



REGIONE
LAZIO



UFFICIO SPECIALE
RICOSTRUZIONE LAZIO



PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

PER OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA

Frazione di Collegentilesco - Comune di Amatrice (RI)

Committente



REGIONE
LAZIO

UFFICIO SPECIALE
RICOSTRUZIONE LAZIO

R.U.P.: Ing. Pasquale CHIARIELLO



RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

ELABORATO

AMB205REA

DATA SETTEMBRE 2021

SCALA

-

Società di progettazione



Il Progettista

Ing. Fabio Colletti

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1			
2			
3			
4			
5			

 UFFICIO SPECIALE RICOSTRUZIONE LAZIO	Opere di Urbanizzazione nella frazione di Collegentilese nel Comune di Amatrice (RI)	RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO
		AMB.205.RE.A
		Pag. 1 /14

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3. UBICAZIONE AREE E CARATTERI MORFOLOGICI E LITOLOGICI	2
4. INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO	3
4.1. Caratteristiche microsismiche delle aree	7
5. AZIONE SISMICA.....	7
5.1. Stati limite e relative probabilità delle aree	7
5.2. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	9
5.3. Valutazione dell'azione sismica	11

	Opere di Urbanizzazione nella frazione di Collegentileasco nel Comune di Amatrice (RI)	RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO
		AMB.205.RE.A
		Pag. 2 /14

1. PREMESSA

La presente relazione sulla modellazione sismica del sito è relativa al progetto definitivo-esecutivo “Opere di Urbanizzazione nella frazione di Collegentileasco” nel Comune di Amatrice (RI) – Codice Opera: OOURB_M_002_02_2017 1° stralcio, bandito dall’Ufficio Speciale Ricostruzione Lazio CUP: C78E18000380001 CIG: 869324223E.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguito sono riportate le principali indicazioni normative alle quali si è fatto riferimento nell’inquadramento sismico dell’area.

- DECRETO 17 GENNAIO 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»; Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;
- CIRCOLARE 21 GENNAIO 2019 N.7: Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018; Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007;
- O.P.C.M. n. 3274 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;
- O.P.C.M. n. 3519 28 APRILE 2006: Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle stesse zone.

3. UBICAZIONE AREE E CARATTERI MORFOLOGICI E LITOLOGICI

La zona di interesse è ubicata nel Comune di Amatrice, in provincia di Rieti, nella frazione denominata “Collegentileasco”, distante in linea d’aria circa 5 km dal centro storico di Amatrice, gravemente danneggiato dagli eventi sismici del 2016.

