

S.S. 675 "UMBRO - LAZIALE"
**Sistema infrastrutturale del collegamento del porto
 di Civitavecchia con il nodo intermodale di Orte**
Tratta Monte Romano est - Civitavecchia
1° Stralcio Monte Romano est - Tarquinia

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM366

R.T.I. di PROGETTAZIONE:



I PROGETTISTI:

Ing. Nicola Cuozzo (Integratore prestazioni specialistiche)
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N. 15447

Ing. Roberto Zanon (il Progettista)
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Padova N.2351

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.:

Ing. Biagio Camaldo

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giampiero Carrieri
Ordine regionale dei Geologi del Piemonte. N. 274

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Geol. Giampiero Carrieri
Ordine regionale dei Geologi del Piemonte. N. 274

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Ing. Achille Devitofranceschi

PROTOCOLLO

—

DATA

SISMICA

Relazione sismica

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	CODICE ELAB.				
DPRM0366	D	2201	T00	GE00	GETRE05	A	
A	EMISSIONE PD		MARZO 2022	L. Landolfi	G. Ricci	G. Carrieri	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	2
1.1	Scopo del lavoro e descrizione del progetto	2
	Documentazione di riferimento	2
1.2	2	
2	SISMICITÀ STORICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	3
2.1	Sismicità storica	3
2.2	Pericolosità sismica	4
3	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	6
3.1	Approccio normativo	6
3.2	Definizione dell'azione sismica di base	8
3.3	Amplificazione per effetti di sito	8
3.3.1	Fattori di amplificazione stratigrafica	9
3.3.2	Fattore di amplificazione topografica	11
3.3.3	Valori dei parametri spettrali in superficie	11
4	STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	12

1 INTRODUZIONE

1.1 Scopo del lavoro e descrizione del progetto

La presente relazione riporta la caratterizzazione sismica inerente la Progettazione Definitiva del 1° stralcio Monte Romano Est - Tarquinia del collegamento stradale tra la SS675, posta a Est di Monte Romano, e la SS1bis Via Aurelia a circa 3km a Ovest dal centro abitato.

Questo progetto corrisponde ad uno stralcio di un progetto più esteso, sviluppato da ANAS nel 2006, di collegamento della SS675 a est dell'abitato di Monte Romano alla A12 (tratto Tarquinia-Roma).

Il tracciato (sviluppo di circa 4+950 km) comprende una galleria naturale (Monteromano: L = 1500 m circa), una 1 galleria artificiale (L = 125m) di sottoattraversamento della SS675, un ponticello (L = 12m), alcuni sottovia necessari a risolvere le interferenze con la viabilità secondaria.

Il progetto prevede una nuova attribuzione delle progressive chilometriche che andrà in senso inverso al precedente, partendo dalla pk 0+000 (ex pk 14+700) in corrispondenza della connessione del tratto esistente della SS 675 in prossimità del futuro svincolo di Monte Romano, per terminare in corrispondenza della pk 4+630 (ex pk 10+100) dove sarà realizzato un nuovo svincolo (svincolo "Tarquinia") di collegamento con la SS1bis Via Aurelia, non previsto dal precedente progetto.

1.2 Documentazione di riferimento

- NTC 2018: *Norme Tecniche per Le Costruzioni*, Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
- 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 decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- NTC 2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni* - D.M. 14-01-08 (NTC-2008).
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009: *"Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008"*.
- Carta della pericolosità sismica del territorio nazionale in formato digitale: Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>);

- Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130;

Meletti, C., Montaldo, V., Stucchi, M., Martinelli, F. (2006). Database della pericolosità sismica MPS04. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).DOI: 10.13127/SH/MPS04/DB.

2 SISMICITÀ STORICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

2.1 Sismicità storica

La sismicità storica dell'area comprende pochi eventi di intensità generalmente modesta.

Fra gli eventi di maggior intensità vengono annoverati quello di Tarquinia del 1819, dei Monti della Tolfa del 1969 e quello di Tuscania del 1971.

Il primo datato 26.05.1819, si colloca nella fossa plio-pleistocenica di Tarquinia, è caratterizzato da profondità ipocentrale compresa fra 5 e 15 km, magnitudo $M_L = 4.3$, ed è associato ad un'intensità macrosismica VII della scala Mercalli. Informazioni più precise ne collocano l'epicentro in corrispondenza del bordo sudorientale dell'alto strutturale di Tarquinia, in prossimità del limite tettonico fra i terreni pliocenici e quelli flyschiodi.

