



PROVINCIA
DI REGGIO EMILIA

POLARIS
e n g i n e e r i n g

via A. Gramsci 54/L,
42124 Reggio nell'Emilia
0522 320563 -
info@pec.polarisengineering.it
Codice Fiscale / P.IVA
n° 02662690359

COMUNE DI
BAISO E CARPINETI

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

INTERVENTI DI:

- RIPRISTINO DEL MURO DI SOSTEGNO DI VALLE IN SASSO E INSERIMENTO DI BARRIERA STRADALE SU CORDOLO E TRAVE SULLA SP 7 AL KM 23+530 IN COMUNE DI BAISO;
- PROLUNGAMENTO DEL MURO DI SOSTEGNO DI MONTE A PROTEZIONE DEL FRANAMENTO DELLA SCARPATA SULLA SP 7 AL KM 24+200 IN COMUNE DI CARPINETI;
- RIPRISTINO DEL MURO DI SOSTEGNO DI VALLE IN SASSO E INSERIMENTO DI BARRIERA STRADALE SU CORDOLO E TRAVE SULLA SP 7 AL KM 27+400 IN COMUNE DI CARPINETI;
- RIPRISTINO DEL MURO DI SOSTEGNO DI VALLE IN SASSO E INSERIMENTO DI BARRIERA STRADALE SU CORDOLO E TRAVE SULLA SP 7 AL KM 28+350 IN COMUNE DI CARPINETI;
- RIPRISTINO DEL MURO DI SOSTEGNO DI VALLE IN SASSO E INSERIMENTO DI BARRIERA STRADALE SU CORDOLO E TRAVE SULLA SP 7 AL KM 29+900 IN COMUNE DI CARPINETI.

CUP: C97H20001860001 CIG: B5F502220E

INTESTATARIO

Provincia di Reggio Emilia



PROGETTISTA STRUTTURALE
Ing. Andrea Ferrarini

IL RUP: Ing. Bussei Valerio

IL DIRIGENTE DEL
SERVIZIO INFRASTRUTTURE,
MOBILITA' SOSTENIBILE E
PATRIMONIO: Ing. Valerio Bussei

REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO E APPROVATO
0	Maggio 2025	Ing. Andrea Ferrarini	Ing. Andrea Ferrarini

N° TAVOLA	COMMESSA	LIV. - CAT.	SCALA
RG	25-031	E-AR	

Sommario

1.	GENERALITA'.....	1
1.1	Oggetto.....	1
1.2	Vincoli e inquadramento paesaggistico	2
1.3	Aspetti stradali	4
1.4	Aspetti strutturali	5
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
3.	INQUADRAMENTO SISMICO	9
3.1	Risposta sismica locale	11
3.2	Valutazione del potenziale di liquefazione	16
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....	18
4.1	Premessa	18
4.2	Inquadramento tettonico e geolitologia	18
4.3	Caratteristiche litologiche e parametri geotecnici	20
4.4	Stabilità del pendio	21
5.	OPERE IN PROGETTO.....	24
5.1	Muro di sostegno	24
5.2	Barriere di sicurezza e cordoli	25
5.3	Pavimentazione stradale	26
5.4	Ripristino muri di sostegno esistenti.....	27
6.	ELENCO DELLE OPERE	28
7.	MATERIALI	30
7.1	Calcestruzzo C32/40.....	30
7.2	Acciaio laminato a caldo per cemento armato B 450 C.....	30
8.	FISISTICA DI CANTIERE	31

1. GENERALITA'

1.1 Oggetto

L'intervento oggetto della presente relazione riguarda gli interventi di ripristino di muri di sostegno in muratura e la realizzazione di cordolo sommitale propedeutico all'installazione delle barriere di sicurezza stradale, lungo 4 tratti della SP 7 fra i comuni di Baiso e di Carpineti. Tra le opere rientra anche la realizzazione di un nuovo muro di sostegno a monte, a prolungamento di uno esistente, al fine di garantire le condizioni di sicurezza sulla carreggiata a presidio di eventuali fenomeni franosi e/o gravitativi.

Gli interventi nel loro complesso riguardano diversi tratti dell'arteria stradale, posti in posizioni differenti e indicate successivamente.

L'installazione delle barriere di sicurezza ha lo scopo di migliorare le condizioni di sicurezza durante il transito dei mezzi. Medesima valenza e scopo ha la realizzazione del muro di sostegno, il quale permette peraltro di evitare l'interruzione del traffico stradale per eventuale deposito di detriti sulla carreggiata, permettendo così di evitare disagi alla circolazione lungo la strada provinciale.

I tratti interessati dal ripristino dei muri di sostegno di valle e dall'installazione delle barriere di sicurezza al di sopra del cordolo in c.a. di nuova realizzazione sono i seguenti:

- SP 7 km23+530
- SP 7 km 27+400
- SP 7 km 28+350
- SP 7 km 29+900

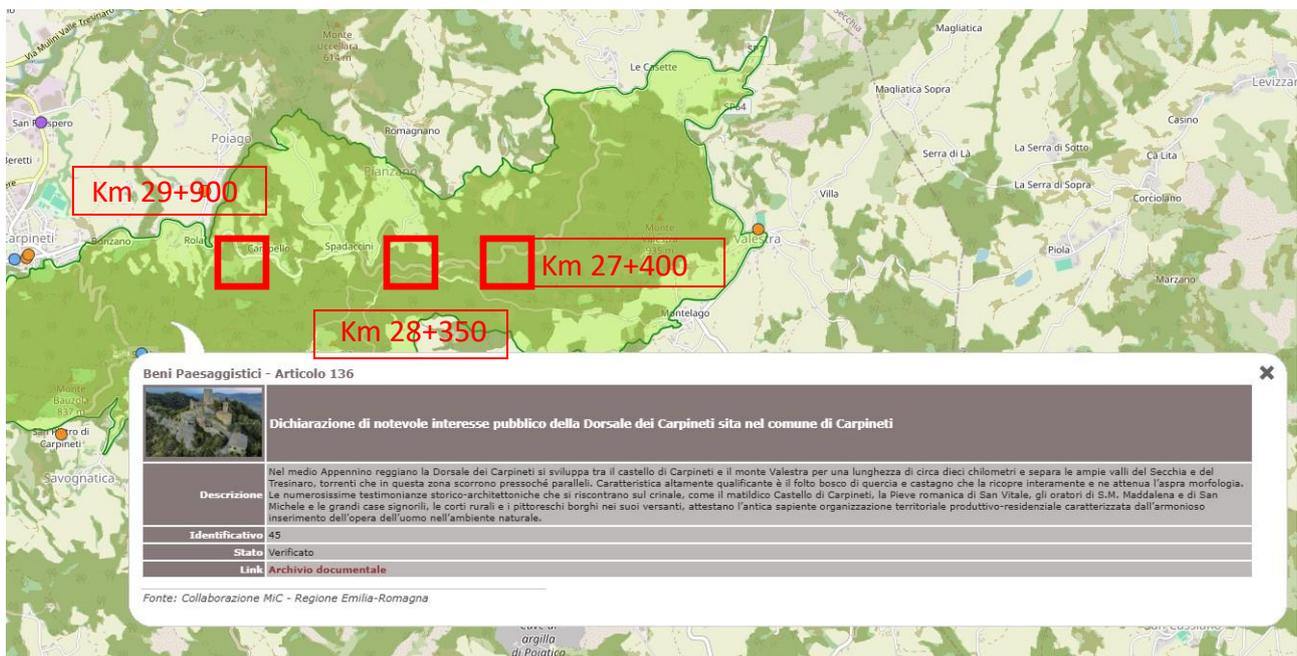
Il tratto interessato dal rifacimento del muro di sostegno in c.a. a prolungamento di quello già esistente è il seguente:

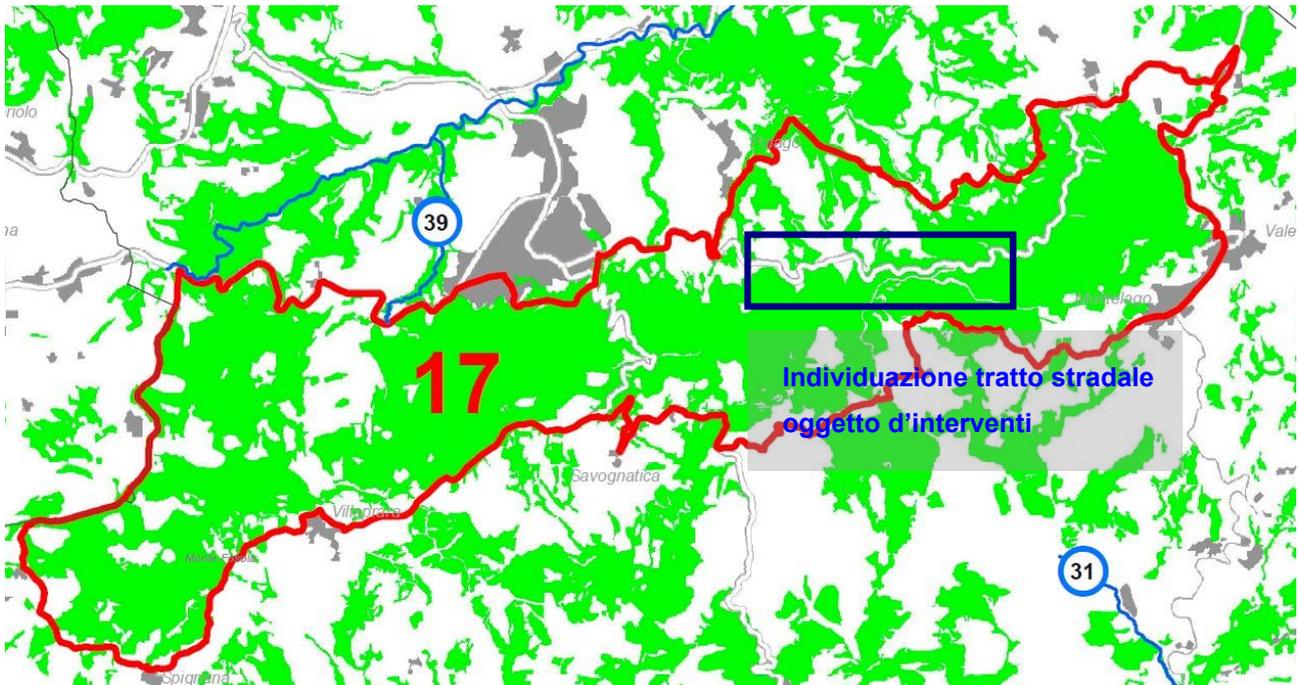
- SP 7 km 24+200

Tutti gli interventi sono realizzati con finanziamento DM 123-anno 20243

1.2 Vincoli e inquadramento paesaggistico

Gli interventi in oggetto che si collocano sulla S.P.7 ai km 27+ 400, al km 28+350 e al km 29+900 si inseriscono all'interno della Dichiarazione di Notevole Interesse pubblico della Dorsale di Carpineti nel Comune di Carpineti in base all'Art.136 (beni paesaggistici) del D.lgs 42/2004. Si riporta di seguito un estratto Webgis della perimetrazione dell'area di dichiarazione di notevole interesse A e un estratto PTCP P4 della carta dei beni paesaggistici del territorio provinciale.





BENI PAESAGGISTICI (D. Lgs 42/2004)

1 AREE DI NOTEVOLE INTERESSE PUBBLICO SOTTOPOSTE A TUTELA CON APPOSITO PROVVEDIMENTO AMMINISTRATIVO (art. 136)

17	Dichiarazione di notevole interesse pubblico della dorsale di Carpineti sita nel Comune di Carpineti	Carpineti	D.M. del 01/08/1985
----	--	-----------	---------------------

Gli interventi previsti in progetto si collocano sulla sede stradale della S.P 7 e sono interventi di manutenzione della struttura viaria e manufatti edilizi esistenti (muri in sasso a valle strada). Pertanto, ricadono tra gli interventi esclusi dalla richiesta di Autorizzazione Paesaggistica di cui all'Allegato A di cui all'Art.2, comma 1 del DPR 31/2017 e in particolare ai punti:

A.10. opere di manutenzione e adeguamento degli spazi esterni, pubblici o privati, relative a manufatti esistenti, quali marciapiedi, banchine stradali, aiuole, componenti di arredo urbano, purché eseguite nel rispetto delle caratteristiche morfo-tipologiche, dei materiali e delle finiture preesistenti, e dei caratteri tipici del contesto locale;

A.13. interventi di manutenzione, sostituzione o adeguamento di cancelli, recinzioni, muri di cinta o di contenimento del terreno;

A.26. interventi puntuali di ingegneria naturalistica diretti alla regimazione delle acque e/o alla conservazione del suolo.

Negli interventi di progetto è previsto l'utilizzo di materiali esistenti al fine di conservare i caratteri tipici del contesto. Inoltre, i materiali da scavo e movimenti terra compatibilmente con le esigenze tecniche potranno essere re-impiegati nel rispetto dei criteri di continuità paesaggistica con l'esistente. In fase di progettazione tali interventi sono stati analizzati comprendendo l'intorno più esteso possibile, data la condizione dei luoghi di interesse, delle aree di intervento.

L'intervento è da ritenere indispensabile al fine di permettere il transito in sicurezza su strada dei cittadini della montagna e incide in maniera minimale sulle valenze ambientali e paesaggistiche presenti. Si ritiene che il progetto si configuri come insieme di opere realizzate che non alterano l'assetto esistente e che quindi lo stato post-intervento sia paragonabile a quello preesistente.

1.3 Aspetti stradali

Per quanto concerne l'installazione delle nuove barriere di sicurezza, l'impossibilità del loro inserimento direttamente al di sopra del muro di sostegno in muratura, comporta la necessaria realizzazione di un nuovo cordolo sommitale in c.a. collegato a una soletta di bilanciamento verso l'interno della carreggiata, a garanzia del soddisfacimento della stabilità globale a ribaltamento e/o scorrimento. Di conseguenza, nonostante non vi sia alcuna presenza di un impalcato stradale da ponte, la scelta ricade nell'utilizzo e conseguente progettazione di tutto il sistema di ritenuta prevedendo l'impiego di barriere bordo ponte installate su un apposito manufatto in c.a..

I tratti stradali oggetto di intervento ricadono all'interno delle categorie tipologiche di tipo C e di tipo F, anche in funzione della loro posizione rispetto a quello che viene definito centro abitato. Sulla base delle indicazioni normative, quali il D.M. 2367 del 21.06.2004 (tabella 9.1 di cui al seguito) e delle linee guida ANAS, e delle condizioni al contorno dei tratti d'intervento, con dislivelli verso valle significativi, si prevede l'installazione di barriere di tipo H2 in corrispondenza di ciascun tratto. Tutte le barriere dovranno essere testate ed omologate con riferimento alla normativa vigente.

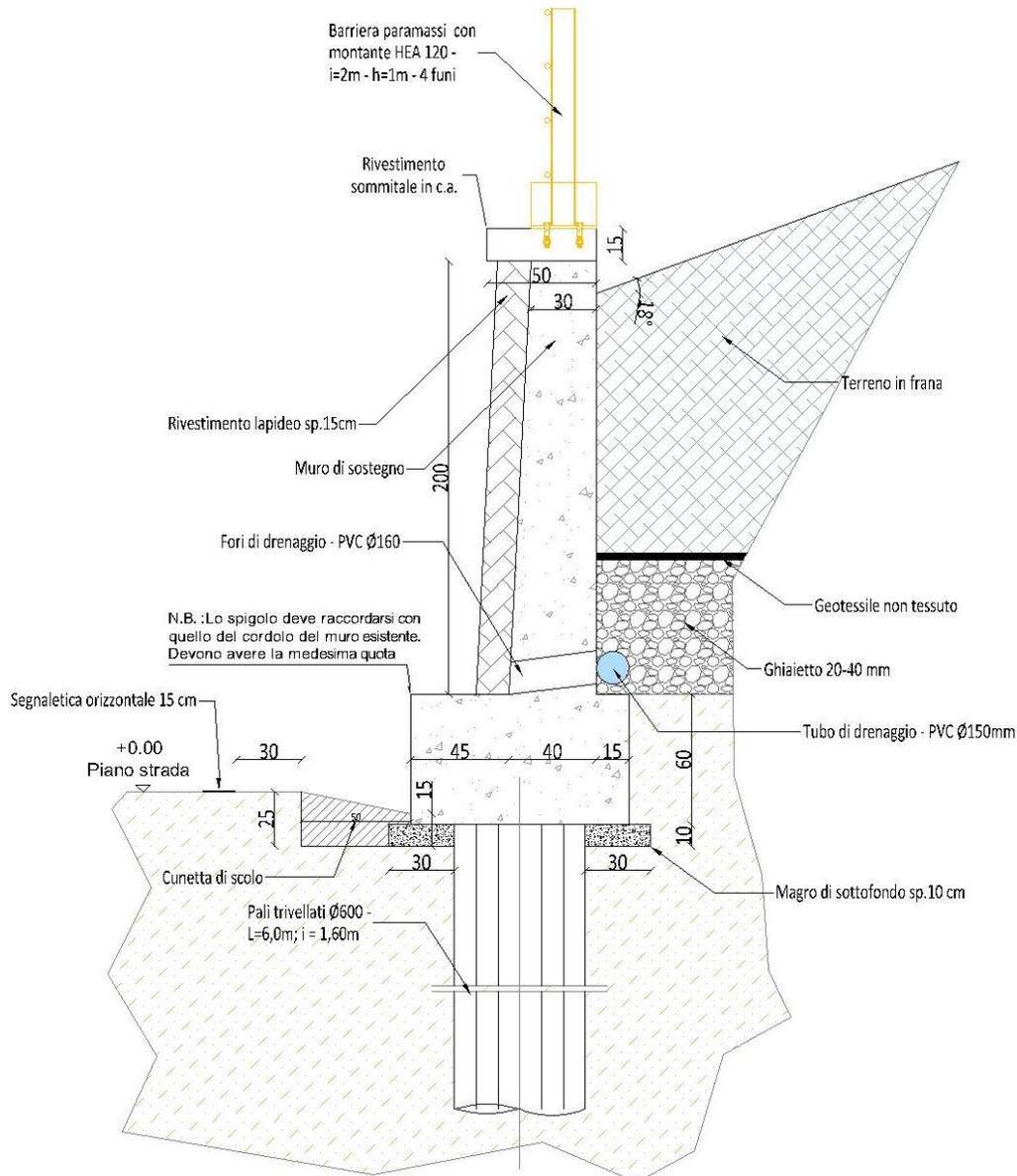
TIPO DI STRADA	TIPO DI TRAFFICO	BARRIERE SPARTITRAFFICO	BARRIERE BORDO LATERALE	BARRIERE BORDO PONTE(1)	ATTENUATORI
AUTOSTRAD E STRADE EXTRAURBANE PRINCIPALI (B)	I	H2	H1	H2	P50, P80, P100
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4 (2)	H2-H3 (2)	H3-H4 (2)	
STRADE EXTRAURBANE	I	H1	N2	H2	
SECONDARIE (C) E STRADE URBANE DI SCORRIMENTO (D)	II	H2	H1	H2	
	III	H2	H2	H3	
STRADE URBANE DI QUARTIERE (E) E STRADE LOCALI (F).	I	N2	N1	H2	
	II	H1	N2	H2	
	III	H1	H1	H2	

