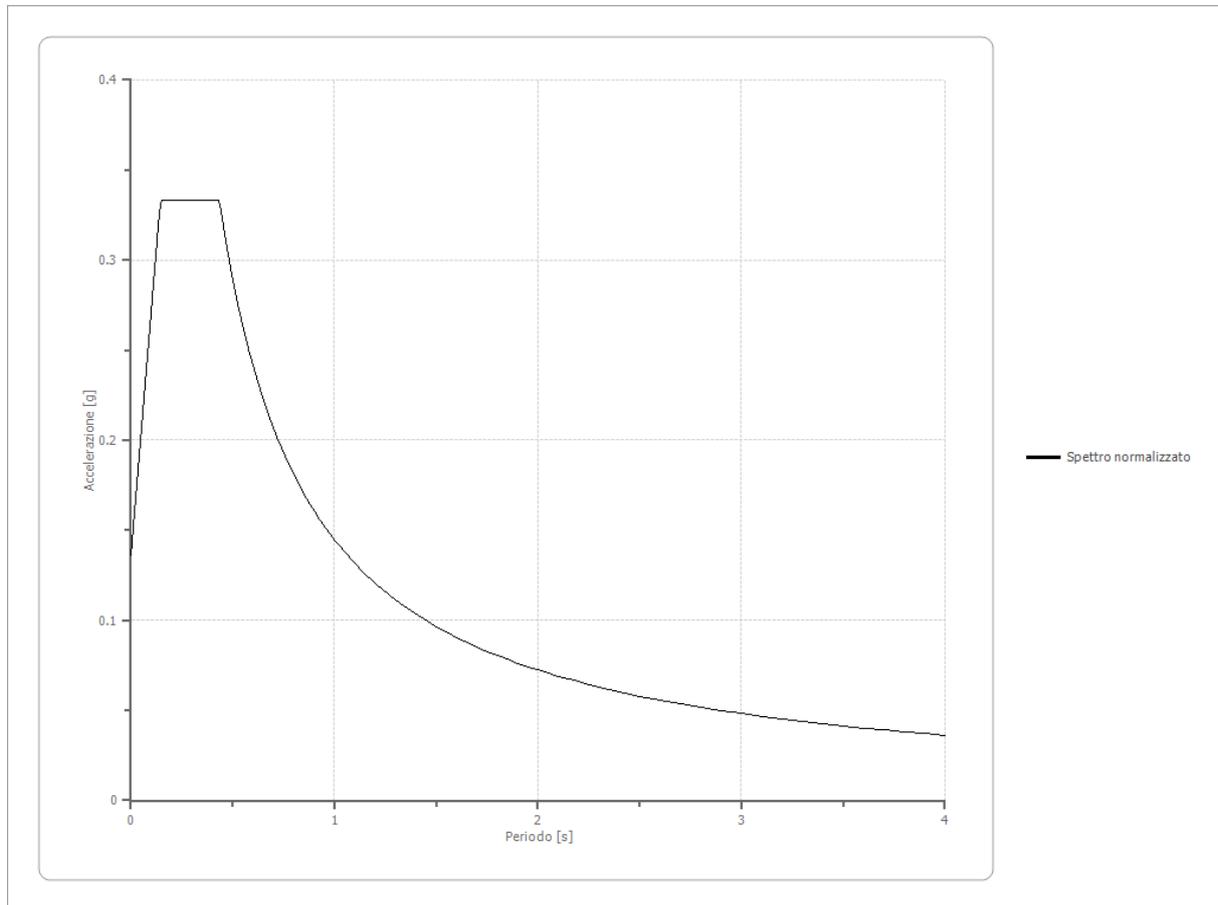
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.1499	0.26	0.3287	0.52	0.2129	0.98	0.1557	2.25	0.0186
0.01	0.1499	0.27	0.3306	0.53	0.2086	1.00	0.1527	2.30	0.0178
0.02	0.1509	0.28	0.3301	0.54	0.2044	1.05	0.1405	2.35	0.0169
0.03	0.1525	0.29	0.3281	0.55	0.1999	1.10	0.1305	2.40	0.0161
0.04	0.1574	0.30	0.3288	0.56	0.1966	1.15	0.1143	2.50	0.0151
0.05	0.1637	0.31	0.3277	0.57	0.1924	1.20	0.0994	2.60	0.0140
0.06	0.1696	0.32	0.3241	0.58	0.1877	1.25	0.0882	2.70	0.0129
0.07	0.1817	0.33	0.3225	0.60	0.1777	1.30	0.0790	2.80	0.0118
0.08	0.2096	0.34	0.3192	0.62	0.1720	1.35	0.0715	2.90	0.0107
0.09	0.2344	0.35	0.3210	0.64	0.1702	1.40	0.0644	3.00	0.0097
0.10	0.2561	0.36	0.3251	0.66	0.1670	1.45	0.0589	3.10	0.0087
0.11	0.2719	0.37	0.3257	0.68	0.1610	1.50	0.0531	3.20	0.0082
0.12	0.2781	0.38	0.3293	0.70	0.1566	1.55	0.0488	3.30	0.0078
0.13	0.2792	0.39	0.3277	0.72	0.1531	1.60	0.0447	3.40	0.0074
0.14	0.2913	0.40	0.3225	0.74	0.1510	1.65	0.0408	3.50	0.0069
0.15	0.3321	0.41	0.3135	0.76	0.1508	1.70	0.0372	3.60	0.0065
0.16	0.3575	0.42	0.3023	0.78	0.1500	1.75	0.0342	3.70	0.0062
0.17	0.3443	0.43	0.2875	0.80	0.1482	1.80	0.0315	3.80	0.0058
0.18	0.3264	0.44	0.2710	0.82	0.1476	1.85	0.0294	3.90	0.0055
0.19	0.3354	0.45	0.2568	0.84	0.1470	1.90	0.0277	4.00	0.0052
0.20	0.3477	0.46	0.2439	0.86	0.1472	1.95	0.0259		
0.21	0.3591	0.47	0.2362	0.88	0.1488	2.00	0.0241		
0.22	0.3777	0.48	0.2292	0.90	0.1498	2.05	0.0228		
0.23	0.3851	0.49	0.2246	0.92	0.1516	2.10	0.0217		
0.24	0.3695	0.50	0.2210	0.94	0.1532	2.15	0.0205		
0.25	0.3480	0.51	0.2169	0.96	0.1559	2.20	0.0195		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00



Spettro normalizzato di risposta elastico

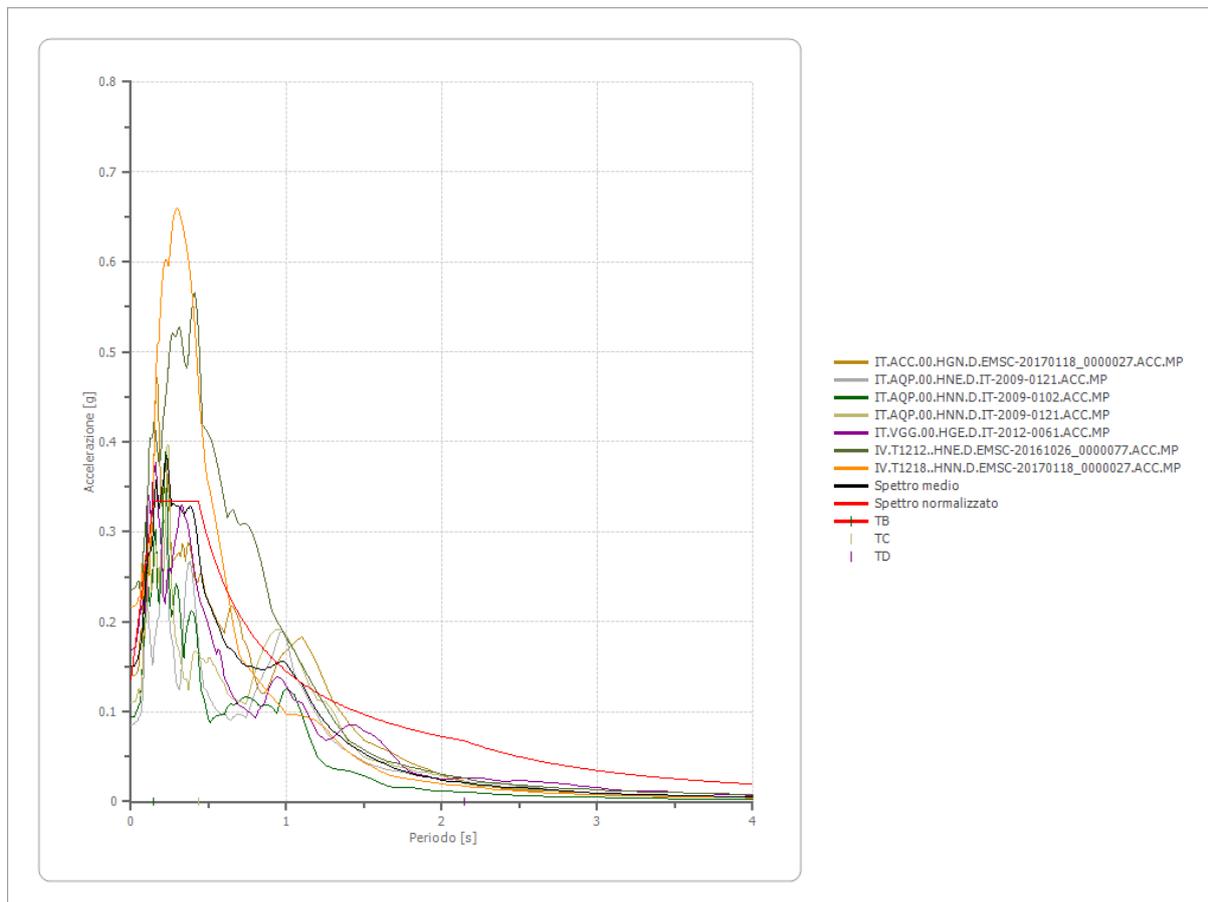
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.1363	0.26	0.3335	0.52	0.2785	0.98	0.1478	2.25	0.0644
0.01	0.1499	0.27	0.3335	0.53	0.2733	1.00	0.1448	2.30	0.0630
0.02	0.1636	0.28	0.3335	0.54	0.2682	1.05	0.1379	2.35	0.0616
0.03	0.1772	0.29	0.3335	0.55	0.2633	1.10	0.1317	2.40	0.0603
0.04	0.1908	0.30	0.3335	0.56	0.2586	1.15	0.1259	2.50	0.0579
0.05	0.2044	0.31	0.3335	0.57	0.2541	1.20	0.1207	2.60	0.0557
0.06	0.2180	0.32	0.3335	0.58	0.2497	1.25	0.1159	2.70	0.0536
0.07	0.2317	0.33	0.3335	0.60	0.2414	1.30	0.1114	2.80	0.0517
0.08	0.2453	0.34	0.3335	0.62	0.2336	1.35	0.1073	2.90	0.0499
0.09	0.2589	0.35	0.3335	0.64	0.2263	1.40	0.1035	3.00	0.0483
0.10	0.2725	0.36	0.3335	0.66	0.2194	1.45	0.0999	3.10	0.0467
0.11	0.2861	0.37	0.3335	0.68	0.2130	1.50	0.0966	3.20	0.0453
0.12	0.2998	0.38	0.3335	0.70	0.2069	1.55	0.0934	3.30	0.0439
0.13	0.3134	0.39	0.3335	0.72	0.2012	1.60	0.0905	3.40	0.0426
0.14	0.3270	0.40	0.3335	0.74	0.1957	1.65	0.0878	3.50	0.0414
0.15	0.3335	0.41	0.3335	0.76	0.1906	1.70	0.0852	3.60	0.0402
0.16	0.3335	0.42	0.3335	0.78	0.1857	1.75	0.0828	3.70	0.0391
0.17	0.3335	0.43	0.3335	0.80	0.1810	1.80	0.0805	3.80	0.0381
0.18	0.3335	0.44	0.3292	0.82	0.1766	1.85	0.0783	3.90	0.0371
0.19	0.3335	0.45	0.3218	0.84	0.1724	1.90	0.0762	4.00	0.0362
0.20	0.3335	0.46	0.3149	0.86	0.1684	1.95	0.0743		
0.21	0.3335	0.47	0.3082	0.88	0.1646	2.00	0.0724		
0.22	0.3335	0.48	0.3017	0.90	0.1609	2.05	0.0706		
0.23	0.3335	0.49	0.2956	0.92	0.1574	2.10	0.0690		
0.24	0.3335	0.50	0.2897	0.94	0.1541	2.15	0.0674		
0.25	0.3335	0.51	0.2840	0.96	0.1509	2.20	0.0658		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.136	2.446266	--	0.145	0.434	2.145	0.136	0.333	1.682

Confronto tra gli spettri

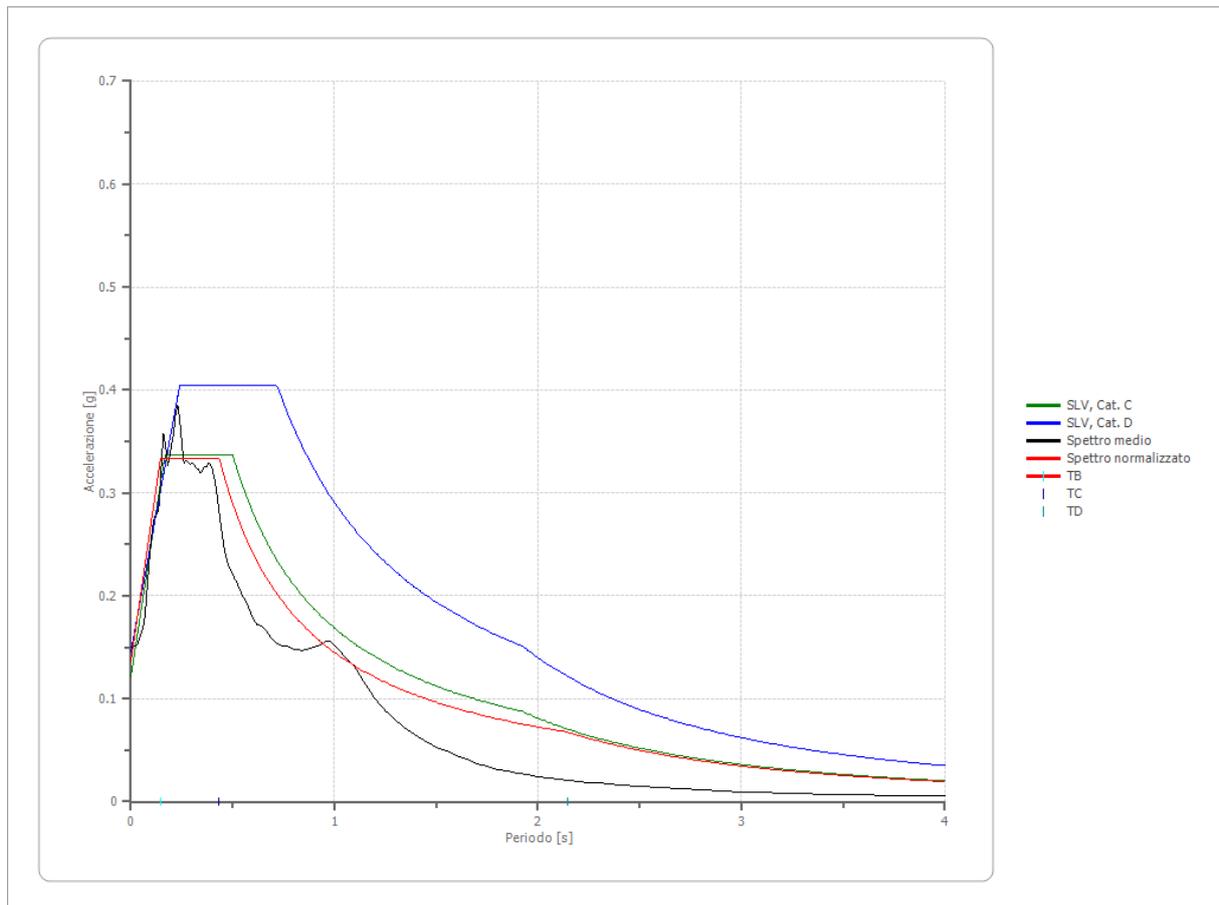


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardi a vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.081	0.096	0.035	0.042	0.081	0.096
Fo	2.576	2.593	2.774	2.833	2.576	2.593	2.774	2.833
Tc* [s]	0.246	0.271	0.33	0.345	0.246	0.271	0.33	0.345
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	2.52	2.40	2.18	2.13
TB [s]	0.137	0.146	0.167	0.172	0.207	0.217	0.239	0.245
TC [s]	0.410	0.438	0.500	0.515	0.620	0.651	0.718	0.734
TD [s]	1.740	1.768	1.924	1.984	1.740	1.768	1.924	1.984
Se(0) [g]	0.052	0.063	0.122	0.144	0.063	0.076	0.146	0.173
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.337	0.408	0.162	0.196	0.405	0.490

