



# PROVINCIA DI RAVENNA

SETTORE LAVORI PUBBLICI

Servizio Infrastrutture viarie e programmazione

## RAZIONALIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA CON ELIMINAZIONE PUNTI CRITICI LUNGO LA EX S.S. N. 302 BRISIGHELLESE - 2° Lotto CUP J74E05000010003

# PROGETTO ESECUTIVO

Presidente: Sig. Michele De Pascale	Consigliere delegato Strade - Trasporti - Pianificazione Territoriale: Arch. Nicola Pasi
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Responsabile del Servizio: Ing. Chiara Bentini

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:	Ing. Chiara Bentini	_____
		<i>Documento firmato digitalmente</i>
PROGETTISTA ARCHITETTONICO E STRUTTURALE:	Ing. Gianfranco Marchi	_____
		<i>Firmato</i>
COORDINATORE SICUREZZA PROGETTAZIONE:	Ing. Giancarlo Guadagnini	_____
		<i>Firmato</i>

ELABORAZIONE GRAFICA DEL PROGETTO:



**enser**

ENSER SRL  
C.F./P.IVA/Registro Imprese RA  
02058800398

SEDE PRINCIPALE  
Viale A. Baccarini, 29/2  
48018 Faenza (RA)  
Tel. (+39) 0546 663423

WEB: [www.enser.it](http://www.enser.it) E-MAIL: [ingegneria@enser.it](mailto:ingegneria@enser.it)  
[www.enser.fr](http://www.enser.fr) P.E.C.: [ensersrl-ra@legalmail.it](mailto:ensersrl-ra@legalmail.it)

0	EMISSIONE	L. Samori	L. Samori	G. Marchi	30/03/2020
Rev.	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato	Data

TITOLO ELABORATO: **RETTIFICA STRADALE TRATTO S.P. N. 302  
E INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEL MURO**  
Relazione generale descrittiva

Elaborato num:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file:
01	000	30/03/2020	-	-





**PROVINCIA DI RAVENNA**

**RAZIONALIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA CON  
ELIMINAZIONE PUNTI CRITICI LUNGO LA EX S.S. 302  
BRISIGHELLESE (2° LOTTO)**



**Elaborato 1**

**INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEL MURO E DI  
RETTIFICA STRADALE TRATTO S.P. N. 302**

**Relazione generale descrittiva**

Codice	S15070-PE-RE01-0
--------	------------------

Rev.	Data	Redatto	Controllato
0	04-12-2019	L. Samori	G. Marchi
1			
2			

Approvato
G. Marchi



Sede Principale:  
 Viale A. Baccharini,  
 29/2  
 48018 FAENZA (RA)  
 Tel. (+39) 0546  
 663423  
 Fax (+39) 0546  
 663428

Sede di Bologna:  
 Via E. Zacconi, 16  
 40127 BOLOGNA  
 (BO)  
 Tel. (+39) 051 245663  
 Fax (+39) 0546  
 663428

Sede di Santarcangelo:  
 Via Andrea Costa, 115  
 47822 SANTARCANGELO  
 DI ROMAGNA (RN)  
 Tel. (+39) 0546 663423

Succursale di Parigi:  
 1 Rue de Stockholm  
 75008 – PARIS  
 N° SIRET 82140581800021  
 TVA Intr. FR75821405818



**INDICE**

1.	PREMESSA .....	3
2.	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	5
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
3.1.	Interventi di consolidamento del muro.....	5
3.1.1.	Calcestruzzo per opere in cemento armato .....	5
3.1.2.	Acciaio per cemento armato .....	6
3.1.3.	Micropali.....	6
3.1.4.	Barre di ancoraggio.....	7
3.1.5.	Malta di cemento di rivestimento delle barre: .....	7
3.2.	Interventi di rettifica del tratto stradale della S.P n. 302 .....	7
3.2.1.	Acciaio per cemento armato .....	8
3.2.2.	Micropali.....	8
3.2.3.	Malta di cemento di rivestimento e riempimento del tubolare in acciaio:.....	9
4.	DEFINIZIONE DELLA AZIONE SISMICA.....	10
5.	ASPETTI PROGETTUALI.....	13
5.1.	Stato attuale in corrispondenza del muro da consolidare.....	13
5.2.	Stato attuale in corrispondenza della rettifica del tratto stradale della S.P. n. 302.....	14
5.3.	Indagini e rilievi.....	14
6.	CARATTERISTICHE DEI TERRENI.....	15
7.	DESCRIZIONE DELGLI INTERVENTI DA REALIZZARE .....	16
7.1.	Consolidamento della scarpata stradale in corrispondenza del muro esistente .....	16
7.2.	Presidio porzioni di viabilità a margine della scarpata/muro consolidato .....	17
7.3.	Interventi con opere di presidio conseguenti alla rettifica del tratto stradale.....	18
8.	SEZIONE STRADALE E LIVELLO DI SERVIZIO .....	21
9.	DISPONIBILITÀ DELLE AREE E SOTTOSERVIZI .....	23

**APPENDICE A      Rilievi sul traffico**

## 1. PREMESSA

La relazione descrive due interventi lungo la Ex S.S. n. 302 in prossimità della località S. Eufemia del Comune di Brisighella (RA). Tali interventi rispondono all'esigenza di eliminare alcuni punti critici lungo la strada in oggetto e rientrano nell'ambito degli interventi di:

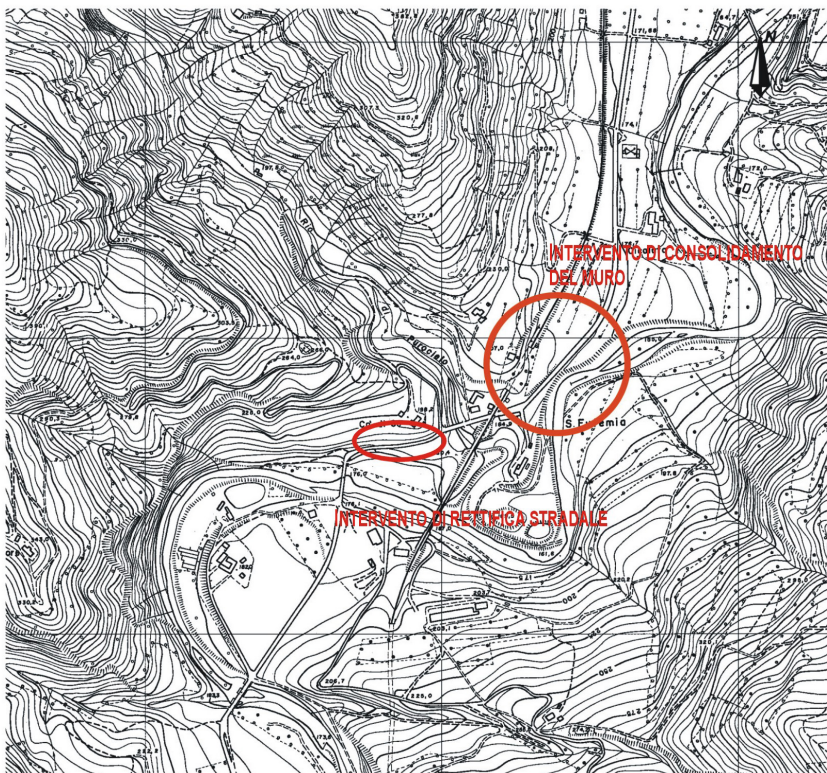
*"Razionalizzazione e messa in sicurezza con eliminazione punti critici lungo la ex S.S. n. 302 Brisighellese (2° Lotto)"*.

Il primo intervento riguarda:

- il consolidamento di un muro esistente immediatamente a valle della strada;
- il presidio dei tratti di viabilità immediatamente a monte ed a valle di tale muro.

Il secondo consiste nella rettifica del tratto di strada compresa fra il ponte sul Rio Purocielo e il ponte sul Lamone.

Nel seguito i due interventi denominati *intervento di consolidamento del muro* e *intervento di rettifica stradale* saranno descritti separatamente suddividendo la relazione in due parti.



(CTR - Elementi 254013 "S. Eufemia" e 254014 "La Strada")

La presente relazione illustra gli interventi previsti in progetto riguardanti l'intervento di consolidamento del muro e della sottostante scarpata esistente che si estende fino alla Sx idraulica del Fiume Lamone e la rettifica stradale del tratto a partire dal ponte sul Rio Purocielo fino al Ponte sul fiume Lamone in direzione Marradi, sulla ex s.s. n. 302 in località S. Eufemia (Comune di Brisighella).

In particolare gli aspetti esaminati sono:

- caratteristiche dei materiali e sismicità;
- illustrazione delle ragioni della soluzione prescelta sotto il profilo localizzativo e funzionale;
- indagini geologiche e geotecniche;
- descrizione dell'intervento da realizzare;
- disponibilità delle aree e sottoservizi.

## 2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento principale per la progettazione è la seguente:

- D.M. 17.01.2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.

## 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nelle opere si utilizzeranno materiali di buona qualità esenti da vizi di qualunque tipo, aventi le caratteristiche meccaniche di seguito riportate:

### 3.1. Interventi di consolidamento del muro

#### 3.1.1. Calcestruzzo per opere in cemento armato

Le opere in c.a. dovranno essere realizzate con conglomerato cementizio a Prestazione Garantita definito secondo il D.M. 17.01.2018 e le UNI EN 206 con le seguenti caratteristiche:

#### **CORDOLO SU MICROPALI SUL CIGLIO STRADA**

Peso specifico	25.0	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione: $R_{ck}$	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione: $f_{ck}$	30	MPa
Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata: $\alpha_{cc}$	0.85	
Coefficiente di sicurezza: $\gamma_c$	1.50	
Resistenza a compressione di progetto: $f_{cd}$	17.00	MPa
Modulo elastico di Young istantaneo: $E_{cm}$	32837	MPa
Classe di esposizione (UNI EN 206)	XF4	
Consistenza (slump)	S4 (fluida)	
Copriferro	50	mm

#### **CORDOLO SU MICROPALI GRADONE INTERMEDIO ED INFERIORE**

Peso specifico	25.0	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione: $R_{ck}$	30	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione: $f_{ck}$	25	MPa
Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata: $\alpha_{cc}$	0.85	
Coefficiente di sicurezza: $\gamma_c$	1.50	
Resistenza a compressione di progetto: $f_{cd}$	14.17	MPa
Modulo elastico di Young istantaneo: $E_{cm}$	31476	MPa
Classe di esposizione (UNI EN 206 1)	XC2	

Consistenza (slump)	S4 (fluida)
Copriferro	40 mm

### PARETI IN CALCESTRUZZO ARMATO

Peso specifico	25.0	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione: $R_{ck}$	30	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione: $f_{ck}$	25	MPa
Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata: $\alpha_{cc}$	0.85	
Coefficiente di sicurezza: $\gamma_c$	1.50	
Resistenza a compressione di progetto: $f_{cd}$	14.17	MPa
Modulo elastico di Young istantaneo: $E_{cm}$	31476	MPa
Classe di esposizione (UNI EN 206 1)	XC2	
Consistenza (slump)	S3+S4	
Copriferro	30	mm

### 3.1.2. Acciaio per cemento armato

Si adotta acciaio per calcestruzzo armato tipo B450C. I valori di calcolo utilizzati sono riepilogati nella tabella seguente.

#### Acciaio da cemento armato tipo B450C

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk}$	450	MPa
Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk}$	540	MPa
Allungamento: $(A_{gt})_k$	≥7.5%	
Coefficiente di sicurezza: $\gamma_s$	1.15	
Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd}$	391.30	MPa
Modulo elastico di Young: $E_s$	200000	MPa

### 3.1.3. Micropali

#### Acciaio da carpenteria tipo S355

Tipologia	S355J0H secondo UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e DM 17/01/18	
Peso specifico	78.50	kN/m <sup>3</sup>
Modulo elastico di Young: $E_s$	210000	MPa
Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk}$	355	MPa
Coefficiente di sicurezza (resistenza delle sezioni): $\gamma_{M0}$	1.05	
Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd}$	338.1	MPa

#### Malta di cemento di rivestimento e riempimento del tubolare in acciaio:



- classe di resistenza C25/30 (secondo DM 17-01-2018);
- classe di esposizione: XC2 secondo UNI EN 206.