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale
(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

1.4 Aspetti strutturali

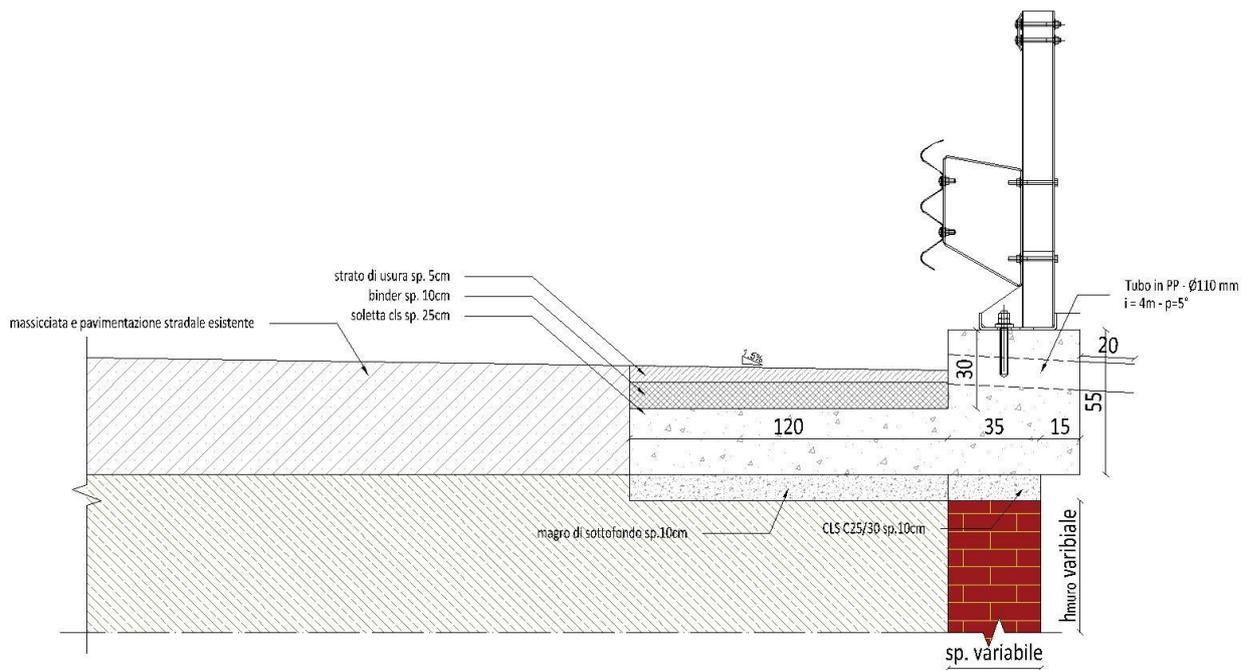
In merito al nuovo muro di sostegno verso monte in c.a. sono state effettuate scelte progettuali in merito alla tipologia costruttiva e scelte relative alla geometria strutturale, affinché la nuova opera risulti compatibile con quella già esistente, di cui risulta di fatto esserne il prolungamento. Quanto adottato in fase di progetto discende anche dalla volontà di non alterare in alcun modo il tracciato stradale esistente e dalla consapevolezza di avere uno spazio molto limitato tra il pendio, soggetto a movimenti franosi e fenomeni gravitativi, e la carreggiata stradale. In tal senso il muro di sostegno flessibile sarà realizzato su pali, per mezzo dell'interposizione di una trave di ripartizione, in c.a..

Inoltre, al fine di consentire una corretta regimentazione delle acque meteoriche, affinché si evitino sovraspinte da tergo deleterie, lungo lo sviluppo del muro di sostegno sono stati previsti dei sistemi drenaggio, i quali permettono la raccolta delle acque grazie all'ausilio di una canaletta di scolo. Si riporta di seguito una sezione del muro, allo scopo di riassumere brevemente la geometria. Maggiori informazioni saranno raccolte negli elaborati grafici di progetto.



In merito all'intervento di installazione delle barriere di sicurezza sui muri di sostegno esistenti verso valle, si intende sottolineare che il cordolo verrà realizzato assieme ad una soletta di fondazione in contrappeso che di fatto costituirà un unico elemento con il cordolo stesso e fungerà da strato di fondazione del pacchetto stradale. La sua funzione sarà quella garantire stabilità alla rotazione e alla traslazione al cordolo e quindi alle barriere nel caso di urto di veicolo in svio (verifiche condotte in condizioni eccezionali di urto laterale secondo le richieste riportate in NTC 2018). La sua presenza assieme alla sovrastruttura in conglomerato bituminoso del nuovo pacchetto stradale permettono infine di ridurre le sollecitazioni in corrispondenza dell'attacco cordolo-soletta, permettendo quindi una riduzione delle armature.

Si riporta di seguito una sezione tipologica. Per restituire la carreggiata stradale in condizioni ottimali a fine intervento né si prevede la fresatura in tutta larghezza e la posa di nuovo strato di usura in conglomerato bituminoso, comprese nelle zone di transizione estremali lungo lo sviluppo longitudinale dei tratti interessati.



2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Si riportano in seguito i riferimenti normativi utilizzati per la progettazione delle nuove opere d'arte e degli elementi a corredo, nonché i riferimenti normativi da cui discendono alcune delle scelte progettuali.

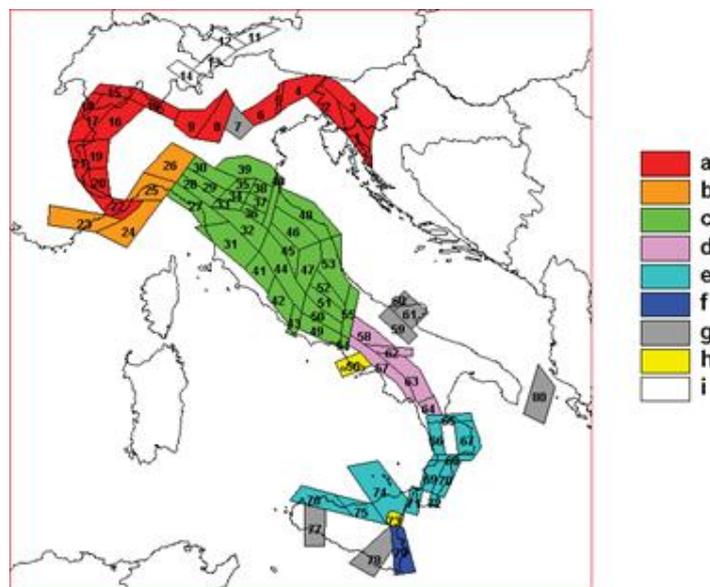
- **D.M. 17.1.2018:** "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n.42 del 20 febbraio 2018.
- **Circolare 21/01/2019, n.7:** Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17.1.2018.
- **UNI EN 1992-1-1:** Eurocodice1 – Parte 1-1 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici.
- **UNI EN 1991-2:** Eurocodice1 – Parte 2 – Azioni sulle strutture - Carichi da traffico sui ponti.
- **QUADERNI TECNICI ANAS VOLUME VI:** "Dispositivi di ritenuta stradale"
- **QUADERNI TECNICI ANAS VOLUME II:** "Per la salvaguardia delle infrastrutture"
- **D.M. 18/02/1992**
- **D.M. 2367 21/06/2004**

3. INQUADRAMENTO SISMICO

In analogia ai criteri assunti in fase di progettazione, la verifica sismica delle strutture viene svolta in accordo con la normativa vigente.

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti).

Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi - marzo 1999 - cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.

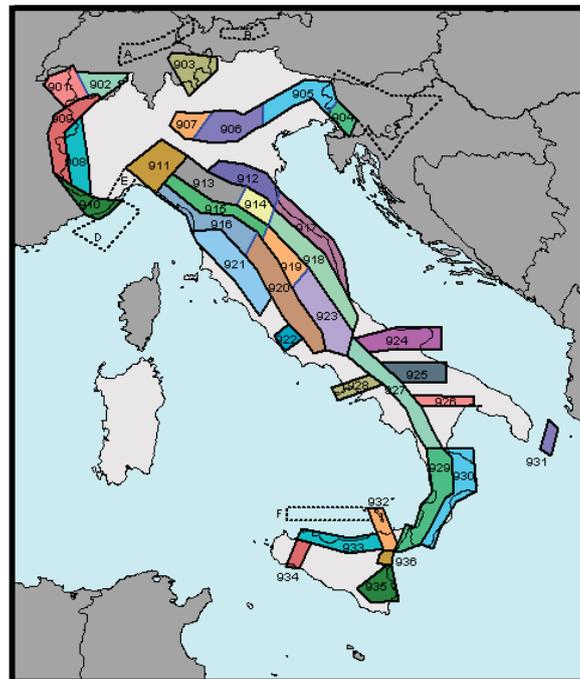


L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Baiso, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione,

con la zona 912 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione non classificato) è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità. Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia-Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di media sismicità, un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Baiso, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 - prot. N° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), di 0.158.



Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. Secondo il D.M. 17/1/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni", in base alle condizioni

stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}), vengono individuate cinque categorie (A - B- C - D - E).