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00

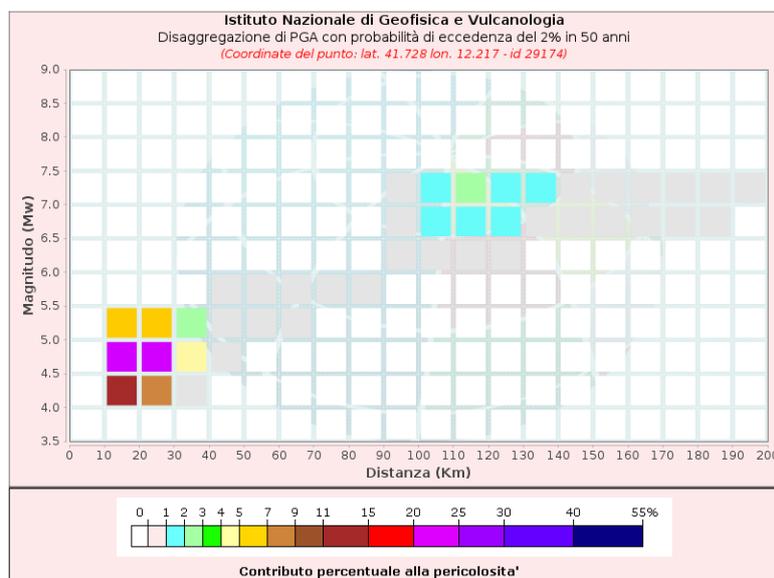


5.5 RSL – SLC

Dati di input:

Coordinate sito (ED50):	lat.: 41.752733
	long.: 12.230392
Parametri progettazione:	Vita nominale Vn: 50 anni
	Classe d'uso: III
	Coefficiente d'uso cu: 1,5
	Tempo di Ritorno TR: 1462
	Stati limite di riferimento: SLC
Probabilità superamento P _{VR} :	5% (SLV)

DISAGGREGAZIONE PER SLC:



Per l'estrazione degli accelerogrammi è stato utilizzato l'archivio accelero metrico Italiano – ITACA - http://itaca20.mi.ingv.it/itacaNet_23

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00

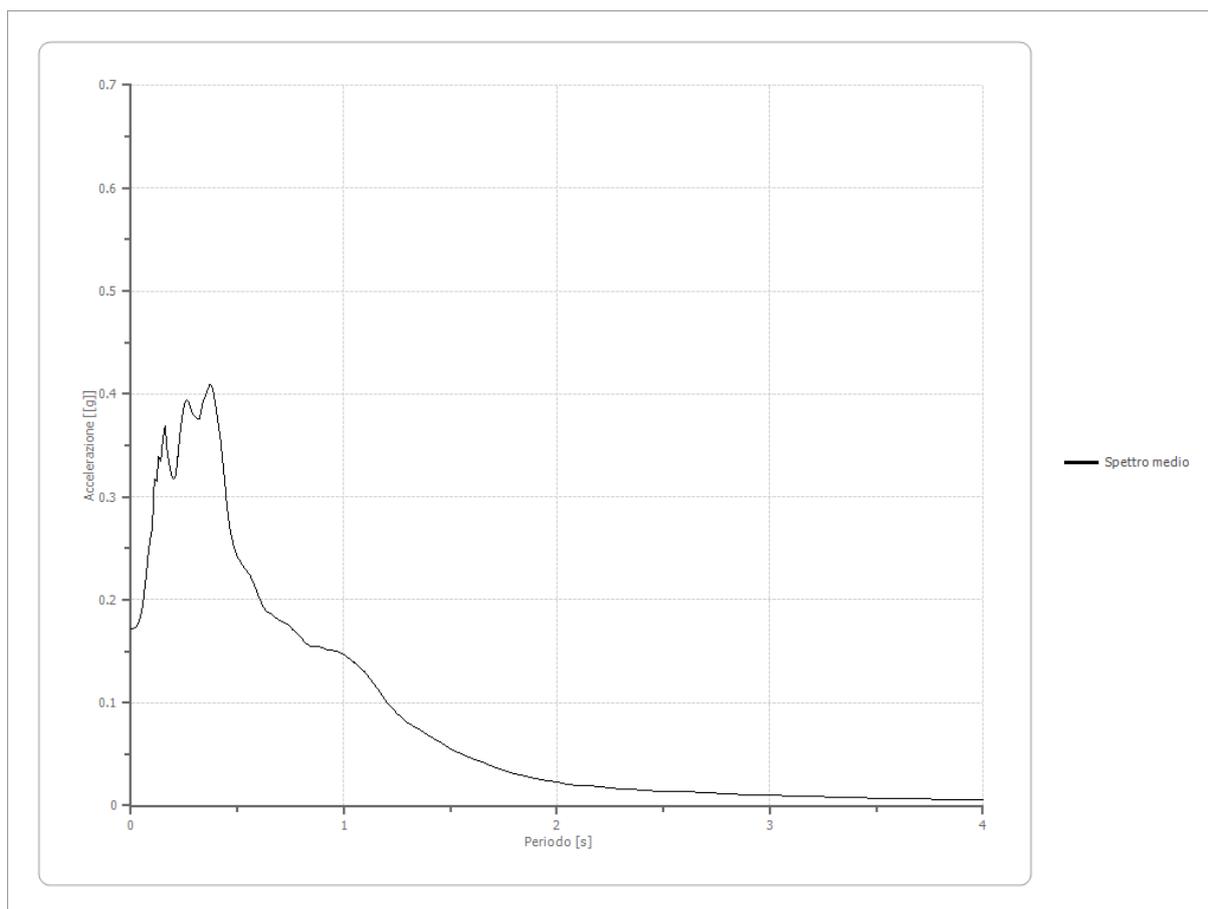
Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.130 [s]
Tvi	0.660 [s]
Tao	0.370 [s]
Tvo	1.050 [s]
Sami	2.670 [m/s ²]
Svmi	0.155 [m/s]
Samo	3.288 [m/s ²]
Svmo	0.235 [m/s]
Fa	1.232 [-]
Fv	1.516 [-]
TB	0.149 [s]
TC	0.448 [s]
TD	2.241 [s]
SA(0)	0.160 [g]
SA(TB)	0.335 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.1718	0.26	0.3941	0.52	0.2350	0.98	0.1488	2.25	0.0172
0.01	0.1718	0.27	0.3931	0.53	0.2319	1.00	0.1468	2.30	0.0163
0.02	0.1731	0.28	0.3861	0.54	0.2288	1.05	0.1382	2.35	0.0156
0.03	0.1750	0.29	0.3808	0.55	0.2258	1.10	0.1292	2.40	0.0149
0.04	0.1797	0.30	0.3776	0.56	0.2229	1.15	0.1158	2.50	0.0141
0.05	0.1882	0.31	0.3758	0.57	0.2190	1.20	0.1009	2.60	0.0133
0.06	0.2032	0.32	0.3759	0.58	0.2137	1.25	0.0892	2.70	0.0125
0.07	0.2216	0.33	0.3835	0.60	0.2029	1.30	0.0803	2.80	0.0116
0.08	0.2413	0.34	0.3942	0.62	0.1940	1.35	0.0739	2.90	0.0107
0.09	0.2584	0.35	0.3977	0.64	0.1884	1.40	0.0675	3.00	0.0098
0.10	0.2693	0.36	0.4044	0.66	0.1863	1.45	0.0613	3.10	0.0091
0.11	0.3175	0.37	0.4087	0.68	0.1826	1.50	0.0548	3.20	0.0086
0.12	0.3155	0.38	0.4075	0.70	0.1802	1.55	0.0505	3.30	0.0082
0.13	0.3393	0.39	0.3982	0.72	0.1777	1.60	0.0462	3.40	0.0078
0.14	0.3349	0.40	0.3851	0.74	0.1750	1.65	0.0418	3.50	0.0074
0.15	0.3563	0.41	0.3707	0.76	0.1713	1.70	0.0377	3.60	0.0070
0.16	0.3691	0.42	0.3557	0.78	0.1673	1.75	0.0339	3.70	0.0066
0.17	0.3445	0.43	0.3367	0.80	0.1629	1.80	0.0307	3.80	0.0062
0.18	0.3309	0.44	0.3158	0.82	0.1587	1.85	0.0284	3.90	0.0059
0.19	0.3202	0.45	0.2925	0.84	0.1547	1.90	0.0262	4.00	0.0056
0.20	0.3179	0.46	0.2746	0.86	0.1542	1.95	0.0242		
0.21	0.3206	0.47	0.2638	0.88	0.1547	2.00	0.0223		
0.22	0.3386	0.48	0.2541	0.90	0.1533	2.05	0.0210		
0.23	0.3612	0.49	0.2472	0.92	0.1513	2.10	0.0199		
0.24	0.3768	0.50	0.2421	0.94	0.1515	2.15	0.0190		
0.25	0.3899	0.51	0.2383	0.96	0.1505	2.20	0.0181		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00

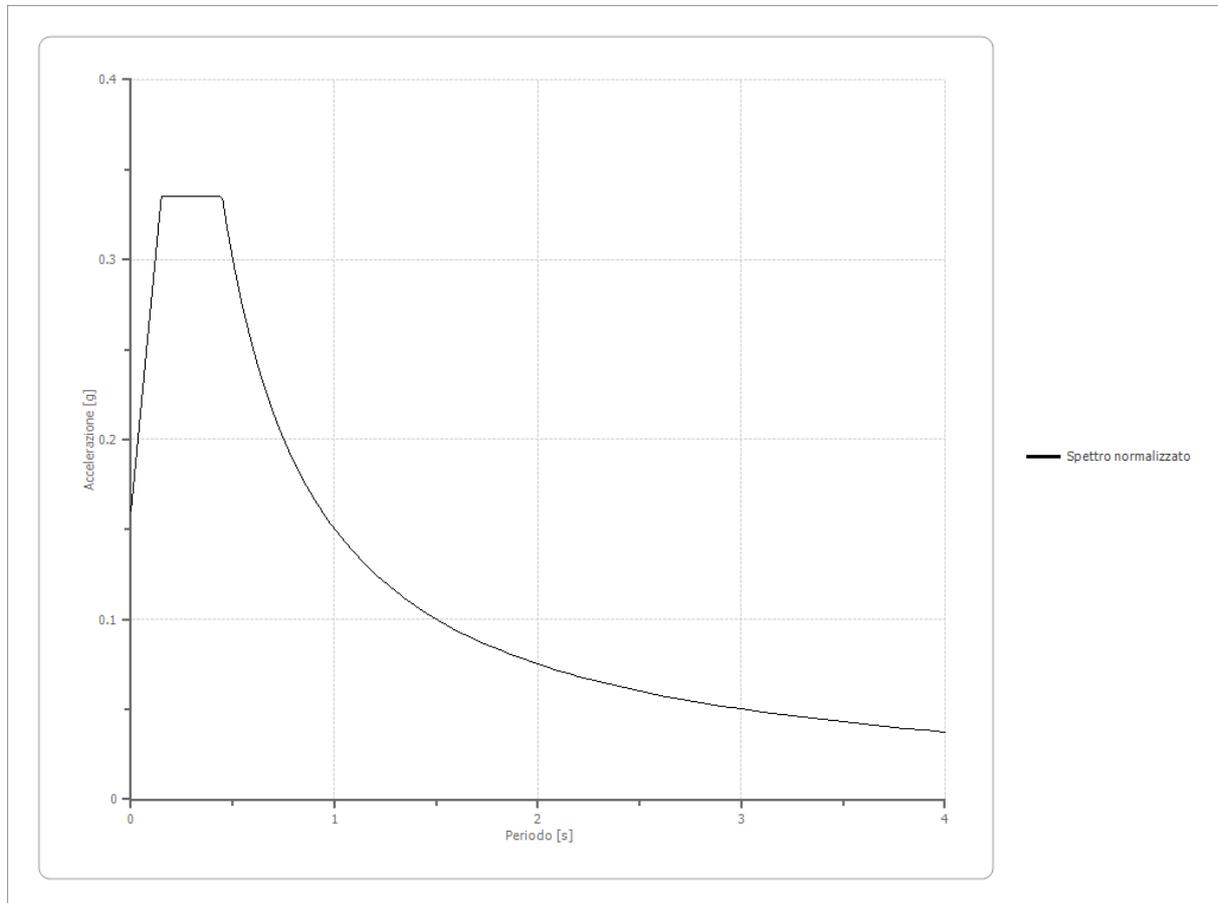


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.1601	0.26	0.3352	0.52	0.2890	0.98	0.1534	2.25	0.0668
0.01	0.1718	0.27	0.3352	0.53	0.2836	1.00	0.1503	2.30	0.0653
0.02	0.1836	0.28	0.3352	0.54	0.2783	1.05	0.1431	2.35	0.0640
0.03	0.1953	0.29	0.3352	0.55	0.2733	1.10	0.1366	2.40	0.0626
0.04	0.2070	0.30	0.3352	0.56	0.2684	1.15	0.1307	2.50	0.0601
0.05	0.2187	0.31	0.3352	0.57	0.2637	1.20	0.1253	2.60	0.0578
0.06	0.2304	0.32	0.3352	0.58	0.2591	1.25	0.1202	2.70	0.0557
0.07	0.2421	0.33	0.3352	0.60	0.2505	1.30	0.1156	2.80	0.0537
0.08	0.2538	0.34	0.3352	0.62	0.2424	1.35	0.1113	2.90	0.0518
0.09	0.2655	0.35	0.3352	0.64	0.2348	1.40	0.1074	3.00	0.0501
0.10	0.2772	0.36	0.3352	0.66	0.2277	1.45	0.1037	3.10	0.0485
0.11	0.2890	0.37	0.3352	0.68	0.2210	1.50	0.1002	3.20	0.0470
0.12	0.3007	0.38	0.3352	0.70	0.2147	1.55	0.0970	3.30	0.0455
0.13	0.3124	0.39	0.3352	0.72	0.2088	1.60	0.0939	3.40	0.0442
0.14	0.3241	0.40	0.3352	0.74	0.2031	1.65	0.0911	3.50	0.0429
0.15	0.3352	0.41	0.3352	0.76	0.1978	1.70	0.0884	3.60	0.0418
0.16	0.3352	0.42	0.3352	0.78	0.1927	1.75	0.0859	3.70	0.0406
0.17	0.3352	0.43	0.3352	0.80	0.1879	1.80	0.0835	3.80	0.0396
0.18	0.3352	0.44	0.3352	0.82	0.1833	1.85	0.0812	3.90	0.0385
0.19	0.3352	0.45	0.3340	0.84	0.1789	1.90	0.0791	4.00	0.0376
0.20	0.3352	0.46	0.3267	0.86	0.1748	1.95	0.0771		
0.21	0.3352	0.47	0.3198	0.88	0.1708	2.00	0.0752		