Il terremoto dei Monti della Tolfa del 02.07.1969 ebbe intensità VII MS, profondità ipocentrale 8 km e magnitudo 4.3; l'epicentro risultava ubicato al bordo settentrionale dell'alto strutturale di Civitavecchia. Gli effetti macrosismici risultarono estremamente localizzati.

Il sisma di Tuscania del 06.02.1971, di maggior intensità, fu caratterizzato da una scossa principale e da repliche protrattesi per 9 giorni. L'intensità fu valutata del VIII MS, la profondità ipocentrale di 4 km, la magnitudo di 4.5. Le caratteristiche dell'evento furono: piccola profondità ipocentrale, rilascio prevalente di energia con la scossa principale, e repliche più leggere. L'origine del sisma può essere ricercata nella residua attività post-vulcanica dell'area, pur non escludendosi possibili relazioni con elementi di tipo tettonico.

Progetto Definitivo

Con riferimento a possibili interpretazioni sismogenetiche dei dati spaziali della sismicità storica si è osservata una correlazione fra la distribuzione spaziale degli epicentri e la posizione degli alti strutturali, individuati sia sulla base delle evidenze geologico-strutturali di superficie che dei dati gravimetrici (anomalie positive di gravità individuate nella Carta delle isoanomalie di Bouguer). Fra queste strutture vengono annoverati l'alto di Civitavecchia, quello di Monte Romano e quello posto a nordovest di Tarquinia: si nota che gli epicentri degli eventi sismici registrati in epoca storica si localizzano, di preferenza, ai margini di queste strutture tettoniche.

Dall'analisi dei dati di sismica storica deriva, pertanto, che la massima magnitudo registrata per eventi con epicentro prossimo all'area è di 5.0 (intensità epicentrale VII MCS); il valore relativamente elevato del rapporto intensità/magnitudo è spiegabile con la bassa profondità ipocentrale, che determina la limitata estensione dell'area interessata dagli effetti macrosismici.

2.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica dell'area in esame è definita dalla carta di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ed indicata anche come Modello di pericolosità sismica MPS04-S1.

Nel modello MPS04-S1 la pericolosità sismica è definita dal valore massimo dell'accelerazione orizzontale attesa al substrato rigido di base associato ad una probabilità di superamento convenzionale del 10% in 50anni.

Per substrato rigido si intende una formazione con velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s \geq 800\text{m/s}$ e superficie limite orizzontale

I valori di accelerazione massima sono restituiti su una griglia a maglia quadra equi-spaziata di 10km che ricopre l'intero territorio nazionale.

La **Figura 2-1** mostra che per la località di Monte Romano l'accelerazione massima è compresa nell'intervallo di valori 0.125 – 0.150g.

SS 675 "Umbro - Laziale" (ex Raccordo Civitavecchia - Orte)
tra il km 86+000 della S.S.1 "Aurelia" ed il km 21+500 della S.S. 1bis
(Tronco 2 Lotto 2 - Tronco 3 Lotto 1 stralcio B)
Monte Romano - Cinelli