L'indagine, effettuata applicando il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves, ha consentito di analizzare, nei primi 30 m, la velocità delle onde di taglio (S). Le onde S, analogamente a quelle di compressione (P), non sono dispersive e si propagano anche in mezzi perfettamente omogenei inducendo deformazioni puramente distorsionali. Gli elementi di volume investiti dall'onda vibrano in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione.

Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di sette strati e ad ognuno di essi è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_s) ed il rispettivo spessore, ottenendo la valutazione complessiva riportata di seguito:

$$V_{S30} = 404 \text{ m/sec}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il terreno di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria B di azione sismica "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".

3.1 Risposta sismica locale

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere. L'azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una "pericolosità sismica di base", derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

Le azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima
- F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale

- T_c^* = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno TR di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati. Si riporta di seguito la schermata in cui sono esplicitamente indicate le coordinate di riferimento del sito in esame e quindi in corrispondenza della posizione del nuovo muro di sostegno.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

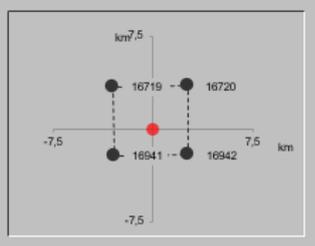
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata ▼

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

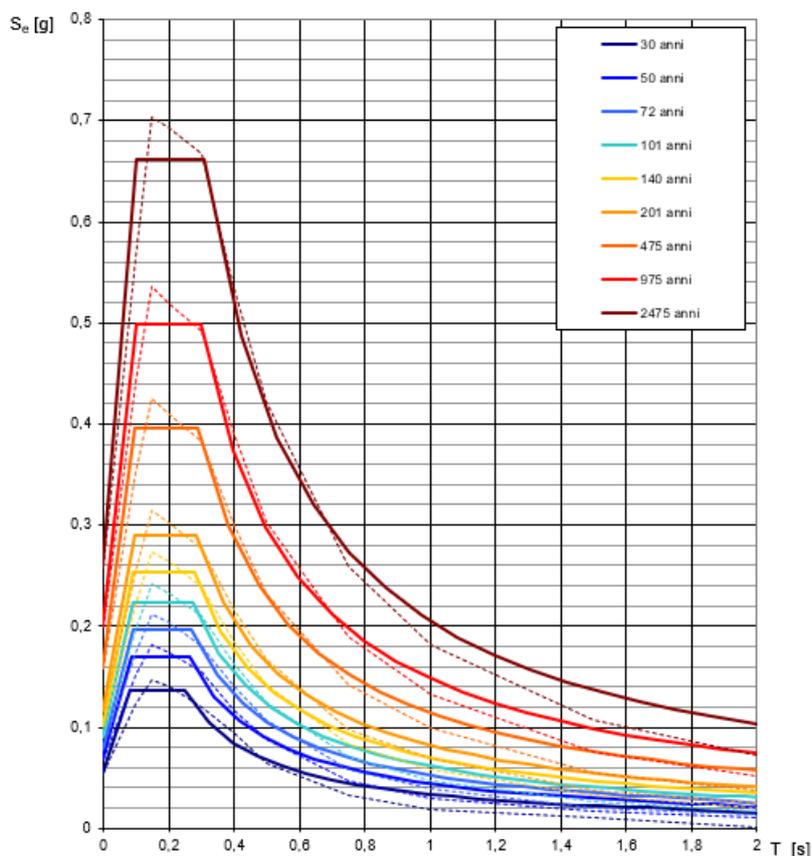
Una volta individuato il sito di interesse, è possibile risalire a quelli che sono i parametri con i quali si definisce la pericolosità sismica; essi sono riportati di seguito con riferimento a specifici tempi di ritorno.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,055	2,491	0,247
50	0,068	2,491	0,262
72	0,078	2,500	0,268
101	0,090	2,487	0,275
140	0,101	2,492	0,278
201	0,116	2,497	0,283
475	0,158	2,497	0,288
975	0,199	2,507	0,297
2475	0,258	2,558	0,311

I parametri sopra riportati permettono quindi di determinare lo spettro elastico di risposta, come da NTC 2018, in funzione del tempo di ritorno T_R . Si riportano gli spettri di seguito.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



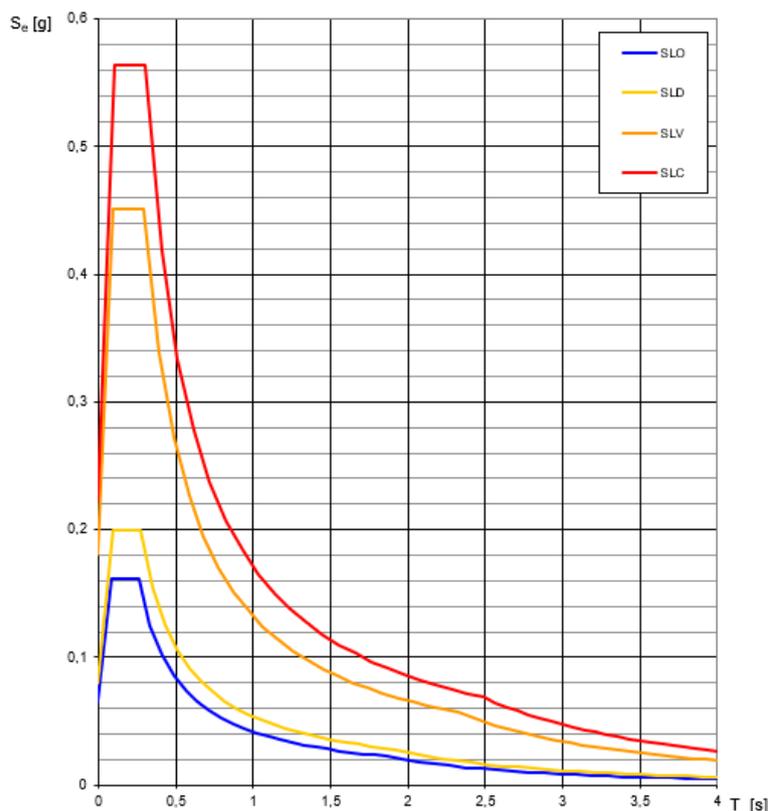
NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Facendo riferimento ad un tempo di ritorno T_R pari a 50 anni e ad una classe d'uso III con coefficiente d'uso $c_u = 1,5$, si riportano di seguito i valori dei parametri per la definizione della pericolosità sismica e gli spettri elastici, riferiti ai diversi stati limite.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno ξ

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,065	2,491	0,259
SLD	75	0,080	2,498	0,269
SLV	712	0,180	2,502	0,293
SLC	1462	0,223	2,529	0,303

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

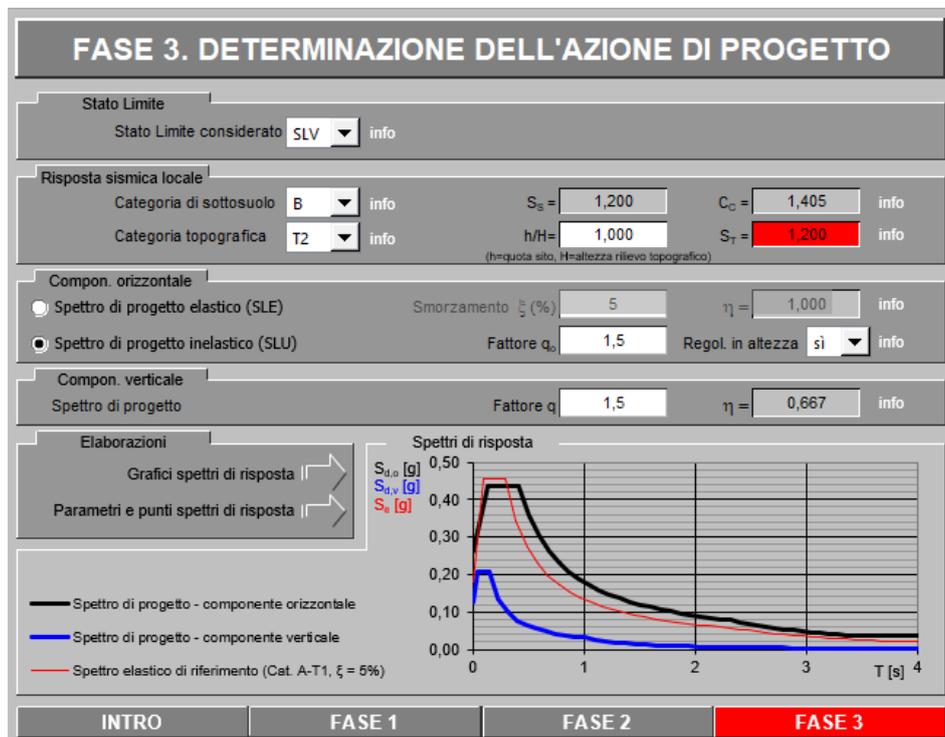


Una volta ottenuti i parametri di pericolosità sismica con riferimento ad un determinato periodo di ritorno e quindi gli spettri elastici di progetto relativi ai diversi stati limite, è possibile procedere con l'individuazione dello spettro da normativa in cui si coglie l'effetto della tipologia di terreno in funzione della velocità delle onde di taglio V_{S30} . Si giunge pertanto ad uno spettro di progetto che tiene conto della risposta sismica locale del terreno, anche in funzione della pendenza del sito in

esame, per mezzo del coefficiente topografico S_T . Dal momento in cui le analisi di risposta sismica locale, comprensive di analisi di III livello, hanno portato a un fattore di amplificazione dello spettro minore di quello ottenuto con il metodo proposto dalle norme vigenti (NTC2018), è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione proposta dalla norma:

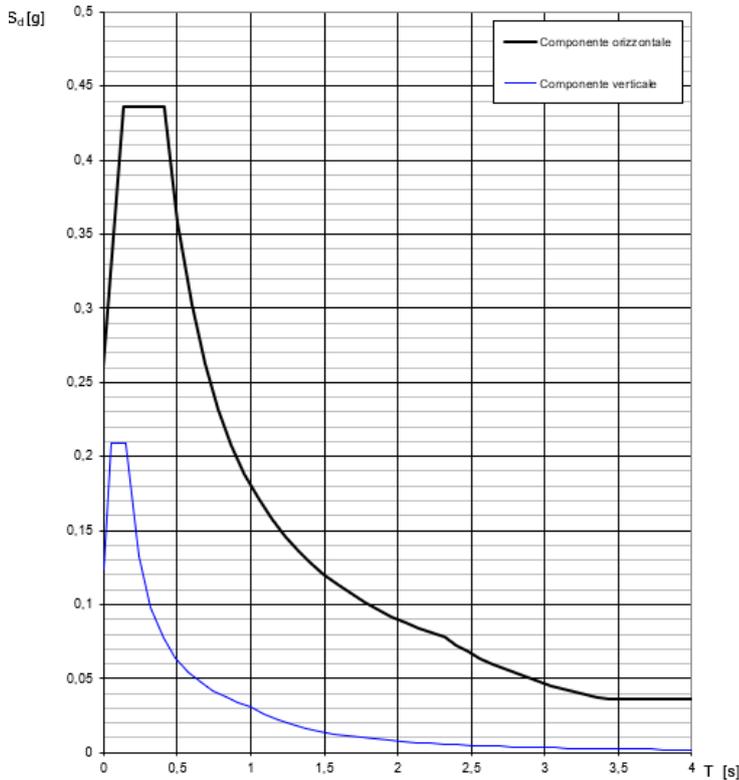
$$a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

Lo spettro sarà anelastico nel momento in cui si assume un fattore di struttura $q > 1$, il quale tiene conto della dissipazione di energia qualora vengano adottati appositi dettagli costruttivi dissipativi, portando quindi ad un abbassamento dello spettro e in sostanza della sollecitazione sismica agente. Di seguito la concretizzazione dei concetti illustrati, con applicazione al caso oggetto della presente.



Per ogni approfondimento in merito alla determinazione dell'azione sismica si fa riferimento a quanto indicato al § 3.2 NTC 2018 e alla relazione di calcolo strutturale dedicata al muro di sostegno su pali in c.a..

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato linSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,181 g
F_o	2,517
T_o	0,294 s
S_a	1,200
C_o	1,405
S_T	1,200
q	1,500

Parametri dipendenti

S	1,440
η	0,667
T_B	0,138 s
T_C	0,413 s
T_D	2,323 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta - 1 < q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_o / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_o \cdot T_o \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_{B1} \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_{B1}} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_{B1}} \right) \right]$$

$$T_{B1} \leq T < T_C \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T}{T_C} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_a(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con η_q , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,260
0,138	0,437
0,413	0,437
0,504	0,358
0,595	0,303
0,686	0,263
0,777	0,232
0,868	0,208
0,959	0,188
1,050	0,172
1,141	0,158
1,232	0,147
1,323	0,136
1,414	0,128
1,504	0,120
1,595	0,113
1,686	0,107
1,777	0,102
1,868	0,097
1,959	0,092
2,050	0,088
2,141	0,084
2,232	0,081
2,323	0,078
2,403	0,073
2,482	0,068
2,562	0,064
2,642	0,060
2,722	0,057
2,802	0,053
2,882	0,050
2,962	0,048
3,042	0,045
3,121	0,043
3,201	0,041
3,281	0,039
3,361	0,037
3,441	0,036
3,521	0,036
3,601	0,036
3,681	0,036
3,760	0,036
3,840	0,036
3,920	0,036
4,000	0,036

3.2 Valutazione del potenziale di liquefazione

Con il termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi arrivando ad annullare gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, che si azzerà.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Andrus, metodo che opera utilizzando i risultati ottenuti con l'indagine sismica.

Pur essendo presenti nel primo sottosuolo materiali di tipo granulare, quali limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, seppur in presenza di falda, è stato tuttavia appurato che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

4.1 Premessa

Si premette che quanto riportato in questo capitolo, così come i dati geologici utilizzati allo scopo della progettazione del muro di sostegno al km 24+200 sulla SP7, sono frutto di un'attenta analisi di quanto indicato nella relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Arrigo Giusti nel luglio 2023, ai fini dell'intervento di ripristino della frana di valle e della banchina stradale sulla SP7 al km 23+600 in comune di Baiso. Si sottolinea inoltre che i parametri geotecnici individuati nella relazione geologica sono frutto di elaborazione dei dati provenienti dalle indagini geognostiche-geofisiche e dalle prove di laboratorio, condotte ai fini dell'intervento sopradetto. I due documenti essendo di proprietà della provincia di Reggio Emilia, vengono forniti e quindi sfruttati ai fini del progetto degli interventi di interesse oggetto della presente.

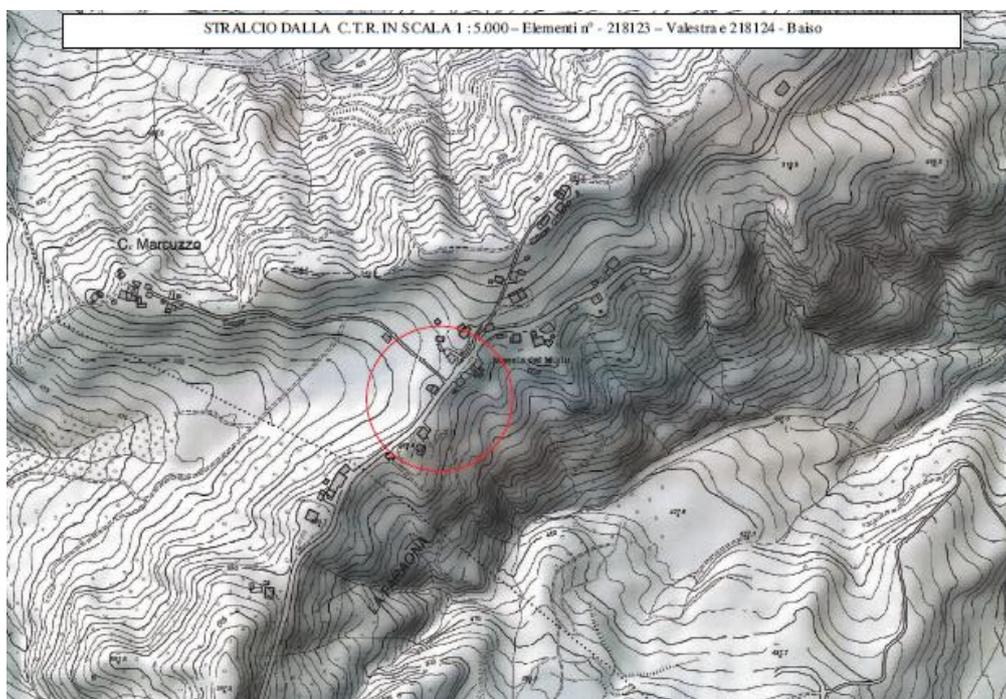
4.2 Inquadramento tettonico e geolitologia

La morfologia del terreno qui preso in esame, attraversato dalla Strada Provinciale n° 7 che conduce a Carpineti, è il frutto dell'erosione differenziata operata da numerosi brevi corsi d'acqua che ad occidente confluiscono nell'alveo del T. Tresinaro mentre ad oriente nel T. Lucenta. Il tracciato dal km 25 in avanti si sviluppa sul versante a reggipoggio del monte Valestra, mentre dal km 23 al km 25 presenta un assetto più eterogeneo, vista la presenza della dorsale di Montefaraone a nord ovest. Più precisamente la SP7 nel tratto di interesse in cui si colloca il muro di sostegno (km 24+200) corre a mezza costa rispetto alla sommità della piccola dorsale che ad occidente la sovrasta. Più basso di oltre una cinquantina di metri rispetto ad essa il terreno, come da carta tecnica regionale, è situato ad una quota di circa 540 m. Da qui degrada verso S/SE in direzione di una piccola conca seguita ad oriente da un tratto decisamente più acclive in riva sinistra del T. Lucenta (cf. stralcio dalla C.T.R. - elementi n° 218123 - Valestra e 218124 - Baiso in scala 1 : 5.000 dal CARG fornito in versione aggiornata, con sfumo altimetrico, utile per meglio evidenziare la morfologia dei luoghi, nonché ortofoto). Secondo la classificazione adottata dal Servizio Cartografico - Ufficio Pedologico della Regione Emilia - Romagna i preesistenti suoli rientrano nel Gruppo 5, a cui fanno parte quelli del basso Appennino "ad alterazione biochimica con

riorganizzazione interna dei carbonati; suoli subordinati poco evoluti d'erosione per ruscellamento".

Più precisamente, essi rientrano nel Sottogruppo 5B per cui si dice che sono tipici di **rocce argillose e marnose**, presentano una tessitura media, imperfetta disponibilità d'ossigeno e sono altresì moderatamente alcalini.

Si fa presente che, come conseguenza di processi cronici di ruscellamento, possono essere inoltre condizionati, a seguito di fenomeni franosi, da apporti ripetuti di materiali terrosi.