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00

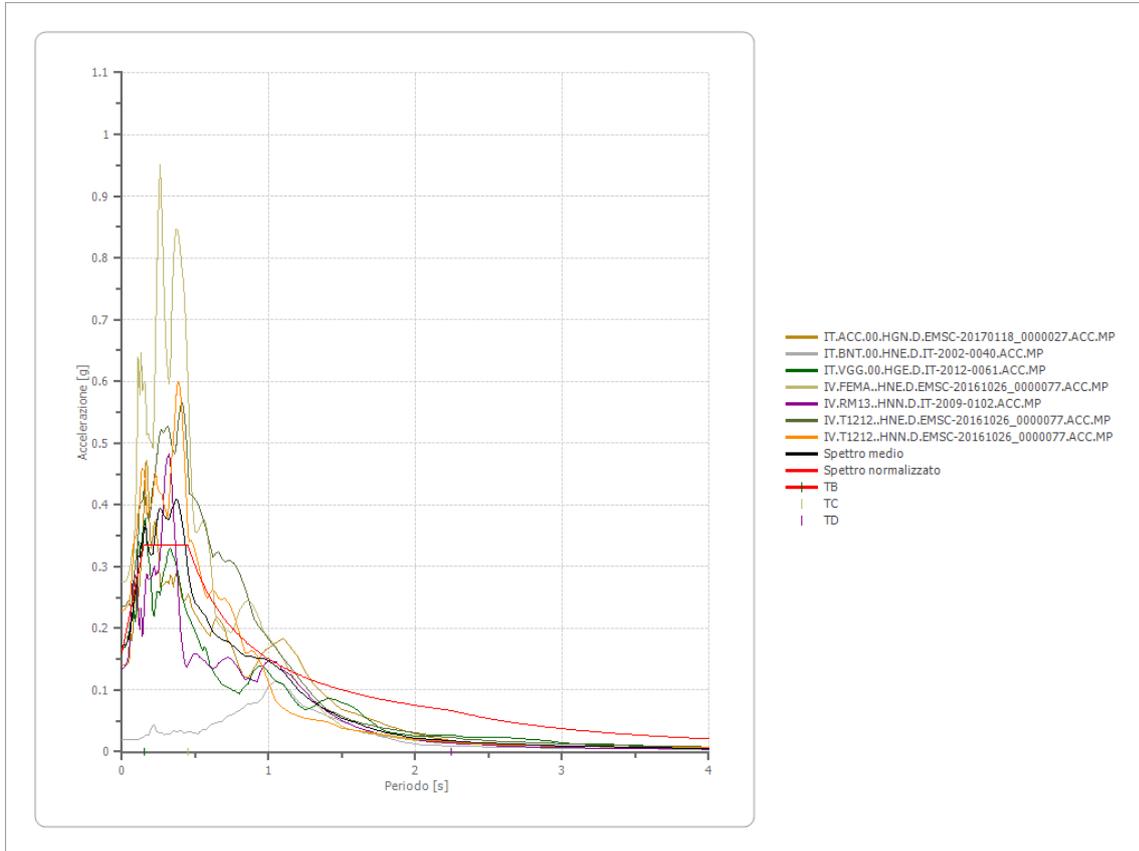
0.22	0.3352	0.48	0.3131	0.90	0.1670	2.05	0.0733		
0.23	0.3352	0.49	0.3067	0.92	0.1634	2.10	0.0716		
0.24	0.3352	0.50	0.3006	0.94	0.1599	2.15	0.0699		
0.25	0.3352	0.51	0.2947	0.96	0.1566	2.20	0.0683		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.160	2.09323	--	0.149	0.448	2.241	0.160	0.335	1.668

Confronto tra gli spettri

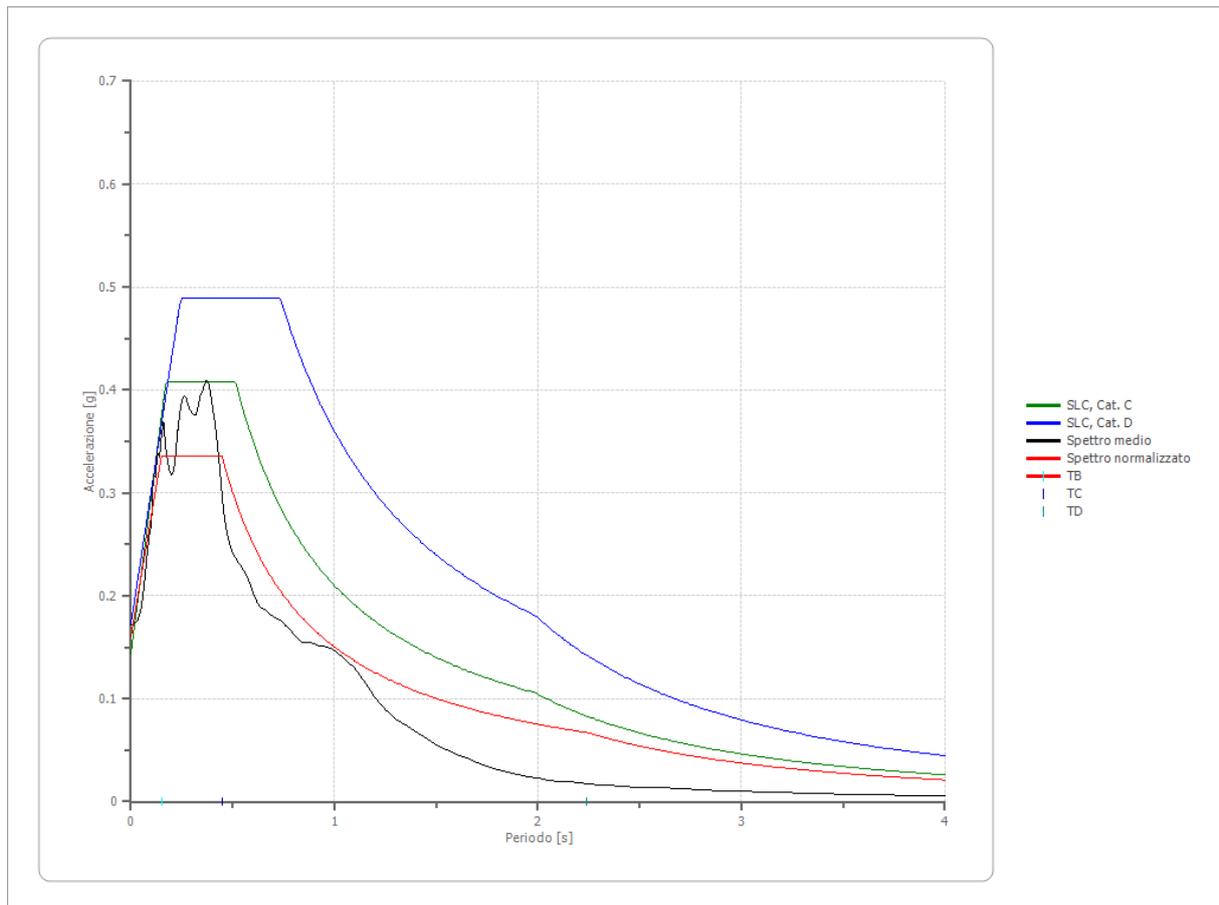


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardi a vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.035	0.042	0.081	0.096	0.035	0.042	0.081	0.096
Fo	2.576	2.593	2.774	2.833	2.576	2.593	2.774	2.833
Tc* [s]	0.246	0.271	0.33	0.345	0.246	0.271	0.33	0.345
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.62	1.51	1.49	2.52	2.40	2.18	2.13
TB [s]	0.137	0.146	0.167	0.172	0.207	0.217	0.239	0.245
TC [s]	0.410	0.438	0.500	0.515	0.620	0.651	0.718	0.734
TD [s]	1.740	1.768	1.924	1.984	1.740	1.768	1.924	1.984
Se(0) [g]	0.052	0.063	0.122	0.144	0.063	0.076	0.146	0.173
Se(TB) [g]	0.135	0.163	0.337	0.408	0.162	0.196	0.405	0.490

RISPOSTE SISMICHE LOCALI
P0031150-D-0-MP00-XX-REL-NN_00



5.6 RIEPILOGO RISULTATI RSL

TABELLA PARAMETRI RSL

CLASSE D'USO III VITA NOMINALE 50

STATI LIMITE	Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
	<i>Accelerazione orizzontale massima in superficie</i>	<i>Fattore di amplificazione spettrale massima</i>	<i>Periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale</i>	<i>Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante</i>	<i>Periodo corrispondente inizio tratto a velocità costante</i>	<i>Periodo inizio tratto a spostamento costante</i>	<i>Accelerazione Spettro orizzontale al tempo 0</i>	<i>Inizio del tratto Spettro orizzontale ad accelerazione massima e costante</i>
SLO	0.058	2.581	0.382	0.127	0.382	1.833	0.058	0.150
SLD	0.070	2.515	0.438	0.146	0.438	1.880	0.070	0.176
SLV	0.136	2.446	0.434	0.145	0.434	2.145	0.136	0.333
SLC	0.160	2.093	0.448	0.149	0.448	2.241	0.160	0.335

Deduzioni Risposta Sismica Locale, secondo quanto redatto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018

Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, è stato confrontato lo spettro di risposta medio regolarizzato ottenuto dallo studio di RSL della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni.

L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di RSL e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{min}, e il maggiore, T_{max}, dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica.

In questo intervallo sono state valutate le seguenti due condizioni:

1. lo spettro di RSL supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
2. l'integrale dello spettro di RLS è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Alla luce di ciò, considerando che nessuna delle due condizioni è verificata, è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica di categoria D.

In fase progettuale è comunque consigliabile verificare i periodi di vibrazione di interesse dell'opera con quelli dello spettro di RSL e degli Spettri di Normativa.

FIUMICINO
WATERFRONT

SOGGETTO ESECUTORE E FINANZIATORE



INTERVENTO N. 146



CITTÀ DI
FIUMICINO

SOGGETTO PROPONENTE ED ATTUATORE



RINA CONSULTING S.P.A.

Via Antonio Cecchi 6, 16129 Genova
tel +39 010 31961
www.rina.org
Registro imprese di Genova: 03476550102
Partita IVA: 03476550102



Atelier(s) Alfonso Femia s.r.l.

Via Interiano 3/11, 16124 Genoa
tel. +39 010.540095 fax 010.5702094
Via Cadolini 32/38, 20137 Milan
tel. +39 02.54019701 fax 010.54115512
55 rue des petites écuries, 75010 Paris
tel +331.42462894
genova@atelierfemia.com - www.atelierfemia.com
Registro imprese di Genova: 01601780990
Partita IVA: 01601780990



RESPONSABILE COORDINAMENTO
DELLE DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. **ALESSANDRO ODASSO**
Direttore Tecnico - Rina Consulting S.p.A.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Alfonso FEMIA - Architettura e Landscape
Ing. Marco COMPAGNINO - Studio di impatto ambientale
Dott. Sandro LORENZATTI - Archeologia
Ing. Michele DI LAZZARO - Studio Idraulico e idrologico
Arch. Riccardo COCCIA - Prevenzione incendi
Ing. Alessandro VITA - Studio Geotecnico
Dott. Geol. Roberto SALUCCI - Geologia
Ing. Federico BARABINO - Sicurezza
Dott. Geol. Paolo RAVASCHIO - Rilevi e indagini
Ing. Flavio MARANGON - Studio trasportistico
Ing. Bruno RAMPINELLI ROTA - Compatibilità vincoli aeronautici

COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE

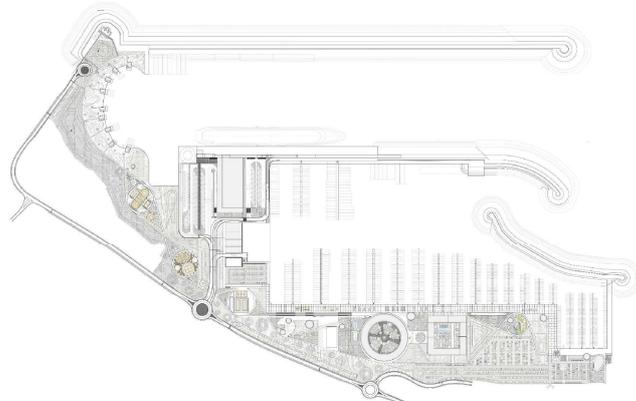
Ing. Marino BALZARINI - Project Management Consultancy
Arch. Paola DEL BIANCO - Project Manager Deputy
Ing. Alessandro PIAZZA - Coordinamento Opere Civili
Ing. Damiano SCARCELLA - Coordinamento Opere Marittime
Arch. Sara GOTTARDO - Coordinamento Architettura e Landscape

UNITÀ DI PROGETTO

Ing. Massimo GUIDI - Dirigente Comune di Fiumicino

PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA CUP:F1122000320007

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA



00_INQUADRAMENTO GENERALE GEOLOGIA E IDROLOGIA-GEOTECNICA-SISMICA RELAZIONE SULLA LIQUEFAZIONE

COMMESSA	SERVIZIO LOTTO	OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROG.	REV.	SCALA
P0031150	D0	MP00	GI	REL	06	00	-

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
00	Emissione per approvazione	A.Vita/G.Scarpelli	A.Piazza	A.Odasso	31/07/2023
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

NOME FILE: P0031150-D-0-MP00-GI-REL-06_00

INDICE

	Pagina
INDICE DELLE TABELLE	2
INDICE DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1 PREMESSA	4
2 NORME E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	5
3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
4 CAMPAGNE DI INDAGINE	7
5 INDICAZIONI NORMATIVE	10
6 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	13
7 SISMICITÀ STORICA DELL'AREA	15
7.1 DATABASE "CPTI15"	15
7.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA	18
7.3 MAGNITUDO ALLA SCALA DI SITO	19
7.4 ANALISI DI DISAGGREGAZIONE	20
7.5 SINTESI DELLE DIVERSE MAGNITUDO DI RIFERIMENTO	21
8 VALUTAZIONE DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE	22
8.1 VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLE DIVERSE PROFONDITÀ	22
8.2 VALUTAZIONE DEL RAPPORTO DI SFORZO CICLICO CSR	23
8.3 VALUTAZIONE DEL RAPPORTO DI RESISTENZA CICLICA CRR	24
8.3.1 Metodologia di Robertson (2009)	25
8.4 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	27
8.5 RISULTATI DA PROVE IN SITO	28
9 CONCLUSIONI	31
10 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO	32
BIBLIOGRAFIA	33

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4.1:	Suddivisione dei sondaggi geognostici per area di appartenenza	9
Tabella 6.1:	Parametri sismici relativi al sito di Fiumicino	14
Tabella 7.1:	Osservazioni sismiche per Fiumicino contenute nel catalogo CPTI15	16
Tabella 7.2:	Parametri sismici di base relativi al sito di Fiumicino	19

INDICE DELLE FIGURE

Figura 4.1:	Individuazione delle aree per la caratterizzazione	7
Figura 4.2:	Individuazione delle aree per la caratterizzazione (zoom 1)	8
Figura 4.3:	Individuazione delle aree per la caratterizzazione (zoom 2)	8
Figura 5.1:	Fusi granulometrici per verifica liquefazione	10
Figura 5.2:	Resistenza penetrometrica normalizzata relativa alle verticali CPTUT09 (BHT01), CPTUT10 (BHT02), CPTUT11 (BHT03) e CPTUT12 (BHT04)	11
Figura 5.3:	Distribuzione granulometrica dei campioni prelevati durante la campagna di indagine 2022 rispetto ai campi di suscettività alla liquefazione previsti dalla Norma (Ia e IIb)	12
Figura 6.1:	Pericolosità sismica per il porto di Fiumicino (10% probabilità di superamento in 50 anni)	14
Figura 7.1:	Distribuzione degli eventi CPTI15 per classi di Mw	15
Figura 7.2:	Eventi sismici nell'intorno del Comune di Fiumicino	17
Figura 7.3:	Zonazione sismogenetica	18
Figura 7.4:	Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche (DISS3 – INGV)	19
Figura 7.5:	Pericolosità sismica per il porto di Fiumicino	20
Figura 8.1:	Relazione tra numero di cicli equivalenti e magnitudo (modificata da Seed et al., 1975)	23
Figura 8.2:	Procedura per la valutazione della resistenza alla liquefazione $CRR_{7,5}$ secondo la metodologia di Robertson (2009)	25
Figura 8.3:	Andamento della probabilità di liquefazione PL in funzione del fattore di sicurezza FS proposto da Ku et al. (2012)	27
Figura 8.4:	Planimetria con individuati i punti di analisi	28
Figura 8.5:	Verifica alla liquefazione secondo la metodologia di Robertson (2009)	29
Figura 8.6:	Verifica alla liquefazione secondo la metodologia di Robertson (2009)	30

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

%	Percentuale
cm/s ²	Centimetri al secondo quadro
km	Chilometri
kPa	Chilo Pascal
m	Metri
mm	Millimetri
BH	BoreHole
(N ₁) ₆₀	resistenza determinata in prove SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
a _g	Accelerazione attesa su suolo rigido
a _{max}	Accelerazione massima orizzontale
C _N	Fattore di normalizzazione della resistenza alla penetrazione statica
CPTu	Cone Penetration Test con piezocono
CRR	Cyclic Resistance Ratio
CRR _{7.5}	Parametro CRR per magnitudo 7.5
CSR	Cyclic Stress Ratio
Dr	Densità relativa
F _{SL}	Fattore di sicurezza
g	Accelerazione di gravità
I _c	Indice di comportamento del terreno
K _α	Fattore correttivo dell'influenza prodotta sul parametro CRR da uno sforzo di taglio statico agente ad una certa profondità in conseguenza della inclinazione del piano campagna
K _σ	Fattore correttivo per valori elevati della tensione geostatica
LPI	Potenziale di liquefazione
M	Magnitudo di riferimento
M _L	Magnitudo momento onde di superficie
M _{max}	Magnitudo massima
M _{medio}	Magnitudo media
M _{min}	Magnitudo minima
MSF	Magnitude Scaling Factor
M _W	Magnitudo momento sismico
P _a	Pressione atmosferica
P _L	Probabilità di liquefazione
q _c	Resistenza alla punta
q _{c1N}	resistenza determinata in prove CPT normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa
r _d	Coefficiente di riduzione dello sforzo
SPT	Standard Penetration Test
S _s	Categoria di sottosuolo
S _T	Categoria topografica
T _R	Tempo di ritorno
U _C	Coefficiente di uniformità
V _R	Periodo di riferimento
z	Profondità
σ' _{v0}	Tensione geostatica verticale efficace ad una data profondità
σ _{v0}	Tensione geostatica verticale totale ad una data profondità
τ _c	Sforzo di taglio ciclico
τ _{max}	Valore di picco dello sforzo di taglio

1 PREMESSA

Nell'ambito della progettazione del nuovo Porto turistico - crocieristico presso l'isola Sacra di Fiumicino (RM), RINA Consulting S.p.A. ha richiesto alla scrivente GES srl uno studio sullo stato delle conoscenze del sottosuolo dove sono previste le opere portuali, tenendo conto sia di quanto è a conoscenza della GES a seguito di precedenti attività di consulenza di questa società che riguardavano l'area, sia dei risultati delle indagini recenti disposte dal RINA per questa specifica progettazione.