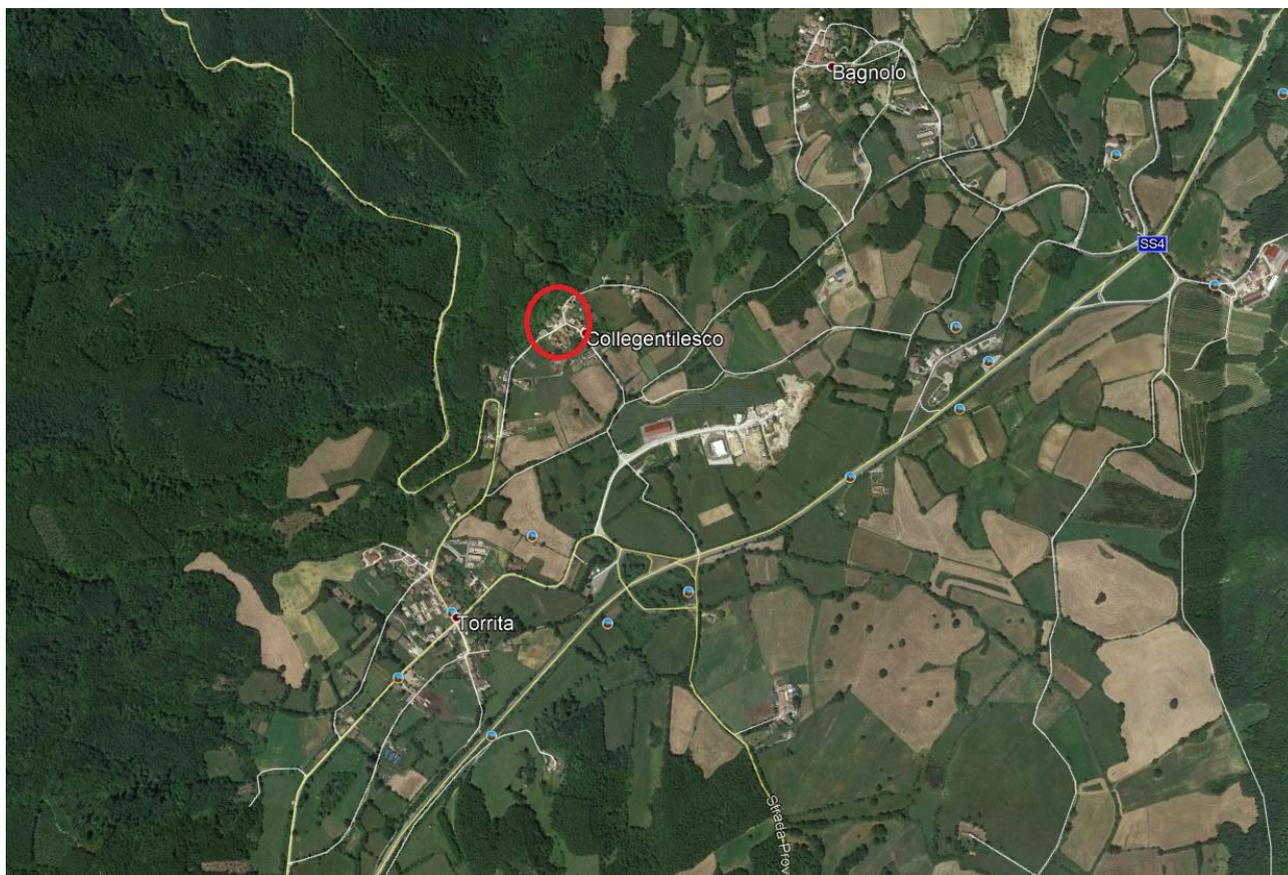


Figura 1 – Sito oggetto di intervento

Geologicamente, l'area oggetto del presente lavoro è situata su un substrato affiorante, mentre nel tratto vallivo del colle si trova la conca di Torrita, probabilmente correlabile con l'unità di Sommati-Amatrice.

Dal punto di vista morfologico, il colle sussiste sulla "formazione della Laga – membro preevaporitico" con associazione arenaceo pelitica.

Secondo lo Studio di Microzonazione Sismica di 3 Livello, il substrato geologico di riferimento per Collegentilese è quello descritto come "granulare cementato, stratificato, fratturato/alterato".

4. INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO

I valori di riferimento per la definizione della sismicità di un'area sono l'accelerazione orizzontale e l'intensità macrosismica, dove il primo valore è una grandezza di interesse ingegneristico, utilizzata nella progettazione e da cui ottenere le caratteristiche costruttive richieste alle strutture in zona sismica, mentre l'intensità macrosismica descrive il grado di danneggiamento causato da un evento sismico.