L'assetto strutturale del territorio deriva da una serie di pulsazioni orogenetiche, di intensità e durata varie, che dal Cretaceo ad oggi hanno determinato l'insorgere della catena appenninica. Si tratta pertanto di un'area fortemente tettonizzata in cui le deformazioni e le dislocazioni sono avvenute anche in epoca plio-quadernaria. La presenza di movimenti relativamente recenti (fasi pleistoceniche) può essere provata da osservazioni geomorfologiche: risulta infatti evidente come il territorio, a cui appartiene l'area in esame, sia soggetto al ringiovanimento dei fenomeni erosivi, a seguito di movimenti tettonici di tipo essenzialmente epirogenetico.

Le caratteristiche del terreno sono state determinate mediante l'ausilio di specifiche indagini dirette ed indirette nonché di laboratorio. Limitandosi all'analisi delle caratteristiche stratigrafiche e alla valutazione dei parametri geotecnici del terreno oggetto dell'intervento, in base ai dati a

disposizione e facendo quindi riferimento alle prove effettuate e riportate nella relazione geologica reperita, se ne evince che l'intervento interesserà un tratto di pendio in cui al di sopra della roccia più compatta di substrato, qui come da geolitologia appartenente alla Formazione di Rinzano nel membro di Varano de' Melegari (RAN3), è presente una coltre con un maggiore grado di alterazione. La presenza di questo primo strato trova conferma nelle indagini sismiche che, ne stima una potenza non inferiore ai 3 m.

4.3 Caratteristiche litologiche e parametri geotecnici

Per quanto concerne le risultanze delle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati nel corso dei carotaggi, le prove triassiali, in termini di tensioni efficaci, hanno restituito valori di coesione sostanzialmente analoghi a profondità tra 3 e 5m, rispettivamente 8.1 e 8.3 kPa, mentre, per quanto riguarda l'angolo di attrito determinate la resistenza al taglio in terreni attritivi, a queste profondità assume anche valori inferiori ai 19°, rispetto ai 27° valutati ad una profondità superiore ai 5,5 m. Questo denota la presenza di un primo sottosuolo coesivo fortemente consolidato in condizioni asciutte, che per le sue peculiarità calanchive perde consistenza quando fortemente idratato, passando a un comportamento attritivo con proprietà meccaniche scadenti. A partire da una profondità di 5,5 da piano campagna avviene il passaggio ad un'unità litostratigrafica limo-argillosa con componente sabbiosa, meccanicamente più efficiente e a cui risulta globalmente attribuibile un comportamento attritivo stabile.

Le penetrometrie condotte staticamente non sono state in grado di scendere in profondità oltre i 3.8 m e 2.4 m rispettivamente e pertanto, esclusa la coltre di ricoprimento, non consentono di risalire alle caratteristiche geomeccaniche delle argille a substrato. A testimonianza di substrati di terreno con un graduale incremento delle caratteristiche geomeccaniche con la profondità, le SPT, oltre la profondità di 6 m, sono andate ben presto a rifiuto. Inoltre, entrambe le indagini geofisiche (tomografia sismica e MASW) restituiscono valori crescenti delle velocità. Il rifiuto alla penetrazione delle prove dinamiche e delle SPT dipende principalmente dagli strati di tipo arenaceo mentre le valutazioni di coesione e angolo di resistenza al taglio, in termini di tensioni efficaci, vengono restituiti dalla frazione argillosa anche se è seppur vero che si tratta, per il campione analizzato tra 11 m e 11.20 m, di un'argilla limosa o comunque un'argilla con limo sempre debolmente sabbiosa.

Le caratteristiche geomeccaniche della coltre iniziale riscontrata a valle della strada attraversata dalle penetrometrie, per spessori che, stante le risultanze dell'indagine, similmente allo stendimento sismico, non sono inferiori a 3 m, possono essere equiparate a quelle ottenute con la prova triassiale effettuata in termini di tensioni efficaci (cf. quadro riassuntivo prove geotecniche di laboratorio).

Per quanto riguarda gli strati più profondi, che ad esempio le Vs restituite dalla prova MASW ci dicono essere già essere abbastanza elevate (> 410 m/sec) oltre la profondità di 4 m, si può invece fare riferimento ai valori di coesione e angolo di resistenza al taglio, come da tensioni totali ottenute con le prove di laboratorio. Stante queste considerazioni, a supporto del dimensionamento del muro di contenimento e dei pali previsti alla base, si possono considerare 3 unità litostratigrafiche dello spessore di 3 m, 2.5 m e oltre, tenuto conto anche delle risultanze della prova MASW, per uno spessore di almeno altri 5 m. Da ognuna di queste unità possono essere restituite le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici riportati nella seguente tabella.

Nr.	Profondità (m)	Peso unità di Volume [kN/m ³]	Peso Unità di volume saturo [kN/m ³]	Fi (°)	Cu [kPa]	c' [kPa]	c [kPa]	Mo [kPa]	E' ()	Descrizione litologica
1	Da 0 a 3	18.14	19.12	18	49	7.85		3922	2941	Coltre superficiale costituita da limi argillosi ed argille limose
2	Da 3 a 5.5	18.14	19.12	19	96.7	8.1		7845	6864	Argilla con limo debolmente sabbiosa
3	Oltre 5.5	19.61	20.59	27			19.4	17651	15690	Argilla limosa debolmente sabbiosa

dove:

ψ = peso di volume; ψ_{sat} = peso di volume saturo; Cu = coesione non drenata;

c' = coesione efficace; ϕ' = angolo di attrito; Mo = modulo edometrico; E' = modulo elastico.

4.4 Stabilità del pendio

Il territorio di Carpineti e di Baiso si caratterizza per la presenza di numerosi fenomeni gravitativi antichi e recenti. Molteplici sono infatti i movimenti franosi noti, che lungo le pendici della dorsale principale su cui sorge il paese, si sono attivati, anche in epoca piuttosto recente, sia ad Est, in

direzione del T.Lucenta, sia ad ovest, lungo il versante che degrada verso l'alveo del T. Tresinaro. La presenza di fenomeni gravitativi deve essere ascritta alla natura stessa delle formazioni di natura caotica e flyschoidi, al loro assetto scompaginato, alla presenza di strati con disposizione a franapoggio, rispetto al naturale andamento del pendio e al contatto, anche di tipo tettonico, fra terreni aventi differenti caratteristiche geomeccaniche.

Queste condizioni sfavorevoli, in assenza di un idoneo reticolo drenante delle acque e in concomitanza con periodi stagionali contraddistinti da intense precipitazioni, giustificano l'insorgere e localmente il riattivarsi degli eventi franosi.

I movimenti gravitativi sono più evidenti nelle aree poste a mezza costa, a Nord e a Sud del paese, dove affiorano i tipici melange. Nelle immediate vicinanze della sommità del crinale la stabilità dei terreni risulta invece complessivamente sufficiente.

Nel territorio a E/SE di Baiso le frane, come si evince dalla Carta geologica del progetto CARG, sono considerate ancora tutte attive, sono di tipo complesso (a1g) od altrimenti, vista la prevalente matrice pelitica delle formazioni qui presenti, sono evolute lungo i pendii unicamente sotto forma di colamento di fango (a1d), apprezzabile anche in concomitanza del luogo d'intervento dall'alto (calanchi discendenti dal crinale di Montefaraone). Localmente le frane di tipo complesso, a seguito di una resistenza basale delle rocce di substrato, evidenziano situazioni di scivolamento od altrimenti anche di roto traslazione.

L'immersione degli strati della roccia di substrato è verso settentrione o non altrimenti verso N/NO. Rapportate queste indicazioni con la morfologia del pendio che da qui degrada verso E/SE se ne evince che l'andamento prevalente è qui a reggipoggio con inclinazioni anche abbastanza elevate (50°).

Nell'ottica di supportare il muro con micropali, una volta raggiunto il substrato l'inserimento sarà quindi in roccia che offre di per sé garanzie di sufficiente stabilità.

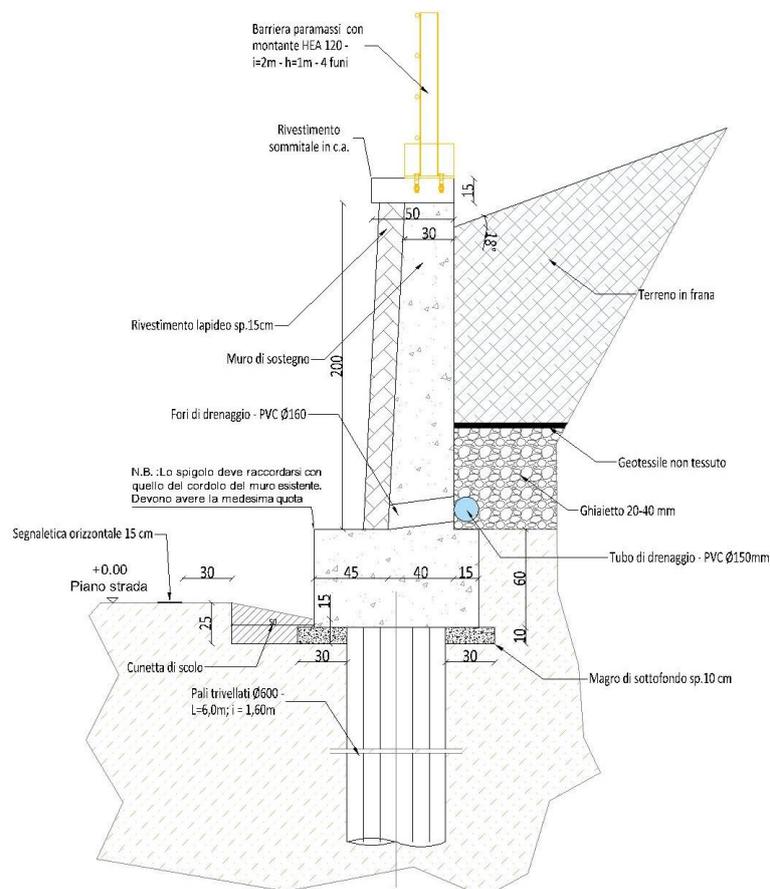
Diverso è il discorso relativo alla coltre superficiale, materiale sciolto con possibilità di evoluzione in frana. Vista la presenza di roccia seppur alterata già sufficientemente compatta a substrato, la possibile evoluzione del movimento, come forma di richiamo, è da considerarsi prevalentemente

uno scivolamento. Trattandosi la coltre superficiale di un materiale sciolto per sua natura permeabile si giustifica la presenza d'acqua al suo interno.