L'attuale fase di progettazione è a valle della rivisitazione del Master Plan di Ottobre 2022 redatto dalla Fiumicino Waterfront S.r.l., attuale titolare della concessione, con la quale è stata definita con maggior dettaglio la distribuzione degli elementi architettonici e funzionali che compongono l'edificio con funzioni turistico-crocieristiche, sia di quelli che servono per realizzare l'accosto della nave da crociera e gli ormeggi delle imbarcazioni da diporto, sia di quelli con cui si articola l'assetto del "water front", dove sono previsti edifici multipiano che contengono servizi per la marina e un albergo, ed importanti elementi architettonici di arredo urbano.

Il presente documento illustra le analisi svolte per la verifica della stabilità del sito di costruzione rispetto ai fenomeni di liquefazione dei terreni interessati nell'area della nuova struttura ricettiva turistico-crocieristica, di seguito denominata Terminal.

.In generale, il fenomeno della liquefazione è causa di riduzione della resistenza al taglio dei terreni per accumulo di sovrappressioni neutre e di cedimenti conseguenti alla loro dissipazione post sismica. Con riferimento alle strutture che interagiscono con i terreni, per quanto riguarda i paramenti verticali di banchina, la liquefazione può determinare l'aumento delle spinte a monte e un incremento delle sollecitazioni verticali per effetto dell'assestamento del terreno secondo un fenomeno di attrito negativo. Per l'area del Nuovo Terminal e i relativi parcheggi, la liquefazione può determinare riduzioni di capacità portante e cedimenti verticali dei riempimenti, come pure azioni conseguenti all'attrito negativo sulle fondazioni profonde.

A premessa di quanto di seguito illustrato, si chiarisce che la valutazione del potenziale di liquefazione viene sviluppata prendendo a riferimento i dati sperimentali indicati dalla Relazione di caratterizzazione (P0031150-D-0-MP00-GI-REL-04_00: Relazione di caratterizzazione geotecnica).

Questo documento risulta articolato nei seguenti capitoli:

- Capitolo 2: NORME E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO
- Capitolo 3: DOCUMENTI DI RIFERIMENTO
- Capitolo 4: CAMPAGNE DI INDAGINE
- Capitolo 5: INDICAZIONI NORMATIVE
- Capitolo 6: DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA
- Capitolo 7: SISMICITÀ STORICA DELL'AREA
- Capitolo 8: VALUTAZIONE DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE

2 NORME E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

- ✓ DM Infrastrutture 17 gennaio 2018 “NTC 2018” (G.U. 20 febbraio 2018 n.42, supplemento ordinario n.8);
- ✓ Circolare 21 gennaio 2019 n.7/C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17 gennaio 2018”;
- ✓ Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche dell’Associazione Geotecnica Italiana (AGI) (1977).

Per quanto non prescritto dalle Norme nazionali, si fa riferimento a quanto stabilito dalle normative europee di settore, nello specifico l’Eurocodice 7 Parte 2 sull’impiego delle indagini per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione delle opere.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- ✓ P0031150-D-0-MP00-GI-REL-04_00 – Relazione di caratterizzazione geotecnica
- ✓ P0031150-D-0-MP00-GI-REL-03_00 – Relazione geologica e idrogeologia
- ✓ P0031150-D-0-MP00-GI-REP-01_00 – Risultati indagini geognostiche integrative 2023
- ✓ P0031150-D-0-MP00-GI-REP-02_00 – Risposte sismiche locali
- ✓ P0031150-D-0-MP00-GI-SEZ-01_00 – Tavola sinottica delle sezioni geotecniche

4 CAMPAGNE DI INDAGINE

Per la caratterizzazione geotecnica, sono stati considerati i risultati delle campagne di indagine eseguite nell'area negli anni 2003, 2009 e 2014 integrandoli con i dati della campagna di indagine recente, del 2022. Nell'insieme, i dati raccolti permettono di delineare per l'area di intervento un quadro geotecnico completo ed esaustivo.

Per razionalizzare, è possibile organizzare i dati accorpendoli per aree che, per profilo stratigrafico e proprietà dei terreni, si presentano come omogenee. In particolare, è possibile individuare le 6 aree distinte che sono rappresentate in Figura 4.1:

- **Onshore Area:** coincidente con l'attuale zona a terra;
- **Area 1:** comprendente il molo Claudio e l'area di sedime del Terminal;
- **Area 2:** ricade nella zona compresa tra il Molo Claudio e l'attuale linea di costa;
- **Area 3 e Area 4:** dove è previsto solo un intervento di dragaggio;
- **Area 5:** area di sedime del Molo Traiano.

In Figura 4.2 e Figura 4.3 sono evidenziate le posizioni delle verticali di indagine ricadenti nelle diverse aree; un elenco di tutti i sondaggi eseguiti si ritrova invece in Tabella 4.1.

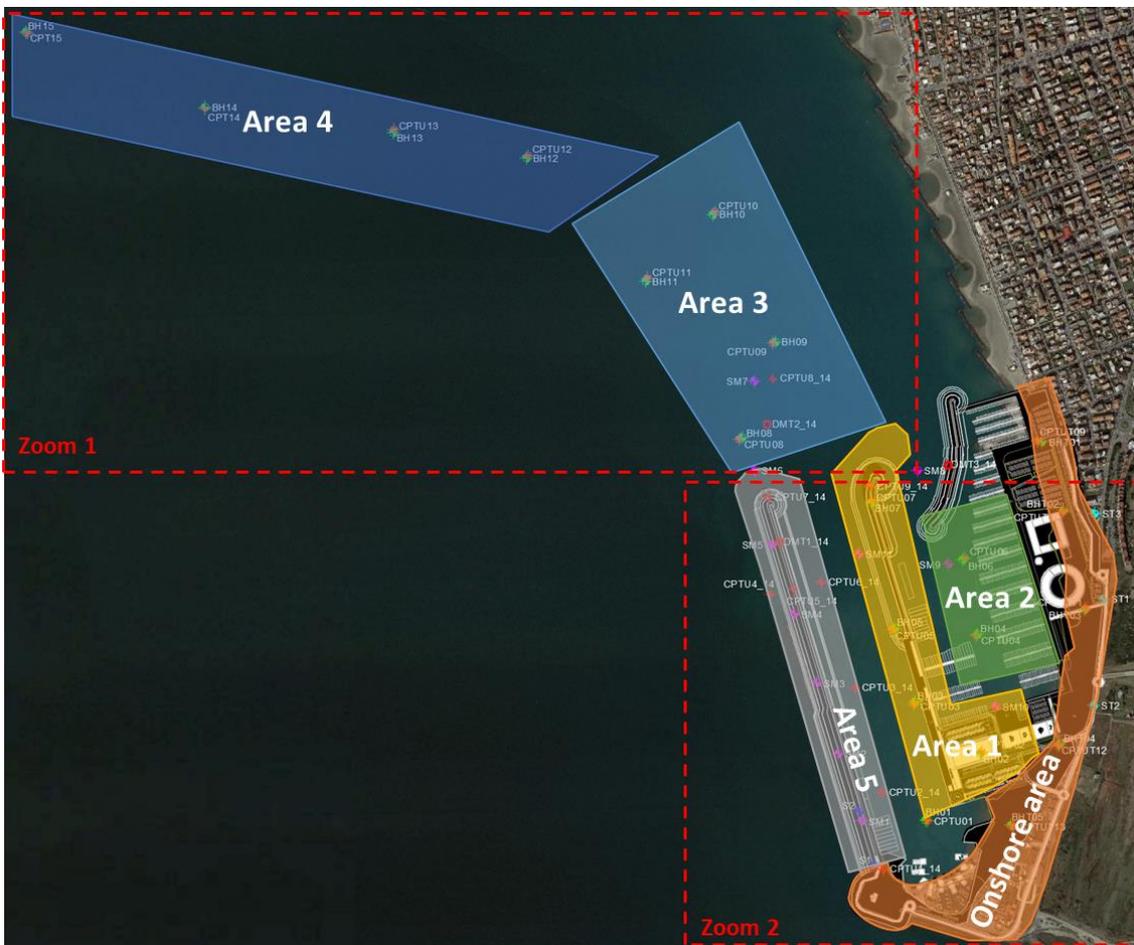


Figura 4.1: Individuazione delle aree per la caratterizzazione



Figura 4.2: Individuazione delle aree per la caratterizzazione (zoom 1)

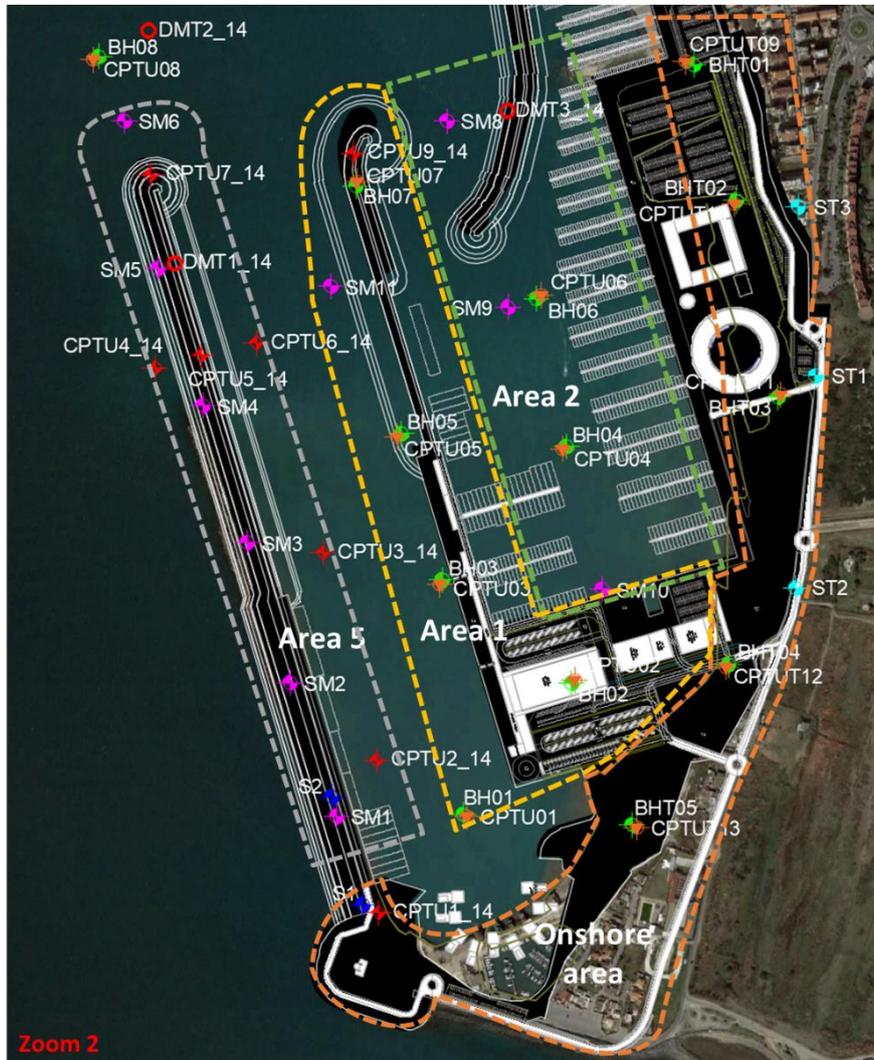


Figura 4.3: Individuazione delle aree per la caratterizzazione (zoom 2)

Tabella 4.1: Suddivisione dei sondaggi geognostici per area di appartenenza

	Sondaggio	Area		Sondaggio	Area
Campagna di indagine 2003	S1	Onshore area	Campagna di indagine 2014	S1	Onshore area
	S2	Onshore area		S2	Area 5
	S3	Onshore area	Campagna di indagine 2022	BHT01	Onshore area
	S4	Onshore area		BHT02	Onshore area
	S5	Onshore area		BHT03	Onshore area
	S6	Onshore area		BHT04	Onshore area
	S7	Onshore area		BHT05	Onshore area
	S8	Onshore area		BH01	Area 1
	S9	Onshore area		BH02	Area 1
Campagna di indagine 2009	SM1	Area 5		BH03	Area 1
	SM2	Area 5		BH04	Area 2
	SM3	Area 5		BH05	Area 1
	SM4	Area 5		BH06	Area 2
	SM5	Area 5		BH07	Area 1
	SM6	Area 5		BH08	Area 3
	SM7	Area 3		BH09	Area 3
	SM8	Area 2		BH10	Area 3
	SM9	Area 2	BH11	Area 3	
	SM10	Area 2	BH12	Area 4	
	SM11	Area 1	BH13	Area 4	
	ST1	Onshore area	BH14	Area 4	
	ST2	Onshore area	BH15	Area 4	
	ST3	Onshore area			

Per l'analisi della liquefazione sono state elaborati i dati relativi alle CPTu nell'onshore area, in quanto considerate maggiormente rappresentative del comportamento del terreno al termine dell'intervento. In particolare, le verticali di prova considerate sono: CPTUT09 (BHT01), CPTUT10 (BHT02), CPTUT11 (BHT03) e CPTUT12 (BHT04).

5 INDICAZIONI NORMATIVE

La Norma Tecnica nazionale (DM 2018) prescrive la verifica della stabilità del sito su cui sono impostati i manufatti nei confronti dei possibili fenomeni di liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche e che determinano una risposta del terreno essenzialmente in condizioni non drenate.

La verifica può essere omessa solo nel caso in cui si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

- le accelerazioni attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,10g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15m dal piano di campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 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 verticale efficace di 100 kPa;
- l'assortimento granulometrico dei materiali interessati ricada all'esterno del fuso granulometrico che caratterizza il campo della liquefazione; pertanto la distribuzione granulometrica deve essere esterna alle zone indicate nella Figura 5.1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

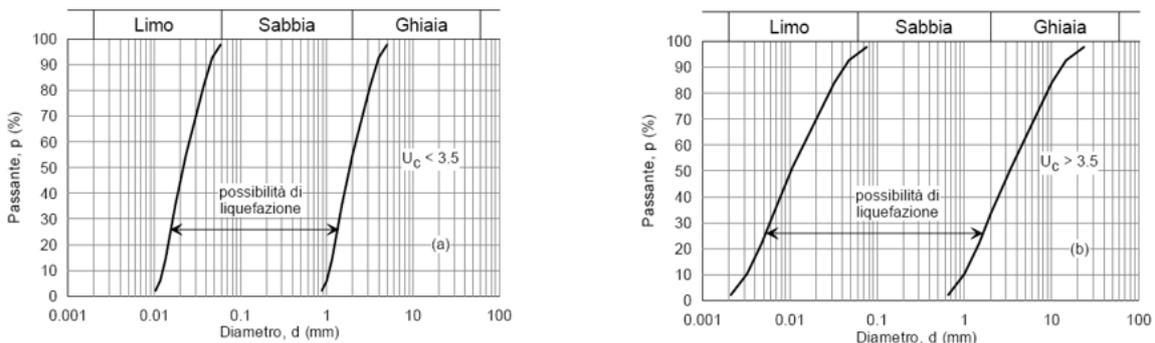


Figura 5.1: Fusi granulometrici per verifica liquefazione

Per quanto riguarda le condizioni a) e b) risulta che:

- il porto di Fiumicino è contraddistinto da un'accelerazione massima orizzontale a_{max} superiore a 0,10g;
- la falda, coincidente con il livello del mare, è a circa due metri e mezzo dal piano dei piazzali.