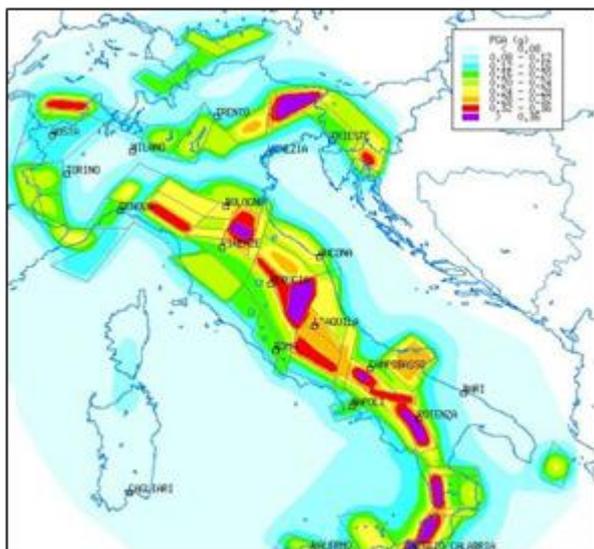


Figura 2 - Accelerazione orizzontale di picco con T = 475 anni

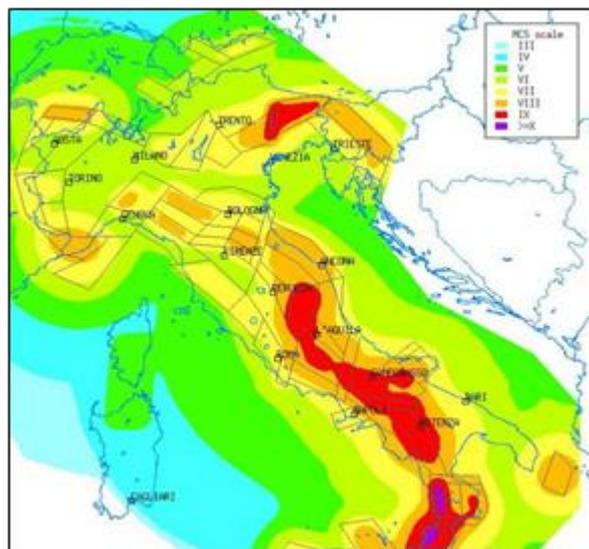


Figura 3 - Intensità macrosismica con T = 475 anni

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali, ovvero dall'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", entrata in vigore dal 25/10/2005 in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018 (di seguito NTC 2018) e dalla successiva O.P.C.M. n° 3519 del 28/03/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

In relazione alla pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_{g475}), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti.

La classificazione sismica del territorio nazionale è rappresentata in Figura 4. L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_{g475} con una tolleranza 0.025g (Figura 5), dove a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g), che deve essere considerato in sede di progettazione.