### 3.1.4. Barre di ancoraggio

#### Barre tipo Dywidag

Diametro nominale	26.5	mm
Tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua: $f_{p0.1k}$	950	MPa
Tensione caratteristica di rottura: $f_{pk}$	1050	MPa
Coefficiente di sicurezza (resistenza delle sezioni): $\gamma_{M0}$	1.15	
Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd}$	826.1	MPa

Testate realizzate con acciaio e/o finitura superficiale e/o protezione congrua alla funzione permanente degli ancoraggi.

### 3.1.5. Malta di cemento di rivestimento delle barre:

- classe di resistenza C25/30 (secondo DM 17-01-2018);
- classe di esposizione: XC2 secondo UNI EN 206.

## 3.2. Interventi di rettifica del tratto stradale della S.P n. 302

### CORDOLO SOMMITALE

Peso specifico	25.0	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione: $R_{ck}$	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione: $f_{ck}$	30	MPa
Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata: $\alpha_{cc}$	0.85	
Coefficiente di sicurezza: $\gamma_c$	1.50	
Resistenza a compressione di progetto: $f_{cd}$	17.00	MPa
Modulo elastico di Young istantaneo: $E_{cm}$	32837	MPa
Classe di esposizione (UNI EN 206)	XF3	
Consistenza (slump)	S4 (fluida)	
Copriferro	50	mm

### CORDOLO DI BASE

Peso specifico	25.0	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione: $R_{ck}$	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione: $f_{ck}$	30	MPa

Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata: $\alpha_{cc}$	0.85	
Coefficiente di sicurezza: $\gamma_c$	1.50	
Resistenza a compressione di progetto: $f_{cd}$	17.00	MPa
Modulo elastico di Young istantaneo: $E_{cm}$	32837	MPa
Classe di esposizione (UNI EN 206 1)	XF4	
Consistenza (slump)	S4 (fluida)	
Copriferro	50	mm

### PARETI IN CALCESTRUZZO ARMATO

Peso specifico	25.0	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione: $R_{ck}$	30	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione: $f_{ck}$	25	MPa
Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata: $\alpha_{cc}$	0.85	
Coefficiente di sicurezza: $\gamma_c$	1.50	
Resistenza a compressione di progetto: $f_{cd}$	14.17	MPa
Modulo elastico di Young istantaneo: $E_{cm}$	31476	MPa
Classe di esposizione (UNI EN 206 1)	XC2	
Consistenza (slump)	S3÷S4	
Copriferro	30	mm

### 3.2.1. Acciaio per cemento armato

Si adotta acciaio per calcestruzzo armato tipo B450C. I valori di calcolo utilizzati sono riepilogati nella tabella seguente.

#### Acciaio da cemento armato tipo B450C

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk}$	450	MPa
Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk}$	540	MPa
Allungamento: $(A_{gt})_k$	≥7.5%	
Coefficiente di sicurezza: $\gamma_s$	1.15	
Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd}$	391.30	MPa
Modulo elastico di Young: $E_s$	200000	MPa

### 3.2.2. Micropali

#### Acciaio da carpenteria tipo S355

Tipologia	S355J0H secondo UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e DM 17/01/18	
Peso specifico	78.50	kN/m <sup>3</sup>
Modulo elastico di Young: $E_s$	210000	MPa
Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk}$	355	MPa

Coefficiente di sicurezza (resistenza delle sezioni):	1.05
$\gamma_{M0}$	
Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd}$	338.1 MPa

### 3.2.3. Malta di cemento di rivestimento e riempimento del tubolare in acciaio:

- classe di resistenza C25/30 (secondo DM 17-01-2018);
- classe di esposizione: XC2 secondo UNI EN 206.

#### 4. DEFINIZIONE DELLA AZIONE SISMICA

I parametri di progetto adottati per la definizione della azione sismica di progetto sono i seguenti.

- Ubicazione intervento (ED50):
  - Latitudine =  $44^{\circ}.17227$ ;
  - Longitudine =  $11^{\circ}.69235$ ;
- Vita nominale:  $V_N = 50$  anni;
- Classe d'uso: IV;
- Periodo di riferimento:  $V_R = 100$  anni;

- Categoria di sottosuolo: E;

*“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”;*

- Categoria topografica: T2

*“Pendii con inclinazione media  $i > 15^{\circ}$ ”*

Un utile strumento operativo per determinare l'azione sismica di progetto è rappresentato dal foglio elettronico di calcolo “Spettri-NTC ver.1.0.3.xls” realizzato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e liberamente scaricabile dal sito [www.cslp.it](http://www.cslp.it); tale strumento operativo è stato impiegato nel presente lavoro.

### 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 ▶▶▶


**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

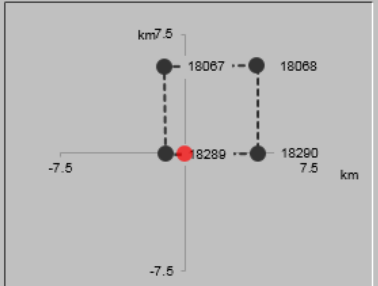
Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta



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".