Per verificare la condizione c) (stato di addensamento del deposito) si sono analizzati i risultati delle prove penetrometriche statiche, normalizzando i valori misurati della resistenza alla punta q_c in funzione della tensione efficace verticale alla profondità di prova. A tal fine, la resistenza alla punta normalizzata, q_{c1N} , si ottiene attraverso la formulazione di Robertson e Wride:

$$q_{c1N} = C_q \left(\frac{q_c}{p_a} \right) = \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n \cdot \left(\frac{q_c}{p_a} \right)$$

dove:

- q_c è la resistenza alla punta;
- p_a è il valore della pressione atmosferica (espressa nella medesima unità di misura di q_c e σ'_{v0});
- n è un esponente che vale 0,5 per sabbie pulite, 1,0 per terreni argillosi e variabile tra 0,5 ed 1 per limi e limi sabbiosi.

In Figura 5.2 è rappresentato l'andamento della resistenza penetrometrica normalizzata per le verticali CPTu situate nell'onshore area. Per tutte le verticali i valori risultano al di sotto della soglia che consente di escludere il pericolo di liquefazione ($q_{c1N} > 180$).

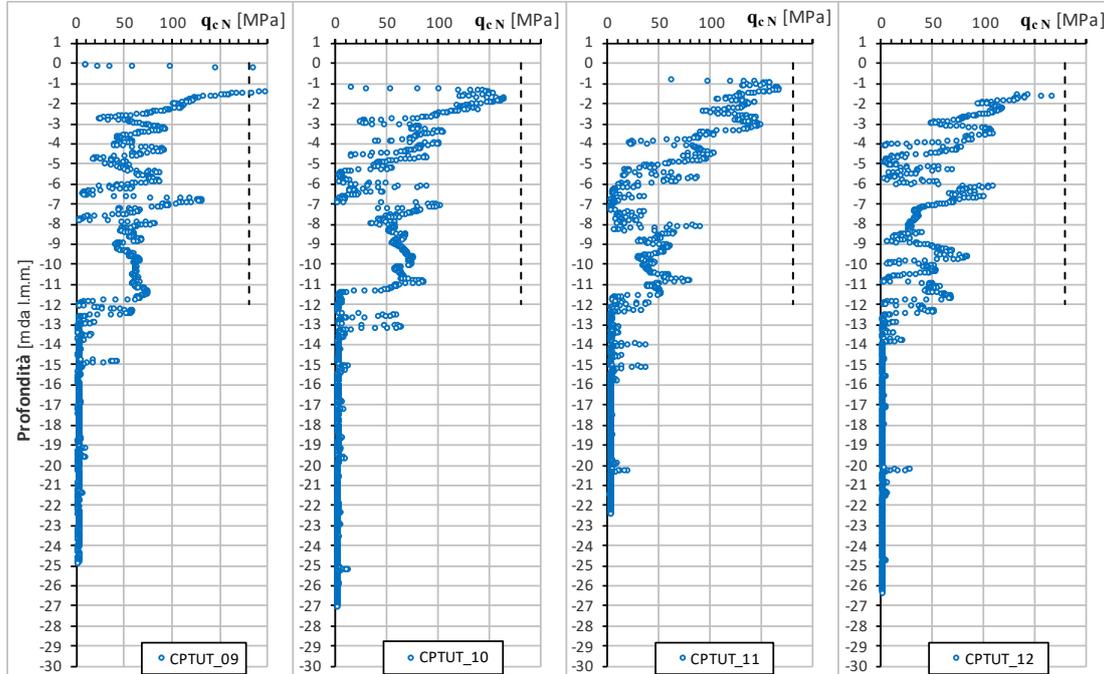


Figura 5.2: Resistenza penetrometrica normalizzata relativa alle verticali CPTUT09 (BHT01), CPTUT10 (BHT02), CPTUT11 (BHT03) e CPTUT12 (BHT04)

Riguardo l'assortimento granulometrico dei terreni incoerenti per la verifica della condizione d), in Figura 5.3 sono riportate le curve granulometriche dei campioni di terreno prelevati durante la recente campagna di indagine in sovrapposizione al fuso che la normativa prescrive per il caso di terreni poco assortiti. Risulta che dal punto di vista granulometrico i terreni incoerenti (Ia) presenti sono potenzialmente liquefacibili, mentre i terreni fini (IIB) sono essenzialmente esterni al fuso dei terreni critici.

In definitiva, poiché nessuna delle condizioni previste dalla Normativa risulta soddisfatta, la verifica a liquefazione non può essere omessa.

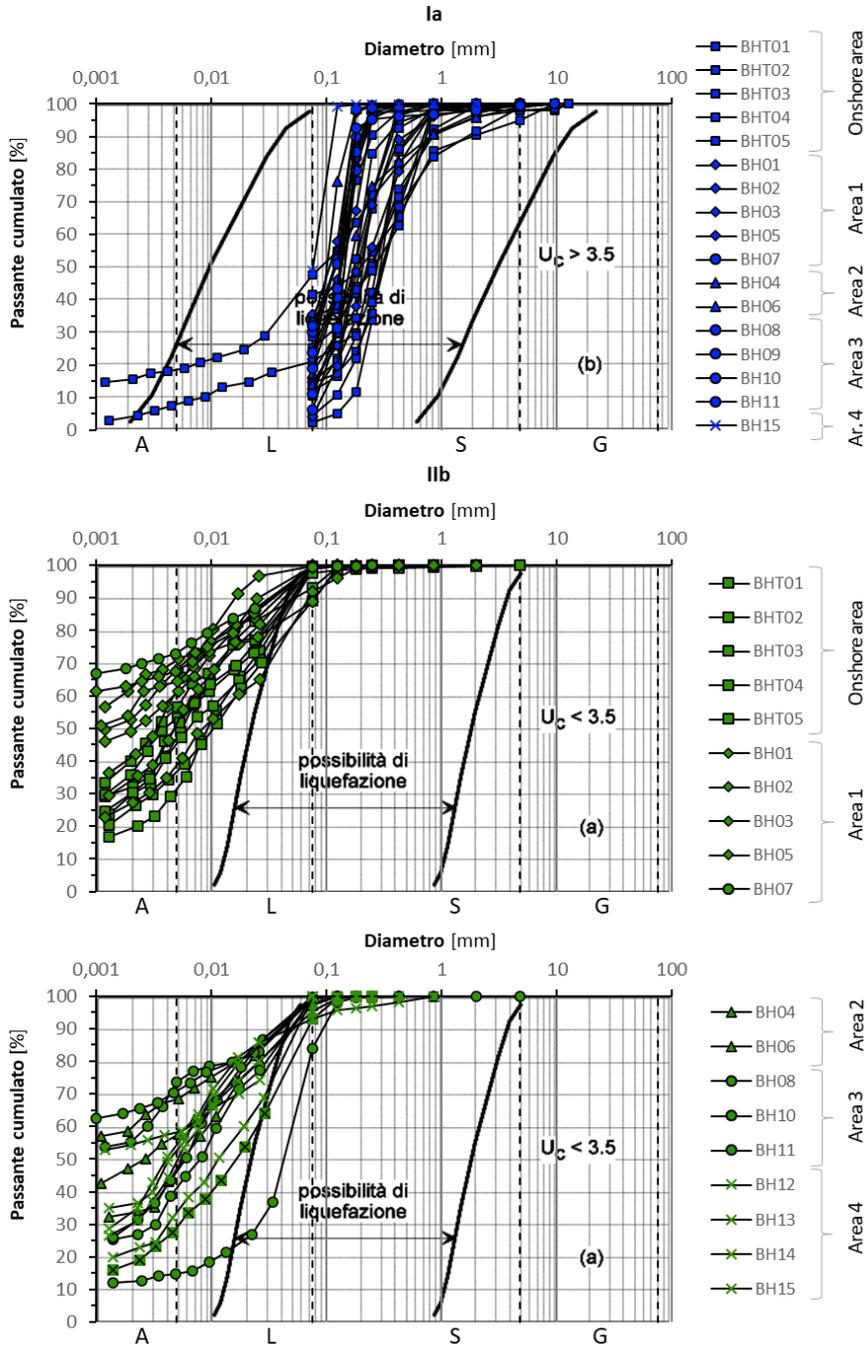


Figura 5.3: Distribuzione granulometrica dei campioni prelevati durante la campagna di indagine 2022 rispetto ai campi di suscettività alla liquefazione previsti dalla Norma (Ia e IIb)

6 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche per valutare il rispetto dei margini di sicurezza nei diversi stati limite, si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito specifico.

La pericolosità sismica viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria di suolo A), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

I parametri sismici di progetto, forniti dalla normativa nazionale sulla base della mappa di pericolosità, sono funzione di:

- Coordinate geografiche del sito: Latitudine 41,752595 Longitudine 12,230266
- Vita nominale della costruzione: 50 anni
- Classe d'uso: III (coefficiente d'uso pari a 1,5)
- Categoria di sottosuolo: $S_S = D$
- Categoria topografica: $S_T = T1$

Il periodo di riferimento da considerare (V_R) è quindi pari a 75 anni.

Nel caso di Stato Limite di Salvaguardia della Vita l'azione sismica sarà dunque valutata per una probabilità di superamento del 10% nel periodo di riferimento definito (50 anni). In sostanza le ipotesi fatte sul periodo di riferimento portano, in termini di strategia di analisi, a considerare un evento sismico con un tempo di ritorno pari a **$T_R=712$ anni per lo SLV.**

In Figura 6.1 è rappresentato il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

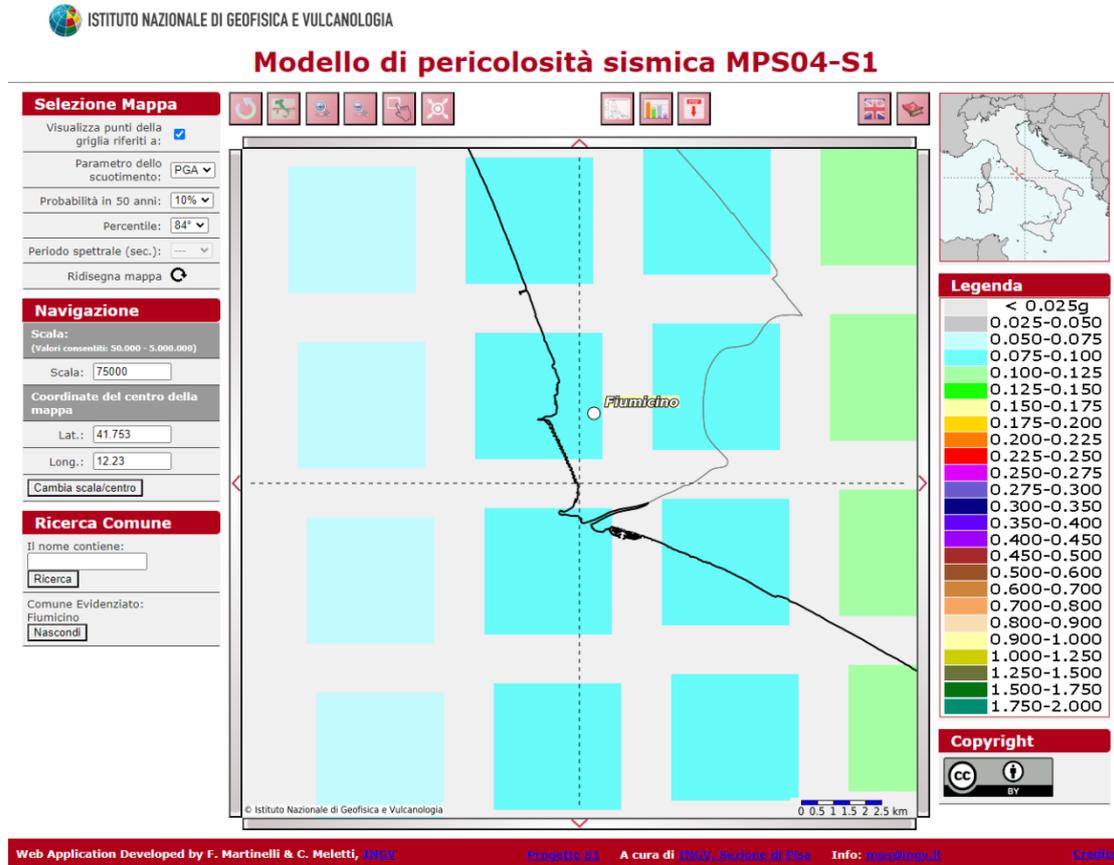


Figura 6.1: Pericolosità sismica per il porto di Fiumicino (10% probabilità di superamento in 50 anni)
(<https://esse1-gis.mi.ingv.it/#>)

In Tabella 6.1 sono presenti l'accelerazione e i coefficienti amplificativi stratigrafici e topografici che permettono di determinare l'accelerazione massima attesa in superficie.

Tabella 6.1: Parametri sismici relativi al sito di Fiumicino

	a_g	F_0	T_c^*	S_s [-]	S_T [-]	a_{max} [g]
SLV	0,081g	2,832	0,345s	1,800	1,000	0,145

Nelle verifiche è stata considerata, cautelativamente, un'accelerazione a_{max} pari 0,171g corrispondente ad un vita nominale di 100 anni.

7 SISMICITÀ STORICA DELL'AREA

I dati di pericolosità sismica di base fanno riferimento a due principali fonti, la prima di carattere storico, la seconda basata su studi sismo-tettonici:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 (dicembre 2011);
- Zonazione sismogenetica, ZS9;
- Magnitudo alla scala del sito;
- Analisi di disaggregazione.

7.1 DATABASE "CPTI15"

La prima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, risale al luglio 1999 (CPTI99), e fu concepita come catalogo di consenso per unificare e omogenizzare, attraverso procedure di stima dei parametri uguali per tutti i terremoti, tutte le informazioni disponibili sui terremoti italiani fino ad allora prodotte da fonti diverse o riportate tra cataloghi tra loro alternativi.

L'attuale versione (CPTI11) cataloga circa 4894 terremoti per una finestra temporale che va dall'anno 1000 al 2020.

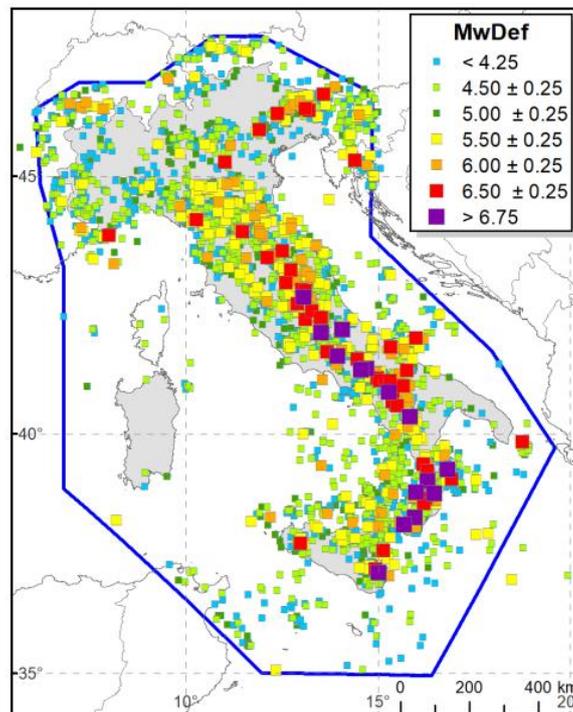


Figura 7.1: Distribuzione degli eventi CPTI15 per classi di Mw

(<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)

La consultazione del catalogo ha permesso di estrarre 13 eventi principali (Tabella 7.1) compresi in un raggio di circa 150 km dal sito in esame. L'evento di maggiore intensità più vicino all'area di interesse è relativo al sisma del 1899 (area epicentrale: Colli Albani) che ha avuto una Magnitudo pari a 5,10.

Tabella 7.1: Osservazioni sismiche per Fiumicino contenute nel catalogo CPT115

N°	Intensità	Anno-mese-giorno	ora:minuti	Area epicentrale	Magnitudo momento (M_w)
81	5	1892-01-22	-	Colli Albani	5,14
94	6	1895-11-1	-	Campagna romana	4,83
122	5	1899 -07-19	13:18	Colli Albani	5,10
44	NF	1901-04-24	14:20	Sabina	5,25
42	NF	1906-02-21	20:49	Colli Albani	4,08
44	3	1909-08-31	13:41	Roma	4,15
79	NF	1911-04-10	09:43	Colli Albani	4,74
1041	5	1915-01-13	06:52	Marsica	7,08
125	5	1995-06-12	18:27	Campagna romana	3,79
869	3-4	1997-09-26	09:40	Appennino umbro-marchigiano	5,97
57	5-6	2005-08-22	12:02	Costa laziale	4,78
77	4	2016 -10-26	19:18	Valnerina	6,07
40	3	2019-06-23	20:43	Colli Albani	3,76

Non si sono registrati eventi sismici originati nelle vicinanze dell'area di Fiumicino in esame; in particolare, nel raggio di 40 km l'evento sismico principale ha una magnitudo di circa 5,1 (area epicentrale: Colli Albani, 1899), mentre le magnitudo più importanti sono state rilevate in aree epicentrali distanti più di 100 km. Per questo motivo si farà riferimento solo agli eventi sismici vicini all'area in esame, come mostrato in Figura 7.2.