Progetto Definitivo

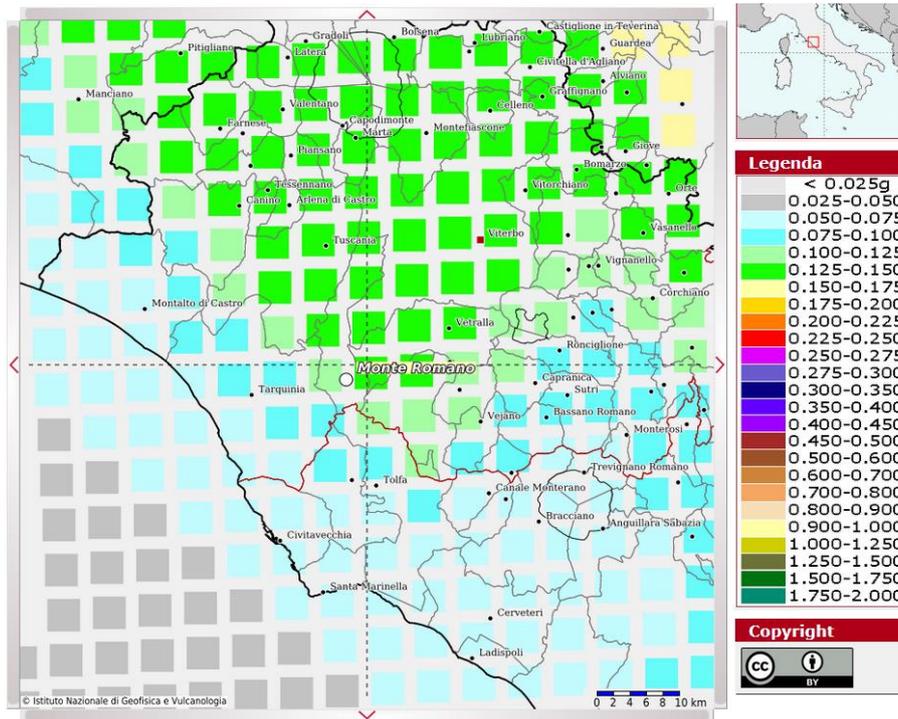


Figura 2-1 – Stralcio della mappa di pericolosità sismica nazionale – modello MPS04-S1

L'analisi di disaggregazione della pericolosità individua i valori di magnitudo e distanza epicentrale caratteristici degli eventi che maggiormente hanno contribuito alla definizione dell'intervallo di pericolosità indicato.

Il grafico riportato nella **Figura 2-2** mostra che un contributo variabile tra il 30 ed il 40% è dato da eventi che hanno Magnitudo momento (M_w) compresa tra 4.5 e 5.0 con distanza epicentrale tra 0 e 10km, coerentemente con quanto evidenziato sulla sismicità storica.

Si tratta quindi di un'area in cui la pericolosità sismica è fortemente associata ad eventi di magnitudo non particolarmente elevata ma nucleati da sorgenti prossime al sito.

Progetto Definitivo

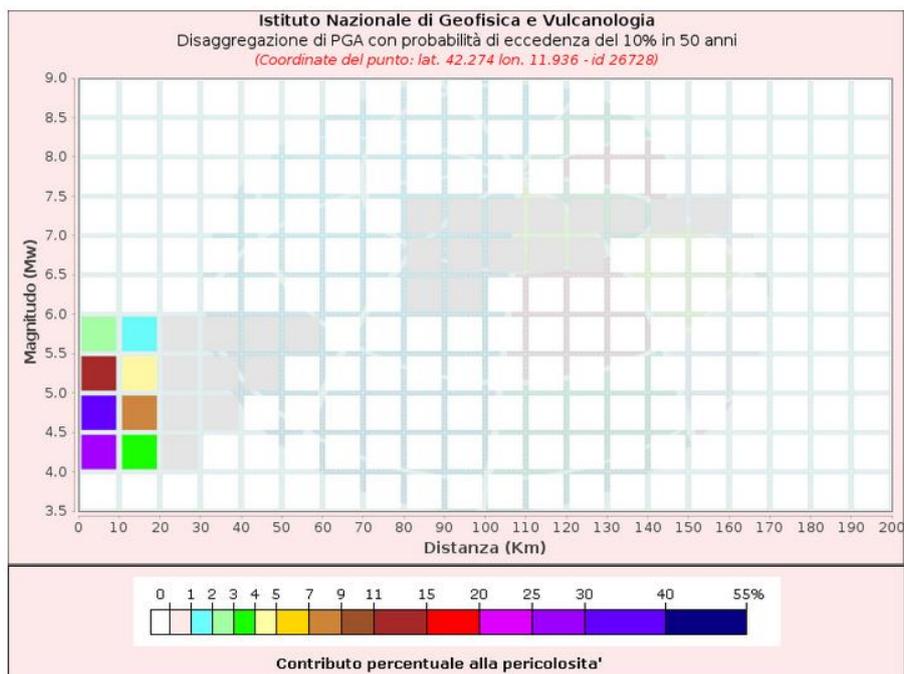


Figura 2-2 – Disaggregazione della pericolosità per il sito in esame – modello MPS04-S1

3 VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA

3.1 Approccio normativo

La valutazione dell’azione sismica secondo la normativa vigente (NTC 2018) si basa sul modello di pericolosità sismica del territorio nazionale e sulla sua implementazione in forma tabellare contenuta nella precedente versione della normativa tecnica nazionale (NTC 2008, Allegato B), ma confermata nella versione vigente (paragrafo 3.2, NTC 2018).