**Nodi del reticolo intorno al sito**



## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

### Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

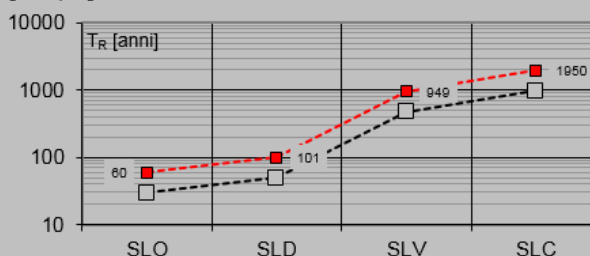
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="60"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="101"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="949"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1950"/>

### Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

### Stato Limite

Stato Limite considerato  info

### Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

$S_S = 1.274$

$C_C = 1.828$  info

Categoria topografica  info

$h/H = 1.000$

$S_T = 1.200$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

### Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)

$\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_o$

Regol. in altezza  info

### Compon. verticale

#### Spettro di progetto

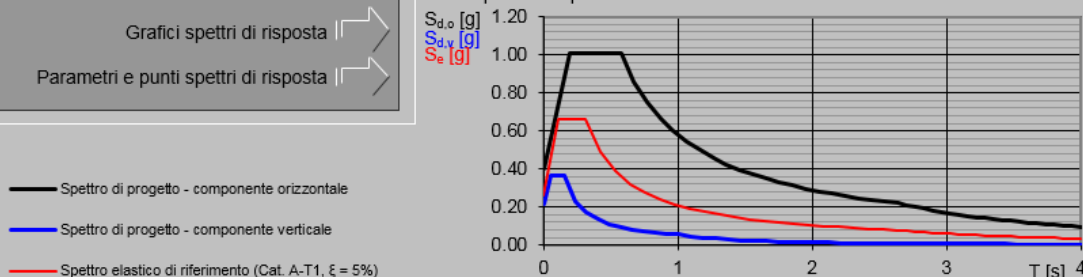
Fattore  $q$

$\eta = 0.667$  info

### Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

### Spettri di risposta



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.260 g
$F_0$	2.537
$T_C^*$	0.314 s
$S_S$	1.274
$C_C$	1.828
$S_T$	1.200
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.529
$\eta$	1.000
$T_B$	0.191 s
$T_C$	0.574 s
$T_D$	2.640 s

Da cui deriva la seguente accelerazione massima:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.398 \text{ g}$$

## 5. ASPETTI PROGETTUALI

In attuazione alle linee programmatiche individuate dal vigente Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Ravenna (Ptcp), il presente intervento risponde all'esigenza di eliminare un punto critico della ex ss n. 302 "Brisighellese-Ravennate" e rientra nell'ambito degli interventi di:

*"Razionalizzazione e messa in sicurezza con eliminazione punti critici lungo la ex s.s. n. 302 nel tratto compreso fra Brisighella e il confine provinciale (2° lotto)".*

La provincia di Ravenna intende con l'intervento in oggetto innalzare le condizioni di servizio e sicurezza di un tratto stradale che, in relazione alla valenza strategica di collegamento della vallata del fiume Lamone alla Pianura Padana e di collegamento interregionale alternativo alla rete autostradale, ha da sempre rappresentato un'arteria di primaria importanza per la mobilità provinciale e regionale.

In particolare l'intervento riguarda la messa in sicurezza della strada in località S.Eufemia nel tratto compreso fra la progr. km 77+480 e la progr. km 78+000 (fig. 1) e consiste:

- nel consolidamento della scarpata stradale ove è presente di un vecchio muro attualmente in condizioni limiti di stabilità, compreso anche il presidio dei tratti di viabilità limitrofi al muro suddetto mediante opportuna opera.
- nella rettifica del tratto di strada compresa fra il ponte sul Rio Purocielo e il ponte sul Lamone.

### 5.1. Stato attuale in corrispondenza del muro da consolidare

Nella TAV. 22.a è riportato il rilievo topografico dello stato attuale dell'area di intervento da cui risulta che l'attuale muro ha una lunghezza di circa 25.0 m e una altezza di circa 25.0 m con 2 gradoni intermedi. Il muro è realizzato in calcestruzzo debolmente cementato e presenta diverse fessure (vedasi le foto 1÷12 della documentazione fotografica – doc. S15070-PE-RE13-0 facente parte del progetto).

Al piede del muro (vedi foto 13÷18 del doc. S15070-PE-RE13-0) è presente della vegetazione e blocchi di arenaria; nell'alveo del fiume Lamone si notano le testate della formazione di substrato con giacitura a reggipoggio

Le foto 19÷24 (vedi doc. S15070-PE-RE13-0) evidenziano sulla scarpata in destra del muro (verso Marradi) strati subverticali localmente molto fratturati.

La scarpata in sinistra del muro (verso Brisighella vedi foto 25÷30 del doc. S15070-PE-RE13-0) è caratterizzata da una giacitura degli strati sub-orizzontali fino ad una certa quota poi una faglia determina una brusca variazione degli strati che diventano subverticali. Si notano, inoltre, parti di roccia in aggetto a causa della maggior alterabilità degli strati marnosi rispetto a quelli arenacei. I blocchi presenti al piede testimoniano i crolli avvenuti in passato.

Allo stato attuale quindi non si rileva al piede una erosione attiva del fiume, mentre sulle scarpate sono molto attivi i processi di alterazione della formazione marnosa-arenacea che si presenta molto frattura e disturbata tettonicamente.

Gli agenti atmosferici (cicli termici stagionali e giornalieri, dilavamento ad opera delle acque piovane, azione eolica) determinano una erosione superficiale e una alterazione delle caratteristiche fisico-meccaniche del substrato affiorante. Per i livelli più marnosi sono sufficienti pochi cicli stagionali per avere una rapida disgregazione secondo i piani di strato e le famiglie di fratture.

Talvolta livelli arenacei consistenti condizionano la stabilità fino a quando non si ha il crollo o ribaltamento a seguito dello scalzamento dovuto alla maggiore velocità di alterazione degli strati marnosi.

Vista la situazione attuale l'obiettivo dell'intervento è quello di consolidare il muro esistente per assicurare adeguati fattori di sicurezza anche in condizioni sismiche. Inoltre è opportuno presidiare anche i tratti di strada prima e dopo il muro nei confronti di crolli improvvisi delle scarpate subverticali.

## **5.2. Stato attuale in corrispondenza della rettifica del tratto stradale della S.P. n. 302**

Dalla documentazione fotografica (elaborato doc. S15070-PE-RE13-0) e in particolare dalla foto 1÷9 e dal rilievo topografico di dettaglio (TAV. 23.a) risulta evidente che l'attuale tracciato presenta in uscita dal ponte sul Rio Purocielo in direzione Marradi una curva sinistra, poi una curva destra e l'innesto sul ponte Lamone avviene con una curva a raggio molto ridotto.