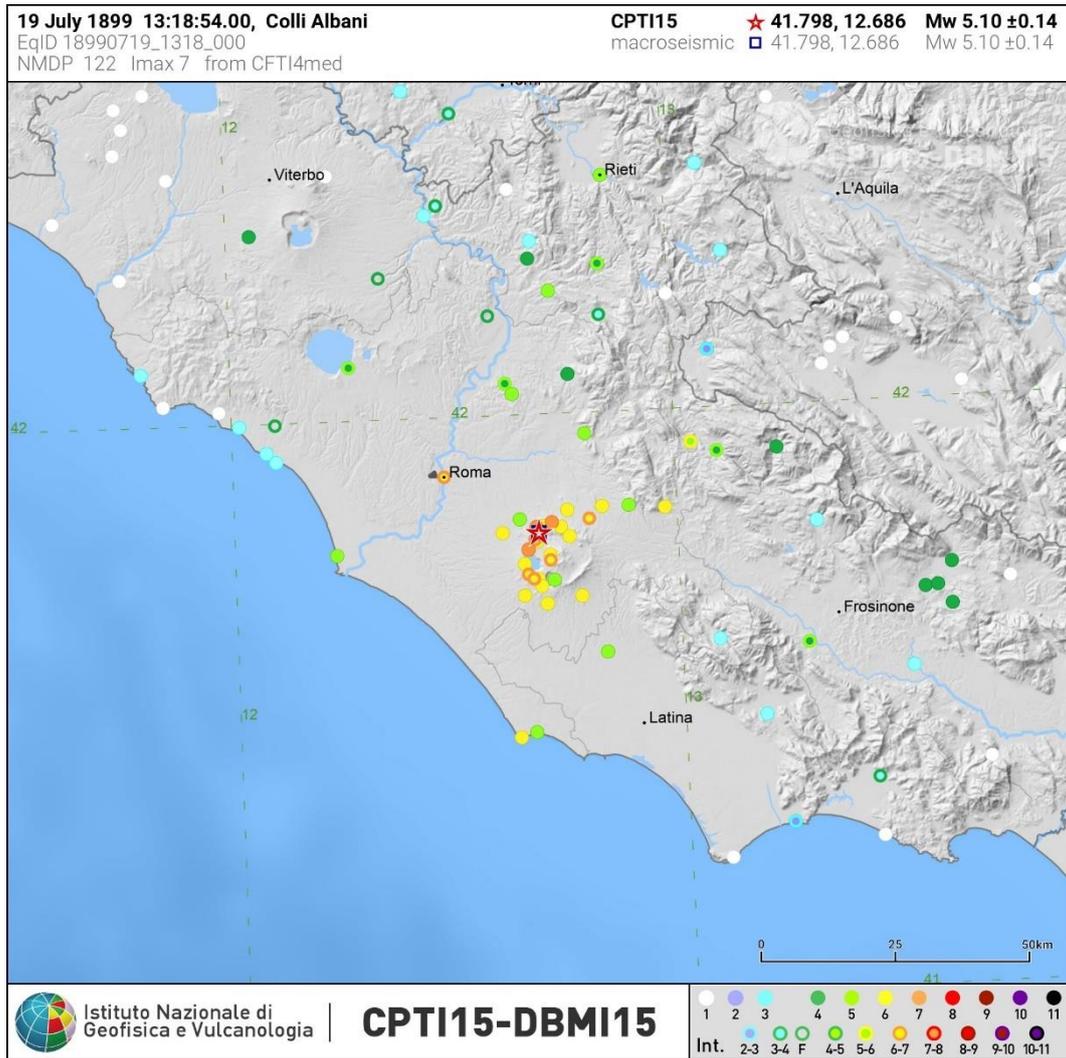


Figura 7.2: Eventi sismici nell'intorno del Comune di Fiumicino

7.2 ZONAZIONE SIMOGENETICA

La prima zonazione (ZS4) in cui vengono individuate delle zone sismogenetiche caratterizzate da un tasso di sismicità uniforme è stata redatta da Meletti *et al.* nel 2000 seguendo l'approccio cinematico di Scandone *et al.* (1990). Gli sviluppi recenti in materia di sismogenesi hanno portato ad una nuova zonazione, denominata ZS9 (Figura 7.3).

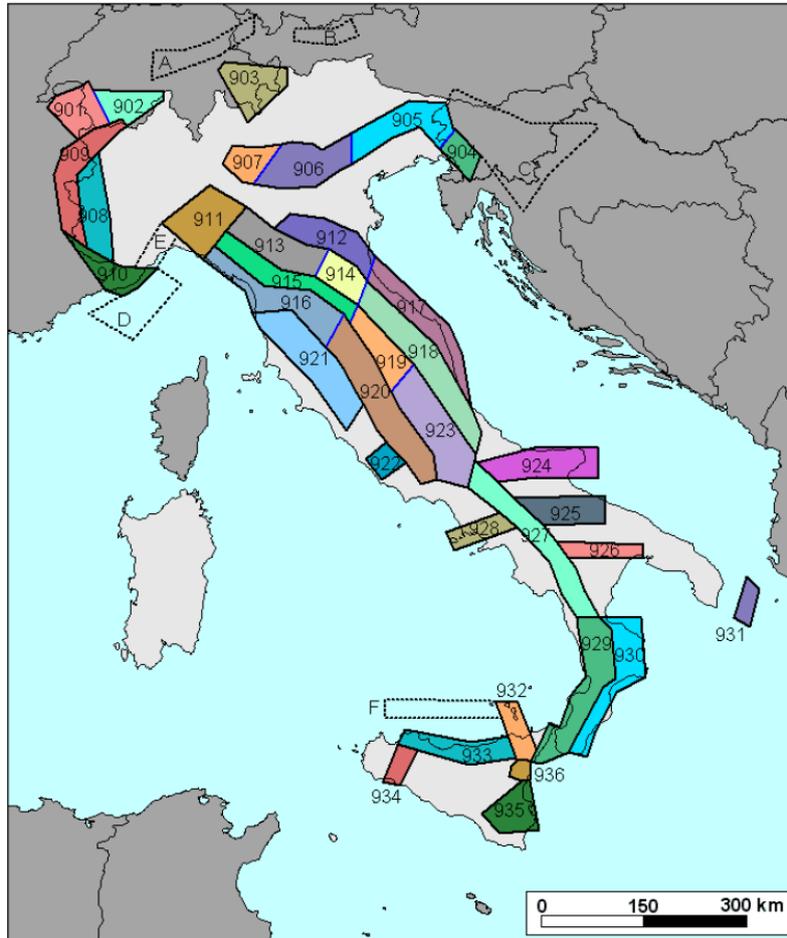


Figura 7.3: Zonazione sismogenetica

In base alla zonazione sismogenetica ZS9, l'area di Fiumicino non si trova in corrispondenza di nessuna zona sismogenetica. Questo è confermato anche dalla Figura 7.4, in cui si osserva che in corrispondenza dell'area di studio non sono presenti sorgenti sismogenetiche.

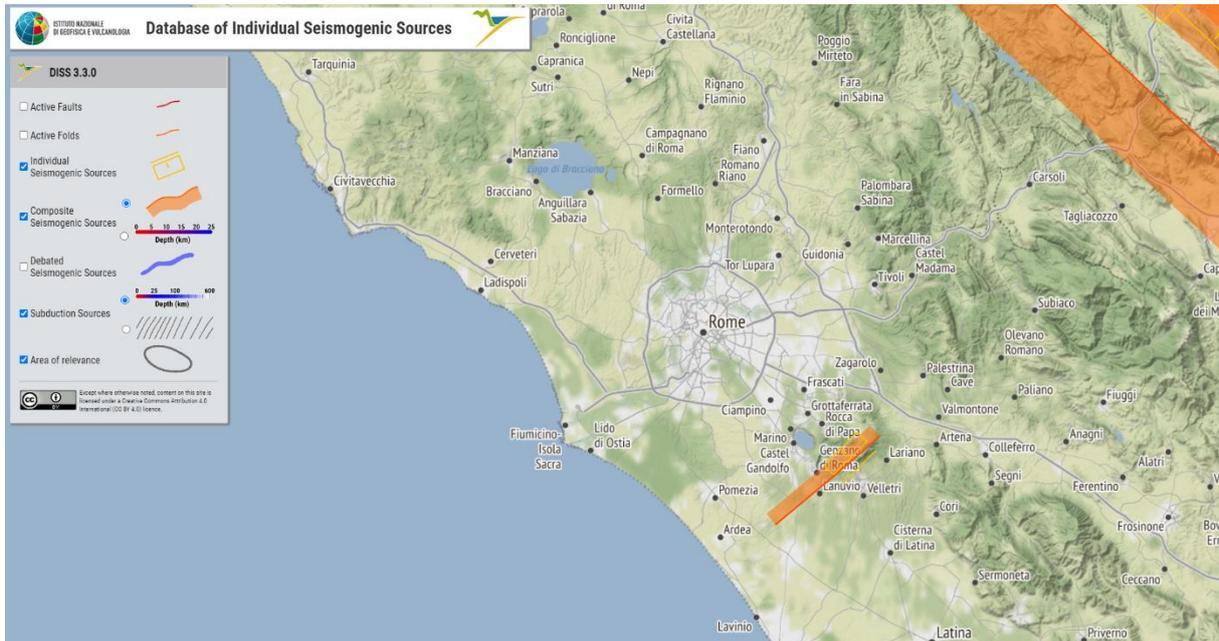


Figura 7.4: Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche (DISS3 – INGV)

7.3 MAGNITUDO ALLA SCALA DI SITO

Alla scala sito specifica la magnitudo è correlabile al valore dell'accelerazione massima su suolo rigido attesa per un determinato tempo di ritorno (a_{max}); infatti secondo la relazione di Como-Lanni (Elementi di Strutture antisismiche), si ottiene:

$$6 \cdot M^2 \leq a_{max} \leq 12 \cdot M^2$$

con a_{max} espressa in cm/sec^2 .

In funzione del valore dell'accelerazione massima del suolo nei pressi dell'epicentro, si può ricavare l'intervallo di Magnitudo che descrive il sisma di progetto con la relazione:

$$M_{max} = \sqrt{\frac{a_{max}}{6}}$$

$$M_{min} = \sqrt{\frac{a_{max}}{12}}$$

e quindi eseguendo la media tra i valori ottenuti si definisce la magnitudo media M_{medio} .

In Tabella 7.2 è riportato il risultato ottenuto per lo stato limite preso in considerazione.

Tabella 7.2: Parametri sismici di base relativi al sito di Fiumicino

	a_{max} [cm/sec^2]	M_{min}	M_{max}	M_{medio}
SLV	167,75	3,74	5,28	4,51

7.4 ANALISI DI DISAGGREGAZIONE

In relazione alla mappa di pericolosità sismica, la magnitudo attesa in un determinato sito e a un tempo di ritorno prefissato può essere derivata da un processo di disaggregazione della pericolosità.

In sostanza il processo di disaggregazione consente di separare i diversi contributi alla pericolosità sismica di un determinato sito (la pericolosità sismica può essere espressa da uno dei diversi parametri di scuotimento, ad esempio a_g), identificando per un prefissato periodo di ritorno quale sorgente sismica contribuisce maggiormente alla pericolosità.

Lo studio di disaggregazione svolto dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) fornisce la carta della pericolosità sismica italiana in funzione dei parametri di scuotimento e del tempo di ritorno. Infatti, per ogni nodo della griglia di calcolo, viene fornita la valutazione del contributo percentuale alla stima della pericolosità originata da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza. Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile per un'analisi di microzonazione.

In Figura 7.5 è rappresentata la mappa di pericolosità sismica relativa al Porto di Fiumicino in termini di accelerazione attesa su suolo rigido (a_g) per un evento che ha il 10% di probabilità di accadimento in 50 anni e da cui si evince uno scenario di magnitudo pari a 5,18 e distanza epicentrale R pari a 49,20 km.

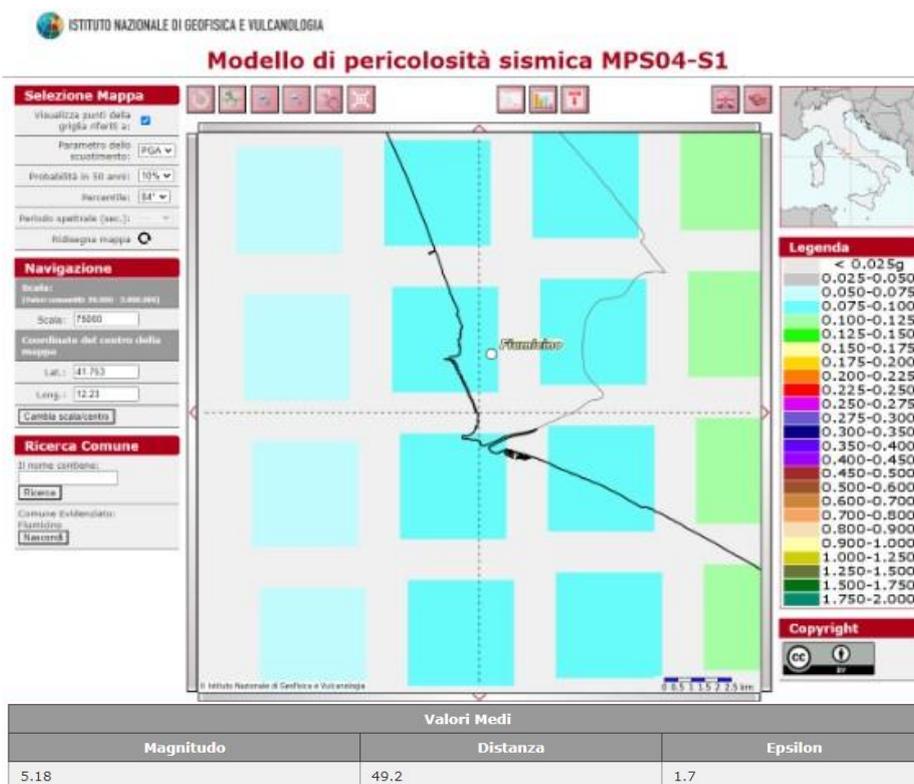


Figura 7.5: Pericolosità sismica per il porto di Fiumicino

Poiché il "terremoto di scenario sulla base della mappa della pericolosità sismica del territorio italiano", utilizzabile ai fini progettuali nelle verifiche allo stato SLU, deve fare riferimento alla magnitudo del momento sismico (M_w) e non a quella delle onde di superficie, a tal fine, si è provveduto mediante l'equazione di Gutenberg e Richter a correlare le due grandezze mediante la seguente equazione:

$$M_w = 0,63 \cdot M_L + 2,5$$

$$\text{da cui } M_w = 0,63 \cdot 5,18 + 2,5 = 5,76 (*)$$

(*) $M_w=5.76$ quale magnitudo momento che caratterizza il terremoto severo ($M_L=5.18$), ed $R=49.20$ km (distanza epicentrale), riferibile allo stato limite SLV con $Tr=1424$ anni;

7.5 SINTESI DELLE DIVERSE MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Sulla base dei dati a disposizione, di seguito viene riportata una sintesi della pericolosità sismica, in termini di Magnitudo Momento, dell'area in cui ricade il Porto di Fiumicino.

Database	Magnitudo Massima
Storico - CPT115	5,10
Sismotettonico - ZS9 (911)	-
Relazione di Como-Lanni	4,51
Analisi di disaggregazione	5,76

Come si evince dalla precedente tabella la relazione di Como-Lanni porta a valori di magnitudo sensibilmente inferiori rispetto ai corrispondenti valori stimati sulla base dell'analisi di disaggregazione e storica e, ad oggi, non è stata definita una procedura standard per la scelta della magnitudo di riferimento necessaria per la valutazione del potenziale di liquefazione.

In definitiva, per il sito in esame si adotterà la magnitudo di riferimento derivante dall'analisi di disaggregazione (**M=5,76**).

8 VALUTAZIONE DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE

La valutazione del rischio di liquefazione può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza alla liquefazione (CRR) e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto (CSR).

Preliminarmente alla presentazione di tali verifiche è opportuno osservare che la letteratura tecnica (Kramer, 1996; Lai *et al.*, 2009) fa riferimento a più condizioni predisponenti la liquefazione di quelle recepite in normativa.