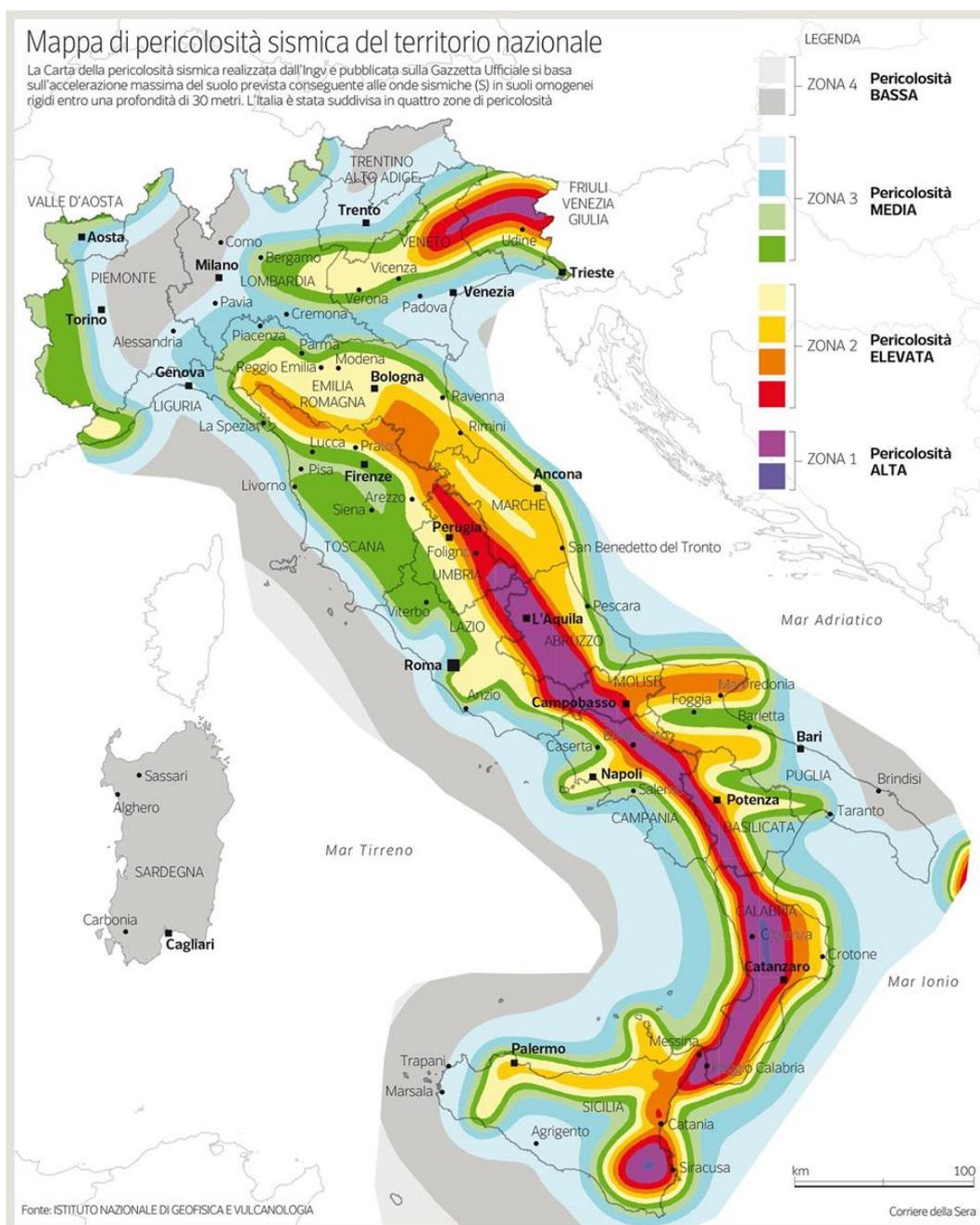


Figura 4 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata (INGV 2018)