La controcurva e la scarpata di monte impediscono la visibilità e inoltre l'innesto quasi a gomito sul ponte Lamone tende a portare fuori traiettoria i veicoli. Questa situazione determina un elevato rischio di incidente e limita notevolmente la velocità di percorrenza in sicurezza di questo tratto di strada. A questo si aggiunge il fatto che la larghezza della piattaforma stradale è di soli 6.00 m.

Nelle foto 10÷14 sono riportate alcune viste della scarpata a monte della strada; localmente si evidenziano fenomeni superficiali di instabilità.

Vista la situazione attuale e con particolare riferimento ai problemi di visibilità, l'obiettivo dell'intervento è quello di migliorare la percorribilità e la sicurezza.

## **5.3. Indagini e rilievi**

Per la progettazione è stato necessario un rilievo topografico di dettaglio delle aree di intervento (vedasi tavole TAVV. 22.a e 23.a rispettivamente per il tratto di consolidamento del muro e il tratto in cui è prevista la rettifica stradale) e indagini per la caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni (per maggiori dettagli si rimanda ai relativi elaborati).



## 6. CARATTERISTICHE DEI TERRENI

La morfologia superficiale dell'area indagata è profondamente influenzata dall'assetto geologico-strutturale della nota Formazione flyshoide Marnoso Arenacea che costituisce il substrato dominante.

Nei pressi di S.Eufemia la sequenza stratigrafica si presenta particolarmente deformata per la presenza di pieghe e faglie inverse originate dal regime compressivo.

Dal punto di vista stratigrafico la litologia del substrato è costituita dai depositi della successione torbiditica marnoso arenacea con strati arenacei sottili e medi, raramente spessi, arenarie gradate da medie a fini intercalate ad arenarie marnose e marne sabbiose.

L'evoluzione geomorfologica del sito è da ricercarsi nelle dinamiche fluviali di erosione e deposizione che hanno determinato la formazione di quattro ordini di terrazzi alluvionali.

I sedimenti superficiali possono essere classificati come depositi detritici pedemontani. Si ritrovano ciottoli arrotondati, frammenti litoidi a spigoli vivi ed anche massi arenitici provenienti dal passato disfacimento del substrato roccioso sub-affiorante immediatamente sotto Cà di Co. Tutti questi clasti sono immersi in una matrice sabbiosa e limoso argillosa.

Dal punto di vista strutturale la stratificazione del substrato marnoso-arenaceo assume un assetto a reggipoggio con un'inclinazione media di 14° circa.

Tutta la zona di S. Eufemia è caratterizzata da importanti complicazioni tettoniche che determinano la presenza di alcuni sistemi di fratturazione ricollegabili alle spinte tettoniche orogeniche.

Le indagini geognostiche per indagare la stratigrafia e le proprietà geotecniche dei terreni presenti, non hanno rilevato la presenza della falda freatica.

I depositi superficiali sono costituiti dalle alluvioni terrazzate antiche sabbioso-limose e limoso argillose con sabbia e livelli ghiaiosi decimetrici con ciottoli arrotondati e subarrotondati.

Le unità stratigrafiche individuate sono:

- **Coltre detritica e depositi alluvionali** costituiti da limo argilloso-sabbioso molto consistente con inclusi lapidei marnosi ed arenacei variamente alterati. Localmente sono presenti brandelli di terrazzo costituiti da ghiaia da fine a grossolana in matrice sabbiosa-limosa, di colore nocciola. Gli spessori di questa unità variano da zona a zona con valori massimi di 5.0 ÷ 6.0 m in corrispondenza degli interventi di consolidamento del muro e di 2.0 ÷ 3.0 m in corrispondenza della rettifica stradale.
  
- **Formazione di substrato** costituita da arenarie e marne molto fratturate con giacitura degli strati variabile da sub-orizzontale a subverticale in corrispondenza del consolidamento del muro, mentre la stessa formazione delle arenarie e marne risultano più o meno fratturate in corrispondenza della rettifica stradale.

## 7. DESCRIZIONE DELGLI INTERVENTI DA REALIZZARE

### 7.1. Consolidamento della scarpata stradale in corrispondenza del muro esistente

Il consolidamento della scarpata stradale in corrispondenza del muro esistente (vedasi TAV. 11.b÷11.m) prevede quanto segue:

- **CORDOLO SU MICROPALI SUL CIGLIO STRADA.**  
 I micropali subverticali sono ad interasse di 0.75 m e disposti su 2 file, mentre i micropali suborizzontali hanno interasse di 2.25 m. I micropali sono collegati in sommità da un cordolo in c.a. di dimensioni 1.90x0.5 m che lato strada prosegue con una soletta di spessore 0.10 m che ha la funzione di assicurare un passaggio graduale fra la porzione di strada sostenuta dal cordolo e la parte restante. Sul lato esterno del cordolo è posizionato il sicurvia di classe H3. Il cordolo prosegue anche prima e dopo il muro esistente (TAVV. 22.i, 22.j, 22.k).

Le caratteristiche dei micropali sono le seguenti:

**MICROPALI subverticali:**

- diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 160$  mm;
- lunghezza di perforazione:  $L_p = 1200$  cm;
- diametro del tubo:  $\phi_t \geq 88.9$  mm;
- spessore del tubo:  $s \geq 8$  mm;
- interasse:  $i=75$  cm.

**MICROPALI suborizzontali:**

- diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 160$  mm;
- lunghezza di perforazione:  $L_p = 1500$  cm;
- diametro del tubo:  $\phi_t \geq 88.9$  mm;
- spessore del tubo:  $s \geq 8$  mm;
- interasse:  $i=2.25$  cm.

- **CORDOLO SU MICROPALI A LIVELLO DEL GRADONE INTERMEDIO.**  
 I micropali hanno le stesse caratteristiche di quelli del cordolo superiore mentre il cordolo di collegamento ha larghezza variabile.
- **CORDOLO SU MICROPALI A LIVELLO DEL GRADONE INFERIORE.**  
 I micropali sono disposti su 3 file ad interasse di 0.75 m quelle esterne e di 1.50 m quella intermedia. Inoltre sono previsti micropali suborizzontali di ancoraggio ad interasse di 1.50 m.