La tabella rappresenta uno sviluppo della mappa di pericolosità e fornisce i valori dei parametri d’azione dello spettro di risposta elastico su substrato rigido in corrispondenza delle probabilità di superamento associate alle 4 tipologie di stati limite definite dalla norma. (NTC 2018, paragrafo 3.2.1, Tab. 3.2.I).

I valori dei parametri spettrali sono definiti su una griglia territoriale a maglia quadra di punti equispaziati di 5 km, interpolata a partire dal modello MPS04-S1 (Allegato B della NTC 2008).

La normativa delinea il processo di individuazione dell’azione sismica di progetto che prevede:

Progetto Definitivo

- la definizione della vita di riferimento dell'opera (V_R) sulla base della correlazione tra vita nominale (V_N) e classe d'uso (C_U): $V_R = V_N \cdot C_U$;
- la stima del periodo di ritorno (T_R) sulla base delle probabilità di superamento (P_{VR}) associata agli stati limite di verifica, secondo la formula: $T_R = V_R / \ln(1 - P_{VR})$;
- la localizzazione del sito in esame (o di punti significativi di esso, nel caso di infrastrutture estese) indicandone le coordinate geografiche (latitudine, longitudine);
- la stima dei valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico su suolo rigido (parametri d'azione) in funzione di T_R .

I parametri d'azione su sito di riferimento rigido orizzontale sono:

- a_g/g , accelerazione massima normalizzata;
- F_0 , moltiplicatore di a_g/g che quantifica l'amplificazione spettrale massima ed ha valore minimo pari a 2.2;
- $T^*_{C_r}$, periodo proprio di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli stati limite di verifica previsti dalla norma sono elencati di seguito, con le corrispondenti probabilità di superamento in 50 anni:

- Stato Limite ultimo di Collasso (SLC), $P_{RV} = 5\%$;
- Stato Limite ultimo di Vulnerabilità (SLV), $P_{RV} = 10\%$;
- Stato Limite di esercizio, di Danno (SLD), $P_{RV} = 63\%$;
- Stato Limite di esercizio, di Operatività (SLO), $P_{RV} = 81\%$.

Per le opere d'arte in esame le assunzioni progettuali sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 3-1 – Assunzioni progettuali per la progettazione sismica delle opere in esame

OPERA	V_N	CLASSE D'USO	C_U	V_R	STATO LIMITE DI VERIFICA
Gallerie ed opere strutturali	100	IV	2	200	SLC
Rilevati e trincee	100	IV	2	200	SLC
Opere provvisionali	10	IV	2	20	SLC

3.2 Definizione dell'azione sismica di base

Al fine di definire l'azione sismica di base, considerata l'estensione del reticolo di riferimento di norma, è sufficiente riferirsi alle coordinate del punto medio del lotto stradale di coordinate:

Tabella 3-2 – Coordinate del punto di riferimento per la stima dell'azione sismica di base

LONGITUDINE	LATITUDINE
11.9297	42.2840

Di conseguenza, i valori dei parametri d'azione su sito di riferimento rigido orizzontale sono:

Tabella 3-3 – Parametri d'azione dello spettro di risposta elastico su substrato rigido

OPERA	STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T^*_c [s]
Gallerie ed opere strutturali	SLC	2475	0.218	2.532	0.290
Rilevati e trincee	SLC	2475	0.218	2.532	0.290
Opere provvisionali	SLC	682	0.148	2.450	0.281

3.3 Amplificazione per effetti di sito

Gli effetti di sito sono stimati tramite i fattori di moltiplicativi che modificano sia l'accelerazione massima orizzontale attesa, sia il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastica.

