

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:  
MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA  
PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie  
prestazioni specialistiche



## PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO**

RELAZIONE

OPERE D'ARTE VIABILITÀ

VI09

VIADOTTO dal km 28+459.50 al km 28+472.00

Relazione di calcolo impalcato

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. M. FERRONI		-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	F	2	R	2	2	E	Z	Z	C	L	V	I	0	9	0	8	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE	C.Pinti	23/06/21	G.Coppa	24/06/21	L.Bruzzone	24/06/21	IL PROGETTISTA F. DI IULIO	
								 14128 25/06/21	



APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 3 di 70

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>6</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	6
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>8</b>
2.1	NORMATIVA .....	8
<b>3</b>	<b>UNITÀ DI MISURA</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>11</b>
4.1	CALCESTRUZZO.....	11
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE .....	11
4.3	ACCIAIO PER LE TRAVI DI IMPALCATO .....	11
4.4	BULLONI .....	12
4.5	COPRIFERRI MINIMI .....	12
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO</b> .....	<b>13</b>
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA .....	14
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	15
5.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	21
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO</b> .....	<b>23</b>
6.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_1$ .....	23
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_2$ .....	23
6.2.1	Massicciata, armamento e impermeabilizzazione $G_{2,1}$ .....	23
6.2.2	Altri carichi permanenti non strutturali $G_{2,2}$ .....	24
6.3	CARICHI ACCIDENTALI $Q_1$ .....	24

APPALTATORE:	<b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A 4 di 70

6.3.1	<i>Effetti dinamici</i> .....	24
6.3.2	<i>Carichi verticali</i> .....	25
6.3.3	<i>Numero di treni contemporanei</i> .....	27
6.4	TRENO SCARICO $Q_2$ .....	27
6.5	AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA $Q_3$ .....	27
6.6	AZIONE CENTRIFUGA $Q_4$ .....	28
6.7	AZIONE LATERALE (SERPEGGIO) $Q_5$ .....	30
6.8	AZIONE DEL VENTO $Q_6$ .....	30
6.9	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI.....	34
6.10	AZIONI PARASSITE DEI VINCOLI .....	36
6.11	CARICHI SUI MARCIAPIEDI.....	36
6.12	AZIONI SISMICHE $Q_7$ .....	36
6.12.1	<i>Parametri sismici di calcolo</i> .....	36
6.12.1	<i>Spettri di risposta elastici</i> .....	36
6.13	DERAGLIAMENTO $Q_9$ .....	38
7	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	40
8	<b>CRITERI DI VERIFICA</b> .....	47
8.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	48
8.1.1	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	48
8.1.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio</i> .....	49
8.1.3	<i>Verifica di deformabilità e vibrazioni</i> .....	49
8.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	52

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	5 di 70
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato							

8.2.1	<i>Sollecitazioni flettenti</i> .....	52
8.2.2	<i>Sollecitazioni taglianti</i> .....	53
9	<b>ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI</b> .....	55
9.1	SOLLECITAZIONI SULLA FASCIA BRS.....	55
9.2	TRAVE DI BORDO FASCIA.....	56
9.2.1	<i>RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE DI BORDO FASCIA</i>	59
9.2.2	<i>MODELLO DI CARICO: TRENO LM71</i> .....	59
9.2.3	<i>MODELLO DI CARICO: TRENO SW/2</i> .....	59
10	<b>VERIFICHE DI RESISTENZA</b> .....	60
11	<b>VERIFICHE DI DEFORMABILITA'</b> .....	61
11.1	CALCOLO DELLA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO .....	61
11.2	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ DELL'IMPALCATO .....	62
11.2.1	<i>Freccia sotto i carichi accidentali dinamizzati</i> .....	62
11.2.2	<i>Rotazione agli appoggi:</i> .....	62
11.2.3	<i>Sghembo</i> .....	62
12	<b>VERIFICA DEGLI EFFETTI LOCALI – SBALZO DELL'IMPALCATO</b> .....	64
12.1	SOLLECITAZIONI AGENTI E VERIFICHE.....	64
12.1.1	<i>Modello di calcolo e analisi dei carichi</i> .....	64
12.1.2	<i>Analisi delle sollecitazioni ed armature della soletta</i> .....	64
12.1.3	<i>Verifiche</i> .....	65
13	<b>REAZIONI SUGLI APPOGGI</b> .....	70

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 6 di 70

## 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello-Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento alla tipologia di impalcato a travi a doppio T incorporate di luce pari a 12.5m prevista in corrispondenza del VI09 a singola campata.

### 1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto in esame è costituito da un'unica campata di luce pari a 12.50 m. L'impalcato è costituito da 28 travi metalliche HE600M incorporate da un getto di completamento in c.a. che realizza anche gli aggetti laterali. La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 14.30 m su cui gravano 2 binari posti ad interasse pari a 4.00 m, in maniera simmetrica rispetto alla mezzeria del viadotto.

La distanza tra il piano ferro e l'intradosso impalcato risulta pari a 1.30 m.

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN pari a 75 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ("Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.") ai sensi del D. Min. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU = 1.5.