Si riconoscono, ad esempio come **predisponenti** le seguenti condizioni:

- Profondità dello strato potenzialmente liquefacibile < 15-20 m dal p.c.;
- Profondità della falda < 5 m;
- Densità relativa $D_r < 60\%$;
- Diametro medio delle particelle solide nel fuso $0,02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$;
- Contenuto di frazione fine (diametro < 0,005 mm) < 15%;
- Età recente del deposito (le osservazioni storiche indicano rari episodi di liquefazione in depositi pleistocenici, mentre si riscontra con maggiore frequenza nei depositi olocenici, al diminuire dell'età di deposizione);
- La presenza di sforzi iniziali di taglio necessari all'equilibrio.

e come **limitanti**:

- La presenza e lo spessore di strati non liquefacibili superficiali;
- La cementazione fra i grani;
- La presenza di strati drenanti grossolani intercalati a strati di sabbia fine liquefacibile.

8.1 VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLE DIVERSE PROFONDITÀ

Nei metodi di natura deterministica, la resistenza del terreno alla liquefazione ad una data profondità, è definita attraverso il rapporto di resistenza ciclica (CRR, Cyclic Resistance Ratio), funzione di un indice penetrometrico misurato a quella profondità a partire dai risultati di prove penetrometriche SPT (o DPSH) oppure CPT, opportunamente corretti e normalizzati. Tale rapporto di resistenza ciclica (CRR) viene confrontato con il rapporto di sforzo ciclico (CSR, Cyclic Stress Ratio), che rappresenta una misura della severità dell'azione sismica attesa a quella profondità.

Dal calcolo dei parametri CRR e CSR in funzione della profondità è dunque possibile tracciare una curva limite che discrimina le situazioni in cui è attesa liquefazione da quelle in cui il fenomeno è ritenuto improbabile. La curva limite è definita in modo empirico sulla base di evidenze storiche di liquefazione riscontrate in occasione di terremoti avvenuti, in siti ben caratterizzati dal punto di vista geotecnico. L'analisi viene effettuata attraverso l'introduzione di un fattore di sicurezza (FS_L), definito come rapporto tra i parametri CRR e CSR:

$$FS_L = \frac{CRR}{CSR}$$

La previsione sul verificarsi o meno della liquefazione viene fatto dipendere dai valori assunti da FS_L :

- Valori di $FS_L > 1$ corrispondono a *non-liquefazione*;
- valori di $FS_L \leq 1$ corrispondono a liquefazione.

Le norme tecniche italiane (NTC18) non prescrivono un valore minimo per il fattore di sicurezza alla liquefazione. Nel paragrafo §7.11.3.4.3 le NTC18 asseriscono testualmente che "L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista." Per contro l'Eurocodice 8 Parte 5 raccomanda l'adozione di un valore del fattore di sicurezza $FS_L > 1,25$.

8.2 VALUTAZIONE DEL RAPPORTO DI SFORZO CICLICO CSR

Lo sforzo indotto dal sisma nel terreno segue una legge di variazione nel tempo irregolare, che non si presta ad essere facilmente riprodotta nelle prove di laboratorio. Pertanto, convenzionalmente, tale storia temporale viene rappresentata mediante una serie equivalente di cicli di sforzo sinusoidali.

Assumendo cicli di ampiezza pari al 65% del massimo sforzo di taglio indotto, Seed et al. (1975) hanno ricavato una relazione tra il numero di cicli equivalenti che producono un incremento di pressione interstiziale pari a quello prodotto da una corrispondente storia temporale registrata (e quindi irregolare) associata ad un terremoto di prefissata magnitudo (Figura 8.1). La magnitudo, infatti, è fortemente correlata alla durata dello scuotimento e quindi al possibile innesco del fenomeno della liquefazione.

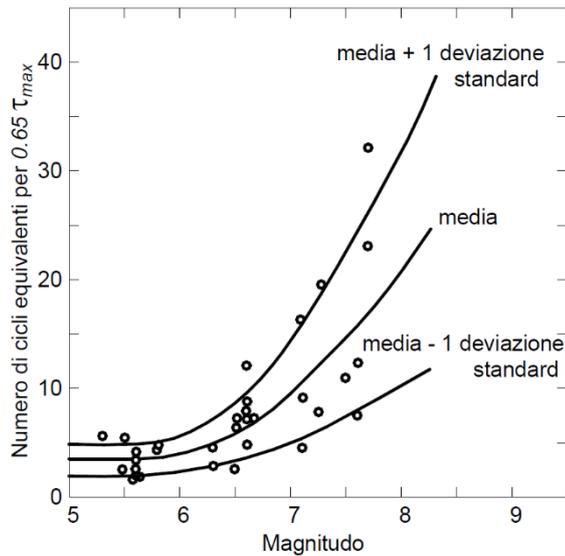


Figura 8.1: Relazione tra numero di cicli equivalenti e magnitudo (modificata da Seed et al., 1975)

Considerando come riferimento un terremoto di magnitudo 7.5, la sollecitazione indotta dalla corrispondente storia temporale può essere assimilata ad una sollecitazione ciclica con numero di cicli equivalenti pari a 15 ed ampiezza τ_c pari per l'appunto a:

$$\tau_c = 0,65 \cdot \tau_{max}$$

dove τ_{max} rappresenta il valore di picco dello sforzo di taglio. τ_{max} può essere stimato utilizzando semplici considerazioni relative all'equilibrio di un elemento di terreno soggetto a un'accelerazione orizzontale, pervenendo alla seguente formula semplificata:

$$\tau_c = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d$$

Dove:

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale di picco alla superficie generata dal terremoto;
- g è l'accelerazione di gravità;
- σ_{v0} è la pressione geostatica verticale totale ad una data profondità;
- r_d è un coefficiente di riduzione dello sforzo, che tiene conto dei fenomeni di amplificazione sismica indotti dalla deformabilità del terreno, il valore medio di r_d può essere calcolato come [Youd *et al.*, 2001]:

$$r_d = 1.0 - 0.00765 \cdot z \quad z \leq 9.15m$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z \quad 9.15m < z \leq 23m$$

in cui z è la profondità in metri misurata a partire dal piano campagna.

Il rapporto di sforzo ciclico CSR è dato dall'ampiezza dello sforzo di taglio ciclico normalizzato rispetto alla tensione geostatica verticale efficace σ'_{v0} agente alla profondità considerata:

$$CSR = \frac{\tau_c}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

8.3 VALUTAZIONE DEL RAPPORTO DI RESISTENZA CICLICA CRR

Il metodo ideale per stimare il parametro CRR consiste nel prelevare e sottoporre a prove cicliche di laboratorio campioni indisturbati di terreno. Tuttavia, il campionamento indisturbato nei terreni incoerenti non è agevole. Nella pratica corrente si ricorre all'utilizzo di correlazioni empiriche basate sull'interpretazione dei risultati di prove geotecniche in sito.

Le prove più utili a questo scopo sono:

- prova penetrometrica dinamica standardizzata (SPT)
- prova penetrometrica statica (CPT)
- prove geofisiche per la stima della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s).

Le procedure disponibili in letteratura per la valutazione del parametro CRR che si basano sui risultati delle prove in sito di tipo penetrometrico fanno riferimento a un terremoto di riferimento caratterizzato da una magnitudo pari a 7.5 al quale vengono fatti corrispondere 15 cicli di carico sinusoidali equivalenti. Tale stima deve quindi essere corretta per tener conto della magnitudo reale del terremoto atteso. Tale correzione viene usualmente effettuata applicando alla stima del parametro CRR per magnitudo 7.5 ($CRR_{7.5}$) un fattore di scala della magnitudo denominato MSF (Magnitude Scaling Factor), funzione della magnitudo momento del terremoto atteso nel sito di interesse M_w .

Con l'introduzione del fattore MSF, la formula per la valutazione del fattore di sicurezza FS_L nei confronti della liquefazione viene modificata come segue:

$$FS_L = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \cdot MSF$$

Le banche dati relative ai casi di liquefazione storica utilizzate per definire le correlazioni empiriche per la stima del parametro CRR risultano affette da diverse limitazioni. Una delle più importanti riguarda la profondità dal piano campagna alla quale viene effettuato il calcolo. La casistica storica sui fenomeni di liquefazione osservati è infatti principalmente relativa a depositi superficiali (profondità inferiori a 15 m) caratterizzati da valori modesti della tensione di confinamento. Risultati di prove cicliche in laboratorio mostrano che la resistenza alla liquefazione varia al variare della tensione di confinamento. Tuttavia, tale variazione non è lineare e sorge pertanto la necessità di introdurre un fattore correttivo K_σ per valori elevati della tensione geostatica [Youd *et al.*, 2001]:

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{(f-1)} \quad \text{per } \sigma'_{v0} > p_a$$

$$K_\sigma = 1 \quad \text{per } \sigma'_{v0} \leq p_a$$

Dove:

σ'_{v0} è la tensione geostatica verticale efficace;

p_a è la pressione atmosferica;

f è un parametro funzione delle condizioni di sito, quali la densità relativa, la storia tensionale e l'età del deposito.

Infine, esiste anche la possibilità di tenere conto in modo approssimato, attraverso l'introduzione di un fattore correttivo K_α , dell'influenza prodotta sul parametro CRR da uno sforzo di taglio statico agente ad una certa profondità in conseguenza della inclinazione del piano campagna. Con piano campagna orizzontale, $K_\alpha = 1$. Con l'introduzione dei fattori correttivi K_σ e K_α il fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione diviene:

$$FS_L = \frac{CRR}{CSR} = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma \cdot K_\alpha$$

La valutazione del rischio di liquefazione e dei relativi cedimenti co-sismici al porto di Fiumicino è stata condotta mediante una procedura di calcolo basata sull'impiego di correlazioni empiriche che utilizzano i risultati delle prove penetrometriche statiche CPT.

In generale, i metodi basati sulle correlazioni empiriche devono essere impiegati con la consapevolezza che i risultati ottenuti sono affetti da incertezza epistemica e cioè legata al modello di calcolo utilizzato.

La procedura impiegata prevede l'applicazione del metodo di Robertson (2009), uno dei metodi più recenti e affidabili raccomandati in Italia e a livello internazionale (e.g. ICMS-RER, 2015; Green *et al.*, 2014; Cubrinovski *et al.*, 2017).

Le procedure adottate sono state applicate attraverso l'impiego del software CLiq distribuito dalla Geologismiki.

8.3.1 Metodologia di Robertson (2009)

La Metodologia A si basa sul metodo originariamente proposto da Robertson e Wride (1998) e successivamente raccomandato da Youd et al. (2001). Questo approccio è stato aggiornato da Robertson (2009).

Ku et al. (2012), a partire dal calcolo del fattore di sicurezza proposto da Robertson (2009), hanno messo a punto un metodo per valutare la probabilità di liquefazione (P_L). Il diagramma di flusso relativo alla valutazione del parametro CRR secondo il metodo di Robertson (2009) è illustrato in Figura 8.2.

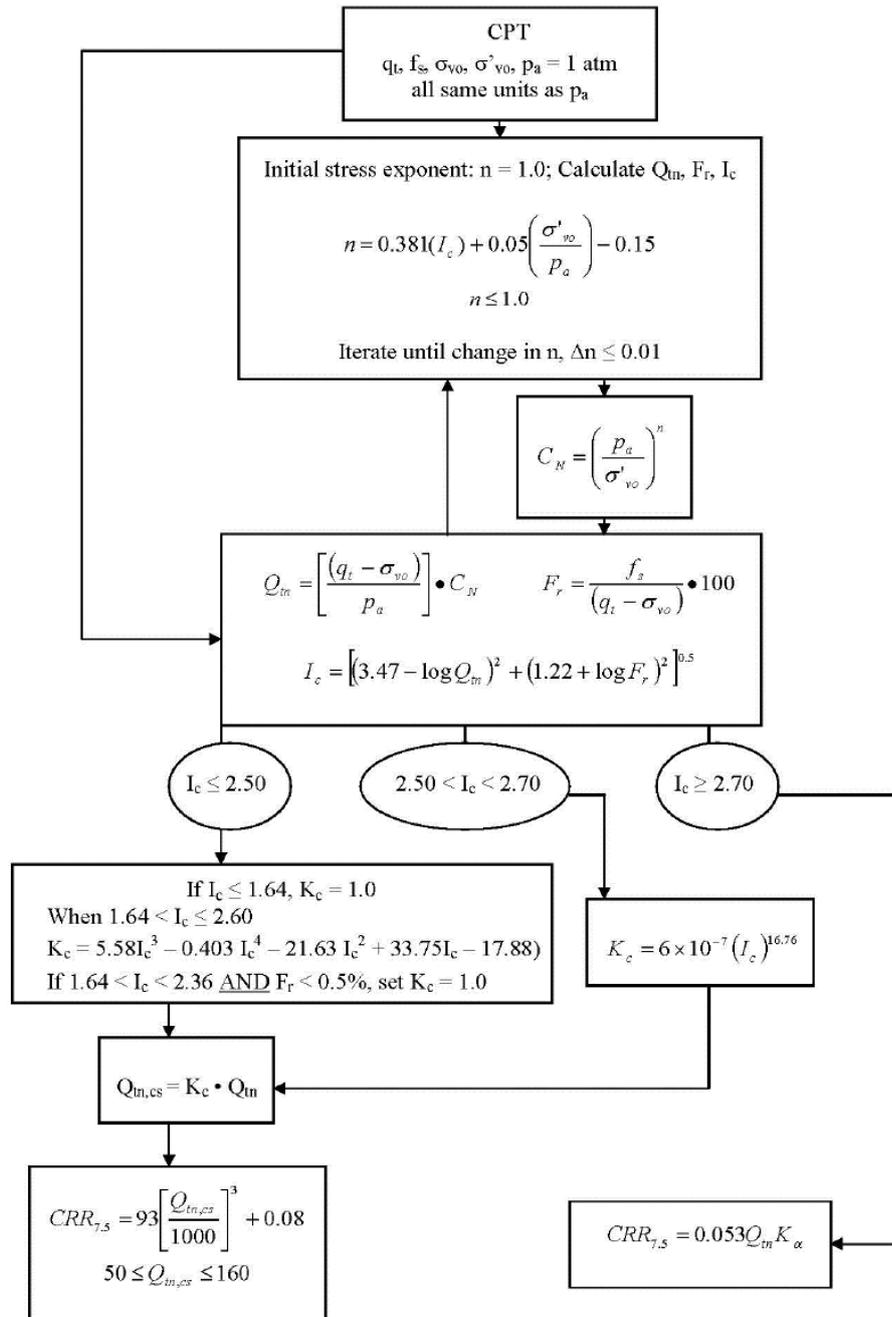


Figura 8.2: Procedura per la valutazione della resistenza alla liquefazione $CRR_{7,5}$ secondo la metodologia di Robertson (2009)

Le correlazioni per il calcolo di CRR si basano tipicamente sul valore normalizzato della resistenza penetrometrica, con riferimento alla tensione di confinamento della prova. Per il calcolo di tale valore, indicato come q_{c1N} da Robertson e Wride (1998) e come Q_{tn} nell'aggiornamento di Robertson (2009) adottato nel presente studio, si utilizza la procedura iterativa illustrata nel diagramma di flusso in Figura 8.2, in cui il fattore di normalizzazione della resistenza alla penetrazione statica C_N è calcolato con la seguente espressione:

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

dove P_a è la pressione atmosferica ed n rappresenta l'esponente di sforzo, valutato con la seguente formula proposta da Robertson (2009):

$$n = 0,381 \cdot I_c + 0,05 \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right) - 0,15 \leq 1$$

affinché l'esponente n tenga conto sia del tipo di terreno tramite l'indice di comportamento del terreno I_c , che dell'effetto di eventuali tensioni geostatiche elevate.

In Robertson (2009), infatti, si afferma che l'esponente di sforzo n così determinato permetta di evitare l'utilizzo del fattore di correzione per eventuali tensioni geostatiche elevate (i.e. K_σ). Come illustrato nel diagramma di flusso in Figura 8.2, I_c dipende da Q_{tn} , oltre che dalla resistenza per attrito normalizzata F_r ; da qui la necessità di adottare una procedura iterativa per il calcolo di n .

Come illustrato in Figura 8.2, il calcolo di CRR viene condotto quando il terreno è molto probabilmente di natura granulare, i.e. I_c non è superiore a 2.7.

Nel caso di sabbie con contenuto di fine, la resistenza alla punta normalizzata deve essere corretta per ottenere un valore equivalente per sabbia pulita (indicato con q_{c1Ncs} da Robertson e Wride, 1998, e con $Q_{tn,cs}$ in Figura 8.2 come suggerito da Robertson, 2009), tramite un fattore K_c , ovvero un coefficiente correttivo che tiene conto delle caratteristiche granulometriche, definito da Robertson e Wride (1998).