Progetto Definitivo

La massima accelerazione orizzontale attesa in superficie (a_{max}/g) si ottiene moltiplicando il valore di base (a_g/g), per un fattore di amplificazione stratigrafica (S_s) ed uno di amplificazione topografica (S_T) secondo la formula:

$$a_{max}/g = S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$$

Il valore del periodo T_C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastica in superficie si ottiene moltiplicando quello dello spettro di base (T^*_C) per il fattore di amplificazione spettrale C_C , secondo la formulazione seguente:

$$T_C = C_C \cdot T^*_C$$

3.3.1 Fattori di amplificazione stratigrafica

I fattori di amplificazione stratigrafica (S_s e C_C) dipendono dalla classe di sottosuolo, definita dalla velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{S,eq}$), e dai parametri spettrali F_0 ed a_g/g secondo le relazioni analitiche riportate di seguito (NTC 2018, paragrafo 3.2.3.2.1, Tab.3.2.IV):

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_C

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

La $V_{S,eq}$ dipende dal profilo di V_S e dallo spessore dei sismo-strati individuati sulla base della stratigrafia in sito, secondo la seguente formulazione:

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

in cui

Progetto Definitivo

- H è lo spessore della porzione di sottosuolo con $V_s \leq 800\text{m/s}$;
- h_i è lo spessore dell' i-mo sismostrato;
- $V_{s,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell' i-esimo strato;
- N è il numero di strati.

I valori di $V_{s,i}$ sono definiti attraverso prove sismiche in foro e di superficie (NTC 2018, paragrafo 3.2.2). Nel caso specifico sono disponibili i risultati delle seguenti prove sismiche in foro, tipo down-hole (DH), e sismiche a rifrazione (BSR).

Tabella 3-4 - Valori di V_{s30} lungo il tracciato (campagna indagini Geostudi 2006)

VECCHIA PROGRESSIVA [km]	NUOVA PROGRESSIVA [km]	INDAGINE SISMICA	Valore di V_{s30} [m/s]
10+950	3+725	BSR18	387 – 521 (387)
10+950	3+725	BSR19	486 – 542 (486)
11+300	3+410 (*)	BSR13 (*)	360 – 584 (360)
11+300	3+410 (*)	DH (S16-06)	585
12+350	2+350	BSR14	427 – 570 (427)
12+400	2+300	DH (S18-06)	400
14+700	0+50	DH (S19-06)	792
15+200	- 0+480 (**)	BSR20	685 – 801 (685)
17+200	- 0+790 (**)	DH (S22-06)	651
17+735	- 3+000	BSR22	649 – 714 (649)
18+350	- 3+300	BSR15	533 – 712 (533)
18+525	- 3+600	BSR16	411 – 536 (411)
(*) base sismica 250 m fuori asse			
(**) eseguita non in corrispondenza dell'infrastruttura ma in sottosuoli simili			

Per le prove sismiche a rifrazione è stato riportato l'intervallo di valori di $V_{S,eq}$ (minimo e massimo) ottenuto lungo ogni stendimento, di lunghezza 110m circa. Il valore in parentesi è quello di riferimento per la stima della categoria sismica di sottosuolo, cautelativamente assunto pari al minimo.

I valori di $V_{S,eq}$ mostrano che il tracciato in esame ricade completamente in **classe B** di sottosuolo.

Pertanto, i fattori di amplificazione stratigrafica sono:

Tabella 3-5 – Fattori di amplificazione stratigrafica

OPERE	CLASSE NTC 2018	STATO LIMITE	S_s	C_c
Gallerie ed opere strutturali	B	SLC	1.179	1.409
Rilevati e trincee	B	SLC	1.179	1.409
Opere provvisionali	B	SLC	1.200	1.418

3.3.2 Fattore di amplificazione topografica

L'infrastruttura in esame si sviluppa in larga parte in piano o su rilievi con pendenza media minore di 15°, pertanto non sono attesi effetti di amplificazione stratigrafica. Di conseguenza vi si associa una categoria T1 della norma (NTC 2018 paragrafo 3.2.2, Tab. 3.2.III) ed il fattore di amplificazione stratigrafico $S_T = 1$.

3.3.3 Valori dei parametri spettrali in superficie

I valori dei parametri dello spettro di risposta elastico in superficie sono riportati di seguito.

Tabella 3-6 – Parametri spettrali in superficie

OPERE	CLASSE NTC 2018	STATO LIMITE	a_{max}/g	T_c
Gallerie ed opere strutturali	B	SLC	0.257	0.409
Rilevati e trincee	B	SLC	0.257	0.409
Opere provvisionali	B	SLC	0.178	0.398

4 STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

La natura dei materiali presenti nella tratta in oggetto e le particolari condizioni idrogeologiche portano ad escludere il verificarsi di fenomeni di liquefazione dei terreni o lo sviluppo di pressioni interstiziali significative durante l'evento sismico.