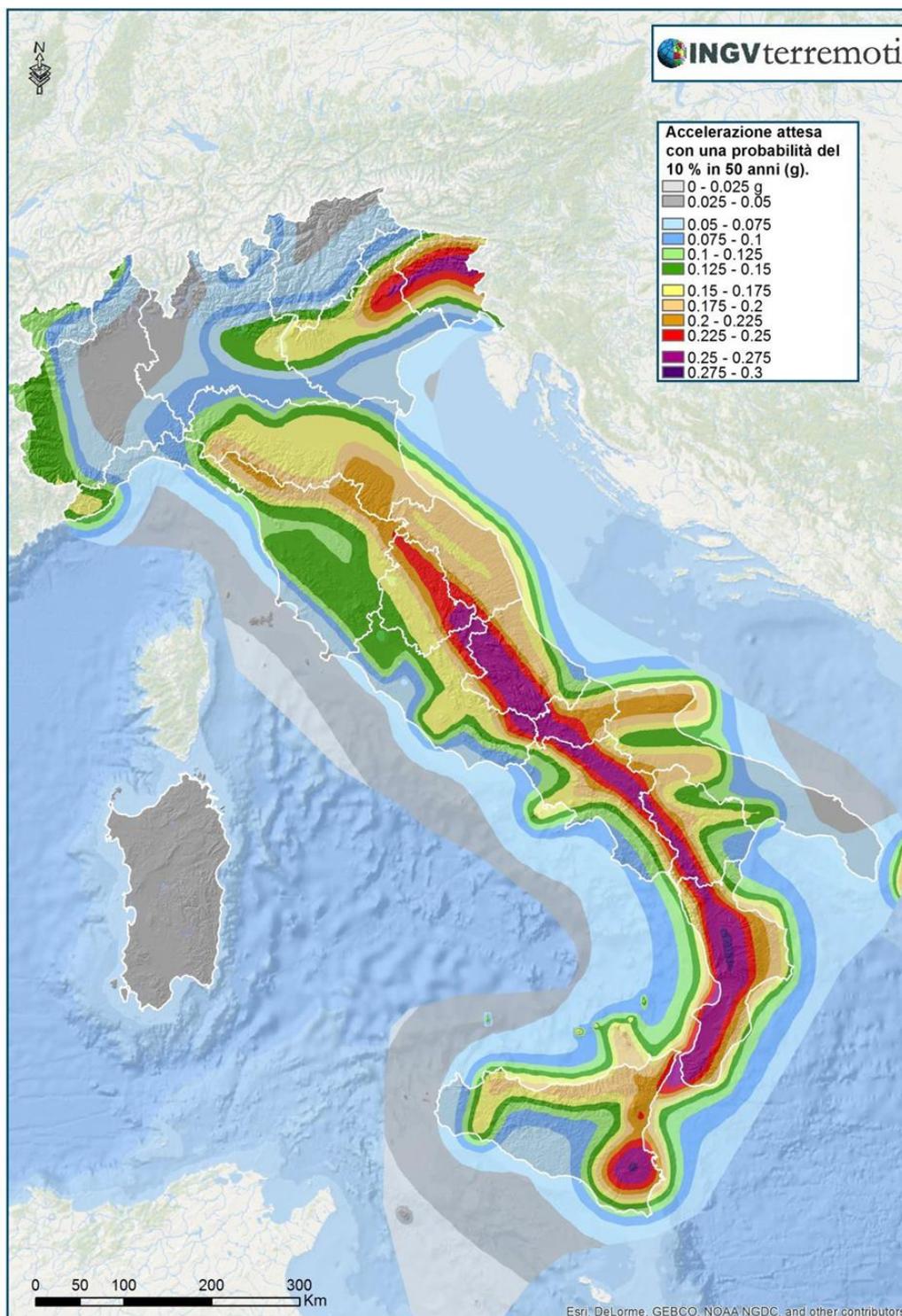


Figura 5 - Mappa dell'accelerazione attesa con una probabilità del 10% in 50 anni (INGV 2018)

	<p align="center">Opere di Urbanizzazione nella frazione di Collegentilese nel Comune di Amatrice (RI)</p>	RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO
		AMB.205.RE.A
		Pag. 7 /14

4.1. Caratteristiche microsismiche delle aree

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006 riferita all'intero territorio nazionale, il territorio comunale di Amatrice è classificato in **zona sismica 1** a "sismicità alta" ($a_g > 0.25g$).

A tale sito corrisponde infatti un valore massimo di a_g pari a **0.2586g**.

In ogni caso i valori di a_g andranno determinati in fase esecutiva per ciascun intervento secondo il D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" per ogni stato limite, in riferimento alle le coordinate che identificano ogni sito oggetto di intervento.

Dal punto di vista della pericolosità sismica locale, il Comune di Amatrice ha adottato, così come è previsto dalla Ordinanza 24/2017, lo Studio di Livello III e l'aggiornamento del Livello 1 di Microzonazione Sismica. Secondo tale studio, le aree di intervento sono comprese all'interno di "**zone stabili**" nelle quali il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso su suolo di riferimento (Classe di sottosuolo di tipo A).

5. AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, classificato come zona 1 ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/2003 e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale (§ 3.2 NTC 2018).

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

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

5.1. Stati limite e relative probabilità delle aree

	Opere di Urbanizzazione nella frazione di Collegentilese nel Comune di Amatrice (RI)	RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO
		AMB.205.RE.A
		Pag. 8 /14

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;

Gli Stati limite ultimi (SLU) sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate in Tab. 3.2.I delle NTC 2018.

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 6 – Probabilità di superamento in funzione dello stato limite considerato

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

	<p align="center">Opere di Urbanizzazione nella frazione di Collegentilese nel Comune di Amatrice (RI)</p>	RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO
		AMB.205.RE.A
		Pag. 9 /14

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

5.2. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 delle NTC 2018.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione 3.2.1 delle NTC 2018, in riferimento alla profondità del substrato H , definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di 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 di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 2018.

	Opere di Urbanizzazione nella frazione di Collegentilese nel Comune di Amatrice (RI)	RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO
		AMB.205.RE.A
		Pag. 10 /14

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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 tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>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 tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 7 – *Tabella 3.2.II “Categorie di sottosuolo” – NTC 2018*

Per il sito in oggetto, la categoria di sottosuolo è stata stimata cautelativamente dalla bibliografia sulla geologia del sito.