Il fattore correttivo per la magnitudo MSF applicato nella Metodologia A è quello proposto da Youd et al. (2001):

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_W^{2,56}}$$

Il coefficiente r_d di riduzione della accelerazione massima con la profondità, funzione delle caratteristiche di deformabilità del terreno, è calcolato come proposto da Youd et al. (2001) attraverso la seguente relazione:

$$r_d = \frac{(1,000 - 0,4113 \cdot z^{0,5} + 0,04052 \cdot z + 0,001753 \cdot z^{0,5})}{(1,000 - 0,4177 \cdot z^{0,5} + 0,05729 \cdot z + 0,006205 \cdot z^{0,5} + 0,001210 \cdot z^2)}$$

in cui z è la profondità in metri misurata a partire dal piano campagna.

Per la stima della probabilità di liquefazione P_L , Robertson e Cabal (2015) citano il modello di Ku et al. (2012), il quale è stato sviluppato a partire dal metodo di Robertson e Wride (1998) e aggiornato da Robertson (2009) per la valutazione deterministica del fattore di sicurezza:

$$P_L = 1 - \Phi \left(\frac{0,102 + \ln F_S}{0,276} \right)$$

in cui Φ è la funzione di distribuzione normale cumulativa.

La Figura 8.3 mostra l'andamento della probabilità di liquefazione P_L in funzione del fattore di sicurezza F_S , proposto da Ku et al. (2012).

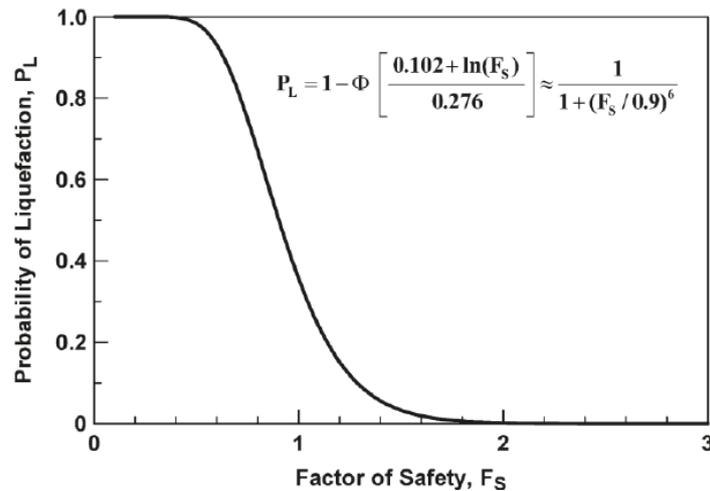


Figura 8.3: Andamento della probabilità di liquefazione P_L in funzione del fattore di sicurezza F_S proposto da Ku et al. (2012)

8.4 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il **potenziale di liquefazione** (LPI) rappresenta una misura integrale del rischio alla liquefazione che si ottiene attraverso un processo di integrazione sui valori di FS_L (fattore di sicurezza alla liquefazione) nei primi 20 metri di spessore di terreno. Il procedimento di calcolo è basato sulla relazione proposta da Iwasaki (1982):

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \cdot F_L \cdot dz$$

dove:

- $F_L = \begin{cases} 1 - FS_L & \text{per } FS_L \leq 1 \\ 0 & \text{per } FS_L > 1 \end{cases}$
- z è la profondità espressa in metri.

Iwasaki propone 4 categorie basate sul valore di LPI per valutare il rischio liquefazione di un deposito:

- $LPI = 0$ molto basso;
- $0 < LPI \leq 5$ basso;
- $5 < LPI < 15$ alto;
- $LPI \geq 15$ molto alto.

8.5 RISULTATI DA PROVE IN SITO

Di seguito si illustrano i risultati del confronto fra resistenza e azione in condizioni di carico ciclico, per le sole verticali di indagine ritenute più rappresentative dello stato del terreno al termine dell'intervento, con la collocazione in pianta riportata in Figura 8.4.



Figura 8.4: Planimetria con individuati i punti di analisi

Nelle figure sottostanti si mostrano i risultati per le due metodologie adottate di ciascuna CPTu studiata, evidenziando:

- Nei diagrammi di sinistra gli andamenti con la profondità dei parametri CRR (in blu) e CSR (in rosso);
- Nei diagrammi al centro il fattore di sicurezza $FS=CRR/CSR$ in rapporto al valore 1,25 suggerito dall'Eurocodice 8;
- Nei diagrammi a destra l'andamento dell'indice del potenziale di liquefazione LPI evidenziando i tre domini (vedi 8.4).

I risultati sono stati ottenuti considerando una magnitudo M pari a **5,76** e un'accelerazione a_{max} di **0,17g** e mostrano che il potenziale di liquefazione è sempre minore di 5, da cui si deduce che il **rischio liquefazione per il sito di progetto è basso**.

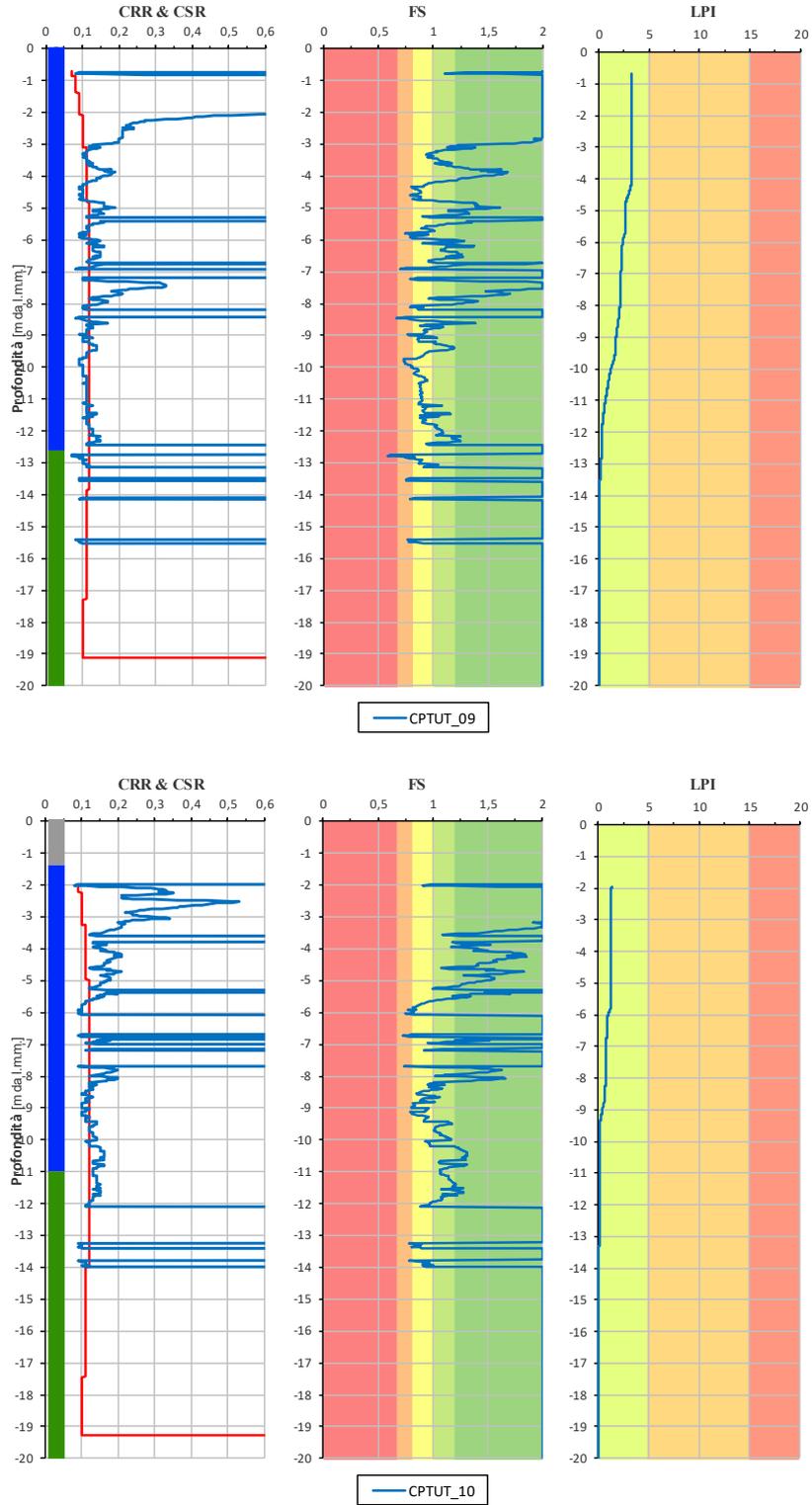


Figura 8.5: Verifica alla liquefazione secondo la metodologia di Robertson (2009)

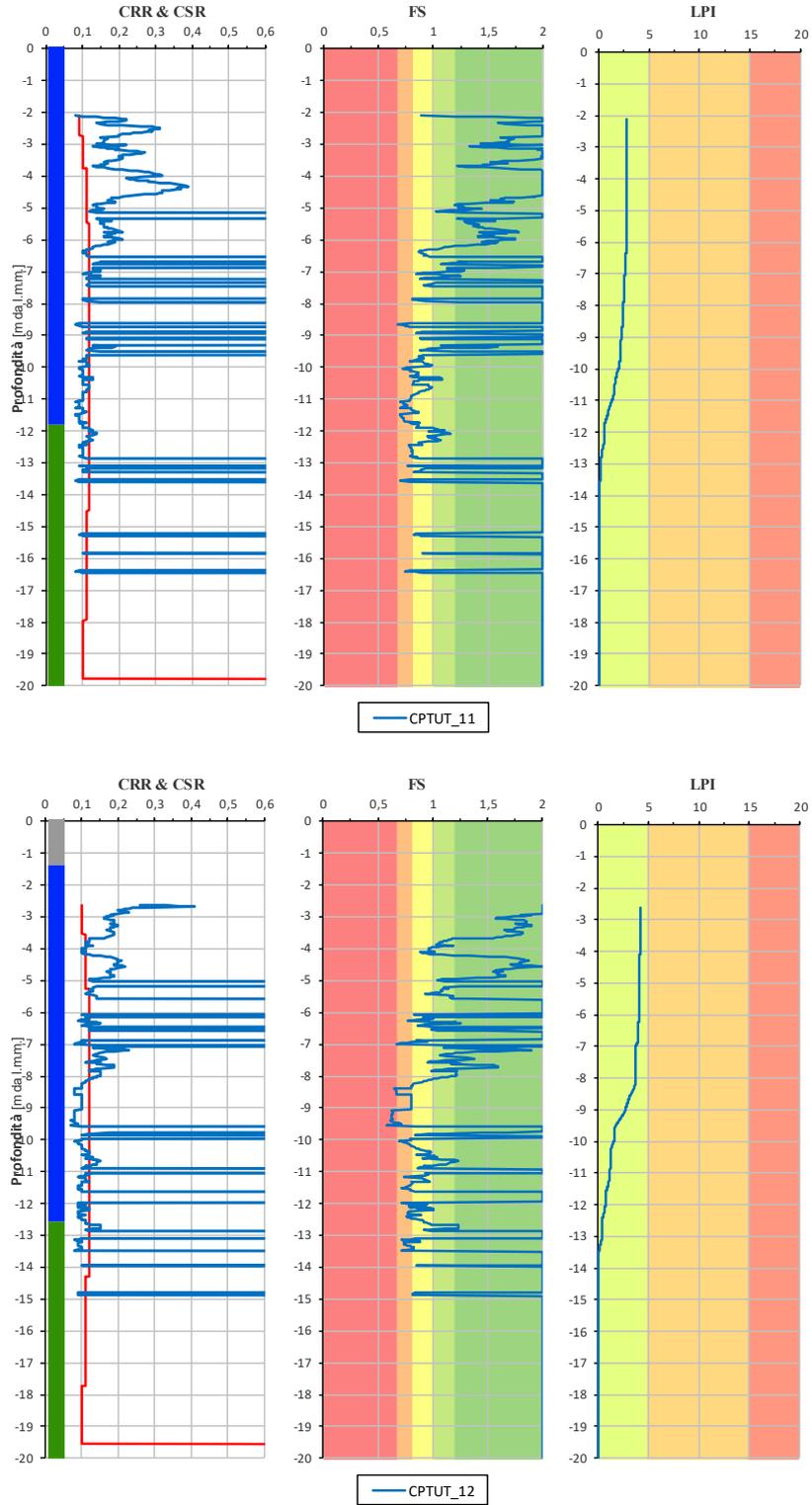


Figura 8.6: Verifica alla liquefazione secondo la metodologia di Robertson (2009)

9 CONCLUSIONI

La valutazione del rischio liquefazione nell'area del nuovo Terminal di Fiumicino è stata effettuata adoperando approcci e metodi consolidati ripresi dalla letteratura tecnica internazionale (e.g. Robertson, 2009). Le analisi sono state eseguite utilizzando i risultati delle sole prove penetrometriche statiche (CPTu) eseguite durante la campagna di indagine del 2022 nell'area "onshore" in quanto le misure sperimentali risultano maggiormente significative in relazione agli sforzi verticali nel sottosuolo post-intervento.

Il rischio alla liquefazione è stato calcolato sia localmente, al variare della profondità, sia globalmente, integrando il parametro di rischio locale lungo la verticale di prova. I risultati ottenuti sono presentati attraverso i profili di rischio riportati nelle figure precedenti (Figura 8.5 a Figura 8.6).

Il rischio di liquefazione locale è stato quantificato in modo deterministico in relazione al fattore di sicurezza $FS=1,25$ suggerito dall'Eurocodice 8. Si riscontra la presenza di alcuni livelli per i quali il fattore di sicurezza è inferiore al valore di soglia suggerito, e prossimo all'unità.

Il rischio di liquefazione globale è valutato attraverso il potenziale di liquefazione LPI, assumendo il valore di soglia 5 come discriminante fra deposito liquefacibile o non liquefacibile. I risultati ottenuti mostrano che il potenziale di liquefazione è sempre minore di 5, ovverosia che il rischio liquefazione si mantiene basso.

A seguito di quanto illustrato non si ritiene necessario prevedere interventi specifici e generalizzati rispetto al rischio di liquefazione, considerando in particolare che l'opera è progettata in Classe d'uso III, per la quale sono ammessi danni permanenti conseguenti al sisma.

10 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Le analisi del rischio liquefazione sono state condotte con l'ausilio del codice di calcolo automatico di cui si forniscono le caratteristiche principali.

Programma: CLiq
Versione: 3.5.2.19
Produttore: Geologismiki

BIBLIOGRAFIA

- [1] Boulanger, R.W., Idriss, I.M. (2015). CPT-based liquefaction triggering procedure. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 04015065, 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001388.
- [2] Boulanger, R. W., and Idriss, I. M. (2014). CPT and SPT based liquefaction triggering procedures. Rep.No. UCD/CGM-14/01, Univ. of California, Davis, CA.
- [3] Bozzoni, F., Famà, A., Lai, C.G., Mirfattah, S.A. (2014). Seismic risk assessment of seaports using GIS: the port of Gioia Tauro in Southern Italy. *Proceedings 33rd PIANC World Congress, San Francisco, USA, June 1-5, 2014.*
- [4] Bozzoni, F., Lai, C.G., Scandella, L. (2012). Emilia Earthquakes: Preliminary Results of Ground-Motion Characteristics. *Annals of Geophysics, Vol. 55, No. 4. August 2012. DOI: 10.4401/ag-6121.*
- [5] Bozzoni, F., Scandella, L., Lai, C.G., Corigliano, M. (2011). Stima del danno sismico di porti marittimi attraverso la tecnologia GIS: il caso del porto di Salerno. *Progettazione Sismica. Vol. 1, No. 1, Gennaio-Aprile 2011, pp. 117-137.*
- [6] Cetin, K. O. (2000). Reliability-based assessment of seismic soil liquefaction initiation hazard. Ph.D. dissertation, Univ. of California, Berkeley, Calif.
- [7] Circ. NTC08. Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, n. 617 del 2 febbraio 2009. Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. G.U. n. 47 del 26 febbraio 2009, Supplemento Ordinario n. 27.
- [8] Corigliano, M., Lai, C.G., Rota, M., Strobbia C. (2012). ASCONA: Automated Selection of Compatible Natural Accelerograms. *Earthquake Spectra, 28 (3): 965–987.*
- [9] Cubrinovski, M., Rhodes A., Ntritsos, N., Van Ballegooy, S. (2017). System response of liquefiable deposits. *Proceedings, 3rd International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering, PBD-III, Vancouver, Canada, July 16 - 19, 2017.*
- [10] Cubrinovski, M., Stringer, M., Haycock, I. (2016). Experience with gel-push sampling in New Zealand. <http://www.nzgs.org/library/isc5-session-report-liquefaction-assessment-2-2/>.
- [11] Darendeli MB. (2001). Development of a new family of normalized modulus reduction and material damping curves (Ph. D.). Austin, Texas: University of Texas at Austin; 2001.