Le caratteristiche dei micropali sono le seguenti:

**MICROPALI subverticali:**

- diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 160$  mm;
- lunghezza di perforazione:  $L_p = 1500$  cm;
- diametro del tubo:  $\phi_t \geq 88.9$  mm;

- spessore del tubo:  $s \geq 8$  mm;
  - interasse:  $i=75-150$  cm.
  - MICROPALI suborizzontali:
  - diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 160$  mm;
  - lunghezza di perforazione:  $L_p = 1500$  cm;
  - diametro del tubo:  $\phi_t \geq 88.9$  mm;
  - spessore del tubo:  $s \geq 8$  mm;
  - interasse:  $i=1.50$  cm.
- PERFORAZIONI ARMATE CON BARRE TIPO DYWIDAG A MAGLIA 2.25X2.0 M SUL PARAMENTO INFERIORE DEL MURO.  
Le caratteristiche delle perforazioni sono:
  - diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 60$  mm;
  - lunghezza di perforazione:  $L_p = 600$  cm;
  - diametro barra:  $\phi_b \geq 26.5$  mm;

L'intervento è completato con la realizzazione di dreni suborizzontali per il drenaggio delle acque di infiltrazione ed inoltre è previsto il placcaggio dei 2 paramenti alti del muro esistente con una parete in calcestruzzo armato, connessa ai cordoli, e rivestita in pietra arenaria locale.

## 7.2. Presidio porzioni di viabilità a margine della scarpata/muro consolidato

Al fine presidiare anche i tratti di strada prima e dopo il muro nei confronti di crolli improvvisi delle scarpate subverticali è prevista un'opera costituita da:

- CORDOLO SU MICROPALI SUL CIGLIO STRADA.  
I micropali subverticali sono ad interasse di 0.75 m e disposti su 2 file, mentre i micropali suborizzontali hanno interasse di 1.5 m. I micropali sono collegati in sommità da un cordolo in c.a. di dimensioni 2.10x0.5 m che lato strada prosegue con una soletta di spessore 0.10 m che ha la funzione di assicurare un passaggio graduale fra la porzione di strada sostenuta dal cordolo e la parte restante. Sul lato esterno del cordolo è posizionato il sicurvia di classe H3. Il cordolo prosegue anche prima e dopo il muro esistente (TAVV. 22.i, 22.j, 22.k).

Le caratteristiche dei micropali sono le seguenti:

- MICROPALI subverticali:
- diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 160$  mm;
  - lunghezza di perforazione:  $L_p = 1400$  cm;
  - diametro del tubo:  $\phi_t \geq 88.9$  mm;
  - spessore del tubo:  $s \geq 8$  mm;
  - interasse:  $i=75$  cm.
- MICROPALI suborizzontali:
- diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 160$  mm;
  - lunghezza di perforazione:  $L_p = 1800$  cm;

- diametro del tubo:  $\phi_t \geq 88.9$  mm;
- spessore del tubo:  $s \geq 8$  mm;
- interasse:  $i=1.5$  cm.

### 7.3. Interventi con opere di presidio conseguenti alla rettifica del tratto stradale

L'intervento prevede (TAVV. 23.b e 23.f) l'arretramento verso monte di circa 8-10 m dell'attuale tracciato a partire da dopo il Ponte sul Rio Purocielo. L'innesto sul ponte Lamone viene notevolmente migliorato realizzando una curva di raggio più ampio rispetto all'attuale. E' da rilevare che l'arretramento verso monte tiene conto di questi vincoli:

- sono presenti ad una certa distanza fabbricati;
- limitare l'entità degli scavi per non compromettere la stabilità del versante. Si è voluto evitare di intaccare la parte di scarpata, localmente anche molto alta, sopra il gradone intermedio.

Il tipo di sezione adottato per la strada (vedasi TAV. 23.g) è il "C1" ai sensi del D.M. 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Tale sezione prevede una corsia per ogni senso di marcia con larghezza di 3.75 m e banchine di larghezza 1.50 m. La Larghezza complessiva della piattaforma è di 10.50 m.

A valle della strada è previsto un arginello di larghezza 1.00 m in cui è posizionato il sicurvia di classe H2. Lato monte è prevista una cunetta alla francese di larghezza 0.70 m.

Nei tratti iniziali e finali dell'intervento la larghezza della piattaforma stradale si riduce gradatamente per raccordarsi alle sezioni esistenti presenti sui 2 ponti di estremità.

Il pacchetto stradale prevede, in relazione agli spessori della coltre detrica risultanti dalle indagini geotecniche, una bonifica di 0.50 m da realizzarsi con materiale da rilevato. Quindi si realizza uno strato di spessore minimo 0.40 m di stabilizzato granulometrico e infine base, binder e usura per uno spessore di  $\approx 0.17$  m.

A presidio della strada lato monte è prevista una berlinese (vedasi TAVV. 23.h, 23.d e 23.e) con micropali subverticali a interasse di 0.50 m e inclinati di circa  $5^\circ$  e micropali suborizzontali [1] di ancoraggio disposti in sommità (interasse 2.50 m) e alla base dello scavo (interasse 2.00 m). Sia in sommità che alla base dello scavo, la cui altezza è mediamente di 4.50÷5.00 m, è previsto un cordolo in c.a. di collegamento della testate dei micropali di ancoraggio e nel tratto fuori terra si realizza il rivestimento con una parete in c.a. di spessore circa 0.30 m collegata ai cordoli. Sono previsti inoltre microdreni suborizzontali per il drenaggio delle acque di infiltrazione e in testa una canaletta metallica per la raccolta delle acque di monte.

Le caratteristiche dei micropali e microdreni sono le seguenti:

---

<sup>1</sup> L'inclinazione rispetto all'orizzontale è di  $45^\circ$  per quelli in sommità e  $30^\circ$  per quelli alla base dello scavo.

**MICROPALI verticali:**

- diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 160$  mm;
- lunghezza di perforazione:  $L_p = 1000$  cm;
- diametro del tubo:  $\phi_t \geq 114.30$  mm;
- spessore del tubo:  $s \geq 10$  mm;
- interasse:  $i=50$  cm.