5. OPERE IN PROGETTO

5.1 Muro di sostegno

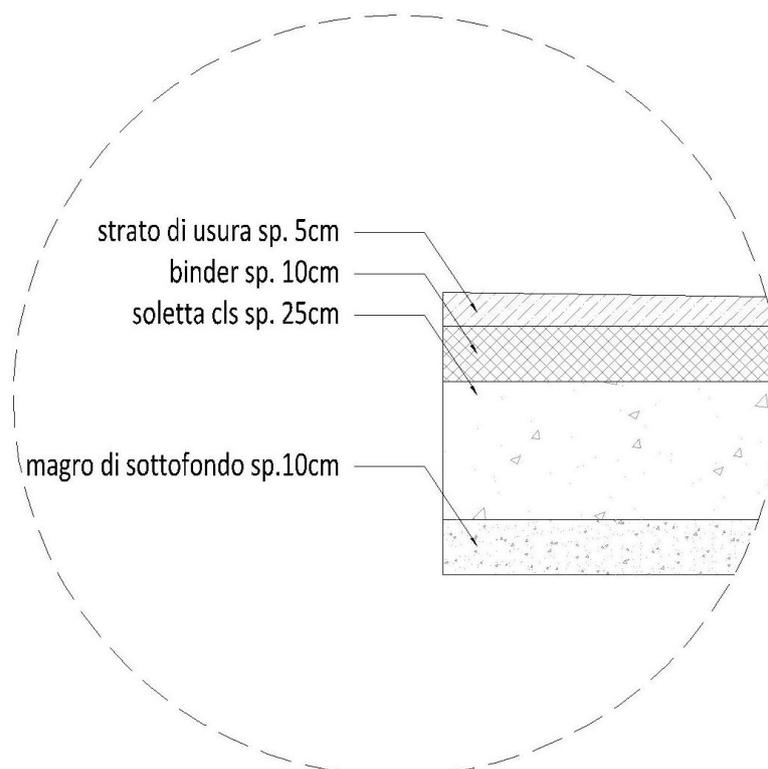
Sulla base delle condizioni al contorno riportate nei capitoli precedenti, le scelte progettuali nell'ambito del muro di sostegno al km 24+200, prevedono la realizzazione su fondazioni di tipo profondo con realizzazione di pali trivellati gettati in opera. Tale insieme di pali garantiranno quindi la stabilità del muro stesso a seguito delle spinte derivanti da un possibile movimento franoso di materiale con scarse caratteristiche meccaniche. Al di sopra dei pali verrà quindi realizzato una trave sommitale di collegamento, avente la funzione di rendere solidale ad essi il muro di sostegno per tutta la sua estensione. Tale cordolo avrà in sezione dimensioni ridotte, al fine di ingombrare il meno spazio possibile, evitando il restringimento della carreggiata e lo sbancamento del versante a tergo dell'opera, peraltro avente caratteristiche meccaniche scadenti. Si riporta in seguito una sezione tipologica del muro di sostegno, rimandando ulteriori approfondimenti e dettagli alla relazione di calcolo e agli elaborati grafici di progetto.



Si sottolinea che la quota d’imposta del cordolo di fondazione e di conseguenza della soletta in c.a. può variare in funzione dello specifico sistema di ritenuta scelto dall’operatore economico. Infatti, le specifiche tecniche della barriera di sicurezza che verrà installata nel rispetto delle prescrizioni tecniche di progetto potrebbero prevedere, in base al brevetto della azienda fornitrice, l’adozione di specifiche distanze richieste fra l’estradosso del cordolo di fondazione e il piano viario, che non possono essere previste in fase di progetto.

5.3 Pavimentazione stradale

La realizzazione della citata soletta di fondazione stabilizzante necessita della rimozione della pavimentazione esistente e di uno scavo di sbancamento, seppur di modesta profondità. Eseguita quindi la realizzazione della soletta di fondazione, avente insieme al cordolo la funzione di bilanciare le sollecitazioni agenti in caso di urto nonché trasferire le pressioni verticali al substrato di fondazione, si procederà a ripristinare la pavimentazione stradale, prevedendo uno strato di binder dello spessore di 10 cm e uno strato di usura dello spessore di 5cm. Si riporta di seguito una sezione esplicativa del nuovo pacchetto stradale, limitatamente all’estensione dei tratti interessati dall’installazione delle barriere di sicurezza o comunque nei tratti limitrofi la cui estensione porta al soddisfacimento di tutte le verifiche strutturali e di equilibrio.



Si sottolinea inoltre che nei tratti di carreggiata oggetto di intervento, nonché nei tratti estremali di collegamento che si estenderanno per circa 7m per parte lungo l'asse viario longitudinale, si prevede una fresatura della pavimentazione esistente a tutta larghezza per uno spessore di 5 cm e il conseguente rifacimento dello strato di usura, al fine di eseguire le giunzioni a regola d'arte e di ridare all'apertura la sede stradale in condizioni uniformi e ottimali.

5.4 Ripristino muri di sostegno esistenti

Come accennato in precedenza, i muri di sostegno esistenti verso valle, in corrispondenza dei quali verranno installati i dispositivi di ritenuta, sono realizzati in mattoni pieni, con uno spessore variabile lungo la loro altezza e pari a circa 35 cm in testa. Sulla base del sopralluogo effettuato in data 24/03/2025 si evince una buona condizione delle opere in esame, con assenza di particolari fenomeni di spiccato degrado e di ammaloramento e in assenza di quadri fessurativi. Si stabilisce quindi che i muri di sostegno esistenti non necessitano di particolari interventi di rinforzo e/o di consolidamento. Si prevedono quindi degli interventi locali del tipo "cuci-scuci" e di ristilatura dei giunti al fine di evitare distacchi e cedimenti localizzati, con l'intento di restituire l'iniziale aspetto e comportamento solidale. Con l'occasione dell'intervento si dispone la pulizia dei paramenti murari dalla vegetazione spontanea cresciuta sulla loro superficie. A maggior protezione del paramento dall'azione degli agenti atmosferici il cordolo sommitale in c.a., in cui si innesteranno le barriere di sicurezza, verrà realizzato 15cm oltre l'allineamento attuale del muro di sostegno, con apposito rompigoccia in modo da limitare quanto possibile i fenomeni di dilavamento, che oltre a deteriorare i materiali induce alla crescita vegetativa lungo la superficie, dannosa per l'insinuarsi dell'apparato radicale nelle fughe di malta. Si riportano alcune immagini esplicative dello stato di fatto dei muri oggetto del presente paragrafo.

6. ELENCO DELLE OPERE

Si riportano in questo capitolo la quantificazione delle opere previste in progetto e descritte in precedenza.

RIPRISTINO MURI DI SOTEGNO

- SP 7 km23+530 sviluppo 26m
- SP 7 km 27+400 sviluppo 16m
- SP 7 km 28+350 sviluppo 21m
- SP 7 km 29+900 sviluppo 65m

REALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI RITENUTA

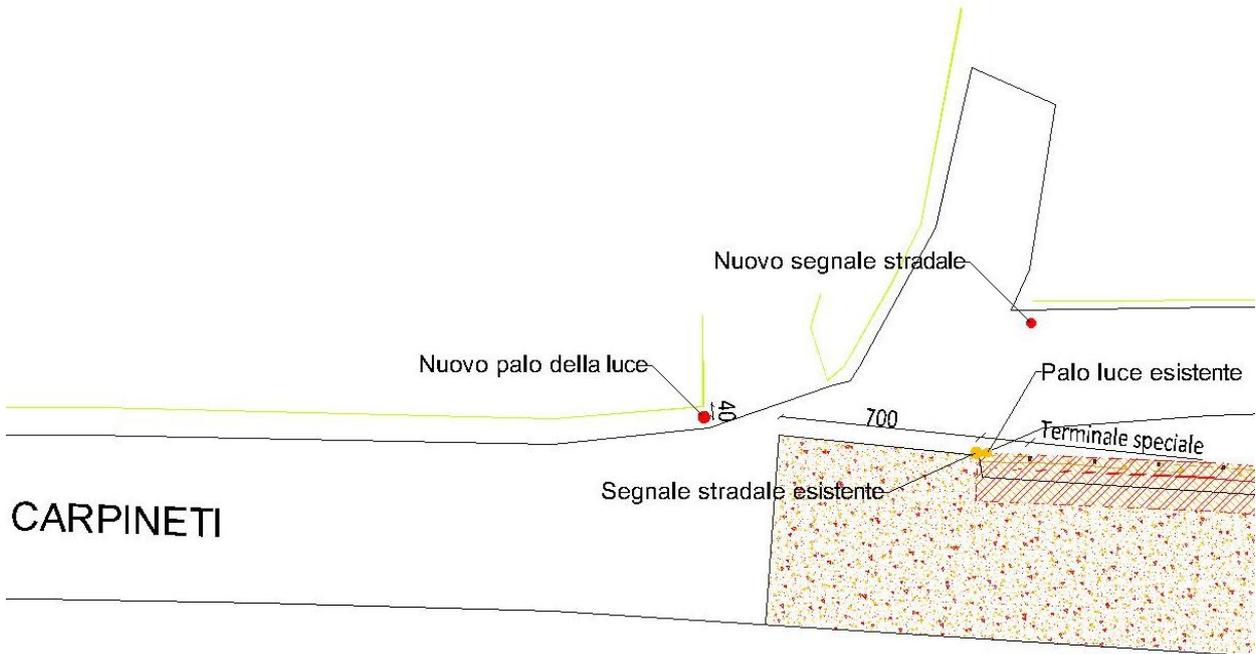
Si precisa che con realizzazione del sistema di ritenuta si tiene conto non soltanto dell'installazione delle barriere di sicurezza ma anche del cordolo e della soletta annessa, nonché del rifacimento della porzione di carreggiata interessata dai lavori.