Il terreno di fondazione può, pertanto, essere assunto di **categoria C** “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*”.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Figura 8 – *Tabella 3.2.III “Categorie topografiche” – NTC 2018*

In riferimento alle categorie topografiche sopra riportate, il sito dell'intervento può essere classificato nella **categoria T1** che precisamente corrisponde a quella delle “superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ ”.

5.3. Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U (§ 2.4.3 NTC 2018).

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II delle NTC 2018.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Figura 9 - Tabella 2.4.II “Valori del coefficiente d'uso C_U ” – NTC 2018

Vita nominale V_N e classe d'uso C_U si desumono dai § 2.4.1 e 2.4.2 delle NTC 2018.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

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

Figura 10 - Tabella 2.4.I “Vita nominale V_N ” – NTC 2018

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 11 - Paragrafo 2.4.II “Classe d'uso C_U ” – NTC 2018

Per l'area in oggetto, il periodo di riferimento per l'azione sismica si valuta dunque mediante la seguente espressione:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

in cui si è posto:

Vita Nominale (V_N) = 50 anni;

Classe d'uso = II \Rightarrow $C_U = 1.0$

In definitiva, per le azioni sismiche si definiscono due stati limite di esercizio e due ultimi, individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione, corrispondenti ai seguenti valori dei parametri:

Valutazione della pericolosità sismica

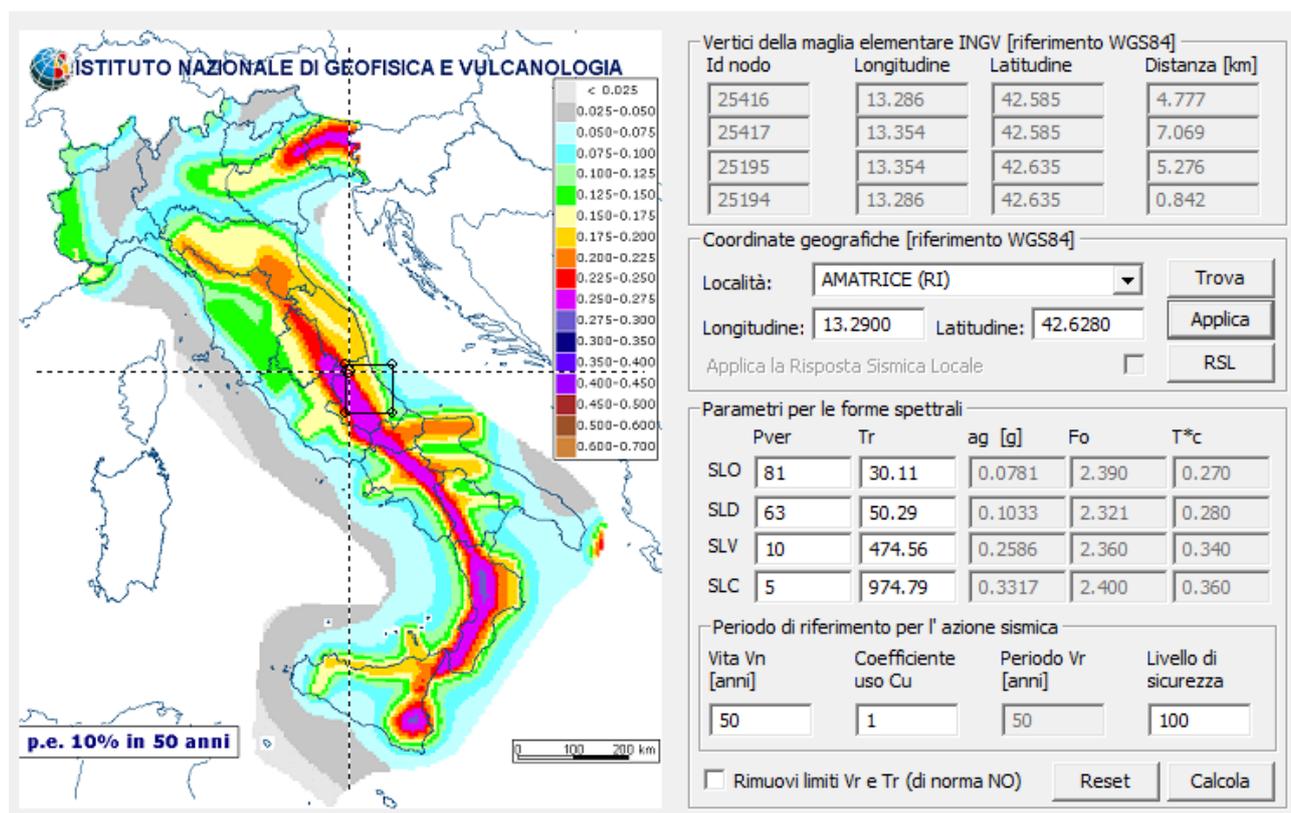


Figura 12 - Pericolosità sismica del sito

Parametri e fattori spettrali							
S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.078	1.500	2.390	0.902	0.146	0.437	1.912
SLD	0.103	1.500	2.321	1.007	0.149	0.447	2.013
SLV	0.259	1.334	2.360	1.620	0.170	0.510	2.634
SLC	0.332	1.222	2.400	1.866	0.177	0.530	2.927
Verticale per tutti:		1.000			0.050	0.150	1.000
eta SLO	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	q SLU y	q SLU z	
1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	Aiuto...
Smorzamento...				1.0	1.0	<= Esistenti v. fragili	

Figura 13 - Parametri sismici e fattori spettrali

Il calcolo delle azioni sismiche sulla struttura in oggetto è stato effettuato su un modello spaziale dello stesso attraverso delle analisi spettrali, pertanto utilizzando gli spettri dettati dal regolamento. Naturalmente lo spettro si è applicato per ogni direzione di azione del sisma (due direzioni orizzontali mutuamente ortogonali ed una direzione verticale).

I due spettri elastici di riferimento, uno per la componente orizzontale del sisma $S_e(T)$, e l'altro per la componente verticale $S_{ve}(T)$, sono definiti sulla base dei parametri specificati nel § 3.2.3.2.1 e nel § 3.2.3.2.2 delle NTC 2018, in funzione dei coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica prima definiti per il sito in questione.

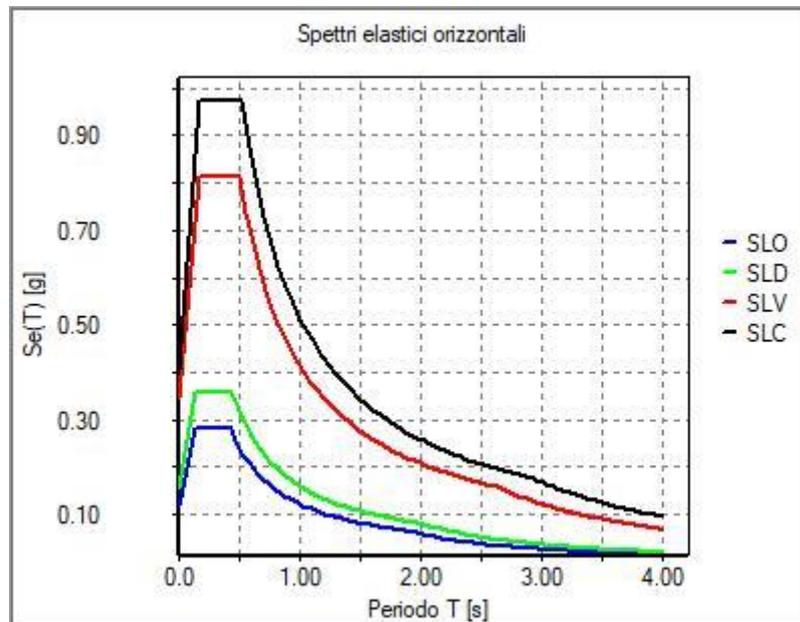


Figura 14 - Spettri di risposta elastici orizzontali

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4.0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi oppure l'azione sismica deve essere descritta mediante storie temporali del moto del terreno.