**MICROPALI suborizzontali:**

- diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 160$  mm;
- lunghezza di perforazione:  $L_p = 750-1400$  cm;
- diametro del tubo:  $\phi_t \geq 114.30$  mm;
- spessore del tubo:  $s \geq 10$  mm;
- interasse:  $i=200-250$  cm.

**MICRODRENI suborizzontali:**

- diametro di perforazione:  $\phi_p \geq 100$  mm;
- lunghezza di perforazione:  $L_p = 500$  cm;
- tubo in PVC microfessurato:  $\phi_t \geq 50$  mm;
- rivestimento con calza di geotessile;
- interasse:  $i=150$  cm.

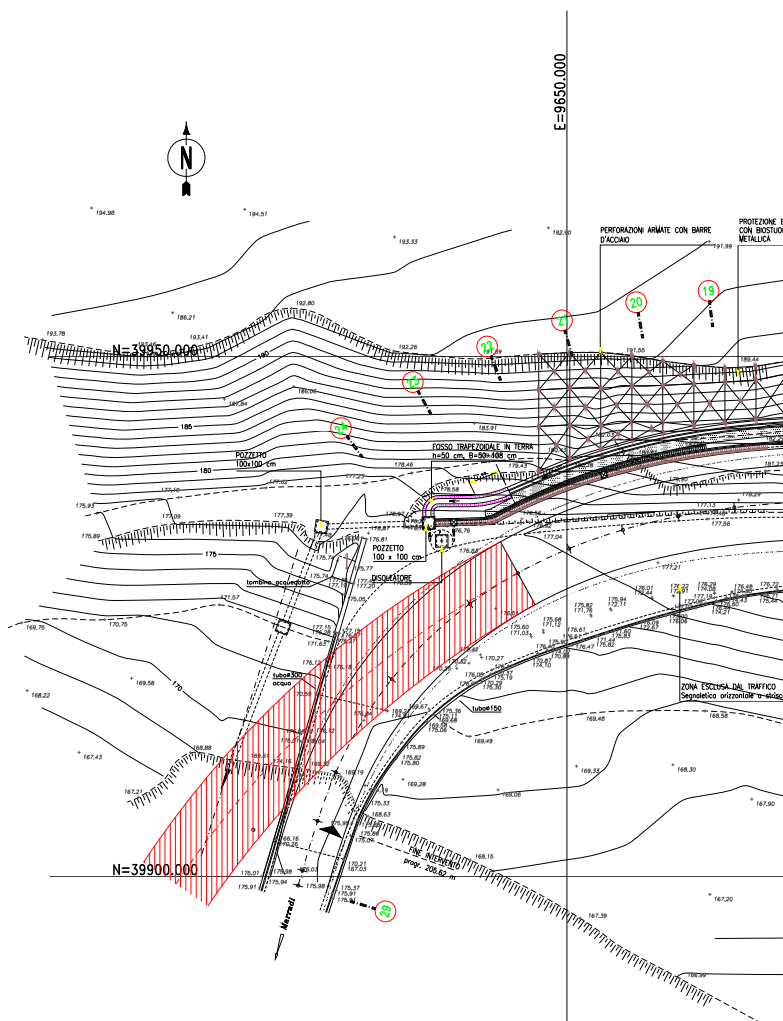
All'inizio e alla fine della berlinese sono previsti 2 brevi tratti di raccordo con muri su micropali (TAV. 12.c). Su tutte le pareti verticali in c.a. è previsto un rivestimento con pietra arenaria locale.

Localmente è prevista la protezione erosiva superficiale della scarpata di monte da realizzarsi con biostuoia + georete + rete metallica a maglia esagonale ancorata al terreno con ferri uncinati infissi. Nel tratto di scarpata compresa fra le sezioni 16 e 22 in cui l'inclinazione è notevole, si realizza anche un reticolo di funi  $\phi$  12 mm in trefoli d'acciaio ad alta resistenza ancorato al terreno con perforazioni armate con barre d'acciaio B450C  $\phi$  24 mm di lunghezza 4.50 m.

E' previsto un sistema di fossi, cunette e pozzetti per la raccolta e lo smaltimento delle acque piovane e una vasca con funzione di disoleatore delle acque di prima pioggia proveniente dalla piattaforma stradale.

Si osserva che il posizionamento della berlinese previsto in progetto è compatibile con interventi futuri del tipo:

- allargamento della sede stradale sul ponte Lamone e/o sul ponte Purocielo;
- realizzazione di un nuovo ponte sul Lamone da realizzarsi immediatamente a monte di quello attuale (vedasi lo stralcio planimetrico riportato di seguito).



**STRALCIO PLANIMETRICO:**

Verifica di compatibilità dell'intervento con la realizzazione di un nuovo ponte sul fiume Lamone spostato leggermente a monte rispetto a quello attuale.

## 8. SEZIONE STRADALE E LIVELLO DI SERVIZIO

Il progetto di sistemazione e messa in sicurezza del tratto di strada in oggetto prevede la definizione di una sezione stradale tale da soddisfare le esigenze di traffico che la interessano.

Dal momento che si tratta di intervenire su una strada esistente, le scelte progettuali in tal senso devono riferirsi ai rilievi di traffico disponibili effettuati dall'ANAS. Si tratta di rilievi quinquennali, che forniscono i valori del traffico medio giornaliero (TGM) calcolato come rapporto fra il traffico che passa attraverso una sezione stradale e 365 giorni.

Nel caso specifico gli unici dati a disposizione, forniti allo scrivente dall'Amministrazione Provinciale di Ravenna, sono relativi ad una sezione stradale della ex s.s. n° 302 situata al km 91+200, fra Faenza e Brisighella e relativi all'anno 1990 (Appendice A).

Tale sezione, di fatto, non può essere assunta come significativa per il tratto di strada cui il progetto si riferisce, dal momento che essa risulta prossima ad un contesto urbano a differenza della zona di interesse, e pertanto caratterizzata da un flusso veicolare certamente più consistente rispetto a quest'ultima.

Dovendo comunque effettuare il dimensionamento della nuova sezione stradale in relazione alla previsione dei flussi di traffico giornaliero e dei flussi orari di punta ipotizzati al 2020 in base alle informazioni ad oggi disponibili, si ritiene di dover esprimere alcune osservazioni preliminari al calcolo.