- SP 7 km23+530 sviluppo 28m
- SP 7 km 27+400 sviluppo 18m
- SP 7 km 28+350 sviluppo 23m
- SP 7 km 29+900 sviluppo 67m

MURO DI SOSTEGNO E PALI DI FONDAZIONE

- SP 7 km24+200 sviluppo 31m

Si sottolinea che in corrispondenza dell'intervento al km 29+900, in accordo con il comune di Carpineti, ai fini di un'agevole e corretta esecuzione delle lavorazioni e installazione del sistema di ritenuta, si procederà allo spostamento del corpo illuminante, appartenente al sistema di illuminazione pubblica. Si riporta di seguito una rappresentazione schematica della variazione di posizione del corpo illuminante.



7. MATERIALI

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali che saranno impiegati per la realizzazione delle opere strutturali (sistema di fondazione per sistema di ritenuta e muro di sostegno su pali), sulla base delle indicazioni riportate nella normativa vigente (NTC2018), con riferimento alla verifica tramite metodo agli stati limite.

7.1 Calcestruzzo C32/40

Resistenza cubica caratteristica: $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$

Resistenza cilindrica caratteristica a compressione: $f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$

Tensione di progetto a compressione: $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M = 18.8 \text{ N/mm}^2$, con $\gamma_M = 1.5$

Resistenza media cilindrica: $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa} = 26.81 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica a trazione: $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 3.10 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica a trazione frattile 5%: $f_{ctk 0,05} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$

Tensione di progetto a compressione: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M = 1.45 \text{ N/mm}^2$

Resistenza tangenziale di aderenza: $f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctm} \cdot \frac{0.7}{1.5} = 3,25 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico: $E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33642,8 \text{ N/mm}^2$ e coeff. di Poisson $\nu = 0.3$.

Classe d'esposizione ambientale XC4 – XF4, classe di consistenza S4. Rapporto acqua/cemento massimo 0.45, contenuto minimo di cemento 340 kg/mc, copriferro nominale 40 mm, contenuto minimo di aria 4%

7.2 Acciaio laminato a caldo per cemento armato B 450 C

Tensione caratteristica di rottura a trazione: $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M = 391.3 \text{ N/mm}^2$, con $\gamma_M = 1.15$

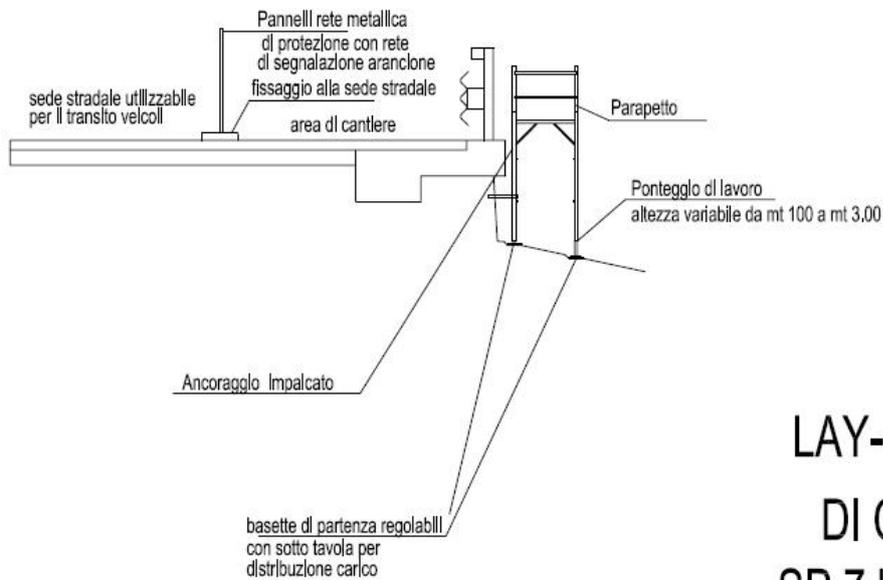
Modulo elastico secante: $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$ e coefficiente di Poisson $\nu = 0.3$.

PLANIMETRIA DI CANTIERE



LAY-OUT AREE DI CANTIERE SP 7 km. 24+200

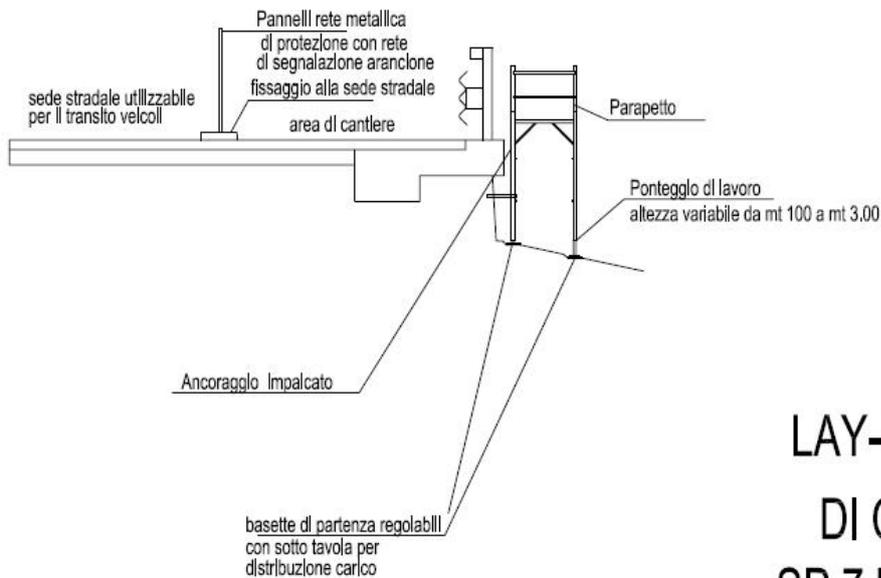
PLANIMETRIA DI CANTIERE



LAY-OUT AREE
DI CANTIERE
SP 7 km. 27+400

SEZIONE DI CANTIERE

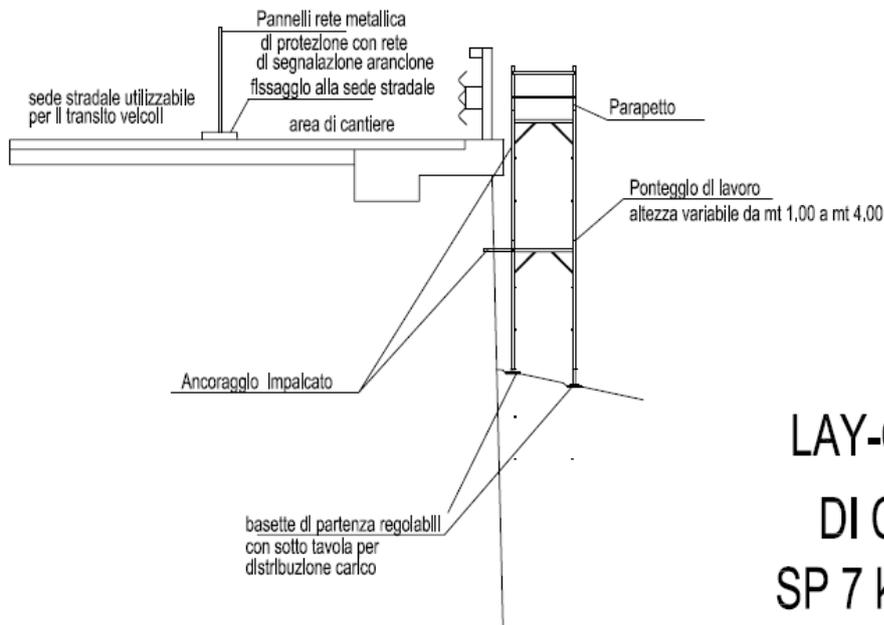
PLANIMETRIA DI CANTIERE



SEZIONE DI CANTIERE

LAY-OUT AREE
DI CANTIERE
SP 7 km. 28+350

PLANIMETRIA DI CANTIERE



SEZIONE DI CANTIERE

LAY-OUT AREE
DI CANTIERE
SP 7 km. 29+900

Per approfondimenti in merito si rimanda alla visione del Piano di Sicurezza e Coordinamento, fascicolo dell'opera e analisi dei rischi con i rispettivi allegati, a firma del Coordinatore in fase di progettazione ed esecuzione, Geom. Bonini Massimo, e del cronoprogramma dei lavori redatto in via congiunta.