In sostanza, dovendo fare riferimento ai valori del TGM relativi al censimento del 1990 per la sezione al km 91+200 della ex s.s. 302, questi dovranno essere aggiornati utilizzando un tasso di incremento del traffico dell'1%. Inoltre, per quanto riguarda il traffico leggero, si ritiene di dover adottare valori ridotti al 50%, facendo notare che se da un lato è possibile rilevare un traffico consistente, per motivi lavorativi e quindi di pendolarismo, fra Faenza e Brisighella, con incrementi notevoli nei giorni di mercato, oltre Brisighella il flusso veicolare si attenua notevolmente dal momento che ci si allontana dal centro urbano verso paesi di piccole dimensioni ad economia prevalentemente agricola.

In base a quanto premesso ed ai vincoli imposti dalle condizioni al contorno, ossia le sezioni con cui è necessario raccordare il nuovo tratto stradale, si è scelto di adottare una sezione tipo C1, cui corrisponde un livello di servizio "C", con portata per corsia di 600 autoveicoli equivalenti /ora.

Il livello di servizio consente di definire per una strada o per un tronco di essa la correlazione fra flusso e condizioni effettive di circolazione e pertanto è un parametro certamente più significativo della semplice conoscenza del flusso massimo o capacità della strada che, in condizioni ideali possiamo assumere pari a 2.000 veicoli/ora in totale, indipendentemente dalla distribuzione del traffico nei due sensi di marcia.

Il rapporto Q/C fra la portata di servizio della strada e la relativa capacità, che nel caso specifico risulta pari a 0.6, è il coefficiente che permette, come limite superiore, di verificare se il livello di servizio della strada stessa risulta accettabile.

Per la definizione del flusso orario  $Q$  si suole fare riferimento, per le strade extraurbane, al flusso orario il cui valore viene superato o raggiunto soltanto 30 ore in un anno. Tale flusso si chiama *della trentesima ora* ( $Q_{30}$ ).

Dal momento che non si è in possesso di dati orari di rilevamento per l'intero anno e pertanto non si conosce la curva delle frequenze del flusso orario, i valori di  $Q_{30}$  possono essere ricavati a partire da quelli di traffico medio giornaliero considerando il rapporto  $Q_{30}/TGM=0.12$ .

Si hanno a disposizione i seguenti valori del TGM datati 1990 e relativi alla sezione al km 91+200 della strada Brisighellese:

TGM<sub>1990</sub> leggero: 11404 v/gg  
TGM<sub>1990</sub> pesante: 474 v/gg

che attualizzati utilizzando la formula  $T_r = T_a \times (1+r)^t$  e ponendo:

$r=1\%$  (tasso di incremento del traffico),  
 $t=2003-1990=13$  anni,

forniscono i seguenti valori:

TGM<sub>2003</sub> leggero: 12979 v/gg;  
TGM<sub>2003</sub> pesante: 539 v/gg.

Volendo stimare, a partire da tali dati, il valore del traffico giornaliero medio equivalente per il tratto di strada oggetto di studio, si adotta il criterio, già esposto in premessa, di considerare il 50% del TGM<sub>2003</sub> leggero e di assumere, in riferimento alla tabella riportata in Appendice A il coefficiente  $E_T=2$  che permette di trasformare gli autocarri in veicoli equivalenti. Si deduce pertanto quanto segue:

TGM<sub>2003</sub> totale equivalente:  $12979 \times 0.5 + 2 \times 539 = 7568$  v/gg,

che trasformato in flusso veicolare orario risulta:

$Q_{30(2003)} = 0.12 \times 7568 = 908$  v/h,

Supponendo di voler garantire un fissato livello di servizio almeno fino all'anno 2020, si calcola il flusso orario futuro come segue:

$Q_{30(2020)} = Q_{30(2003)} \times (1+r)^t = 1075 < 1200$  v/h

ricavato ponendo:

$r=1\%$  (tasso di incremento del traffico).  
 $t=2020-2003=17$  anni.

Pertanto adottando una sezione stradale tipo C1 si è in grado di garantire al 2020, in base ai dati disponibili ed alle ipotesi fatte, il livello di servizio "C" richiesto, che, verificato in termini di rapporto *portata di servizio/capacità* risulta:

$Q_{30}/C = 1075/2000 = 0.54 < 0.6$ .



## 9. DISPONIBILITÀ DELLE AREE E SOTTOSERVIZI

L'intervento, prevedendo l'arretramento verso monte della strada, va ad interessare terreni di proprietà privata per i quali è previsto l'esproprio. Gli immobili da espropriare appartengono alla proprietà Rossi.

Relativamente ai sottoservizi sono stati contattati:

- Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale;
- Consorzio Acquedotto Valle del Lamone;
- HERA Imola;

da cui è risultato che gli unici sottoservizi presenti nelle aree oggetto degli interventi, sono il gasdotto di Hera e la condotta d'acqua del Consorzio Lamone (TAV. 22f. e 23.n).

Entrambi questi sottoservizi interferiscono con le lavorazioni in progetto e quindi saranno oggetto di spostamento; le lavorazioni di tali non sono oggetto dell'appalto e saranno eseguiti prima dell'inizio dei lavori in Appalto con imprese specialistiche.

**APPENDICE A**  
**Rilievi sul traffico**



Equivalenza in autovestiture E<sub>1</sub>  
(per tutte le percentuali di autocanti)

Percentuale (%)	Lunghezza della Avvelata (km)	livelli di servizio			Livelli di servizio D ed E (capacità)
		A e B	C		
0-2	qualsiasi	2	2	2	
3	0,4	5	3	2	
	0,8	10	10	7	
	1,2	14	16	14	
	1,6	17	21	20	
	2,4	19	23	26	
	3,2	21	27	29	
	4,8	22	29	31	
	6,4	23	31	32	
4	0,4	7	6	3	
	0,8	16	20	20	
	1,2	22	30	32	
	1,6	26	35	39	
	2,4	28	39	44	
	3,2	30	42	47	
	4,8	31	44	50	
	6,4	32	46	52	