I dati di progetto per la verifica dell'impalcato sono:

#### Caratteristiche tracciato

Raggio di curvatura:	Rettifilo
Sopraelevazione della rotaia:	sr= 10 cm
Velocità di progetto	V1= 160 km/h
Ponte di categoria:	Cat A

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO IF2R    2.2.E.ZZ    CL    VI.09.0.8.001    A    7 di 70

Numero binari: nb=2

### Caratteristiche geometriche impalcato

Lunghezza dell'impalcato di progetto: Limp= 12.5 m

Larghezza strutturale dell'impalcato: Bi= 12.30 m

Larghezza del ballast: Bb= 770 cm

Spessore medio del ballast: Sb= 80 cm

Larghezza di ripartizione per verifiche: Brs= 4.0 m

Spessori dell'impalcato (min - max): Ssn=72 cm - Ssm=78 cm

Di seguito si riporta la sezione rappresentativa dell'impalcato:

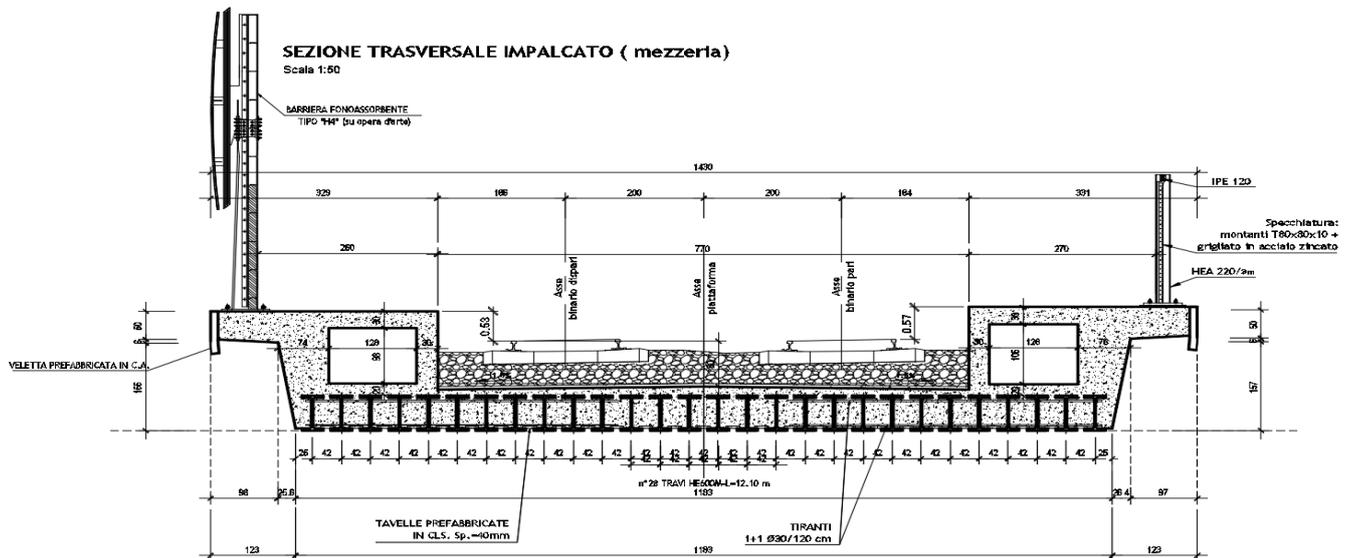


Figura 1: Sezione trasversale impalcato

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 8 di 70

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016 )
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [10] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Rif. [11] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)

APPALTATORE: <div style="text-align: center;">  <p><b>TELESE S.c.a r.l.</b>  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</p> </div>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario:            Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.09.0.8.001</td> <td>A</td> <td>9 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	9 di 70
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	9 di 70								

- Rif. [12] UNI 11104: Calcestruzzo : Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 10 di 70

### 3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze            [m]
- forze                [kN]
- momenti            [kNm]
- tensioni            [MPa]

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 11 di 70

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO

Per il getto in opera della soletta di impalcato, si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4/XF1

C32/40  $f_{ck} \geq 32$  MPa  $R_{ck} \geq 40$  MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3.09	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk,0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.16	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.70	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / 1.5$	1.44	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33642	N/mm <sup>2</sup>

### 4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$ MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540$ MPa
Modulo di elasticità	$E_a = 210000$ MPa

### 4.3 ACCIAIO PER LE TRAVI DI IMPALCATO

Profilati: S355 J0 secondo UNI EN 10025

Modulo di elasticità	$E_a = 210000$ MPa
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 355$ MPa
Tensione di snervamento rottura	$f_{yt} \geq 430$ MPa
Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd} \geq 262$ MPa

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA <b>IF2R</b>	LOTTO <b>2.2.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.09.0.8.001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>12 di 70</b>

#### 4.4 BULLONI

Classe vite 8.8 - Classe dado 8

Tensione di snervamento caratteristica

$f_{yb} \geq 649$  MPa

Tensione di snervamento rottura

$f_{tb} \geq 800$  MPa

Resistenza a taglio del bullone

$f_{yd} \geq 384$  MPa

Tensione di snervamento di progetto

$f_{yd} \geq 262$  MPa

#### 4.5 COPRIFERRI MINIMI

Si riportano di seguito i copriferri minimi per le strutture in calcestruzzo armato:

Soletta impalcato

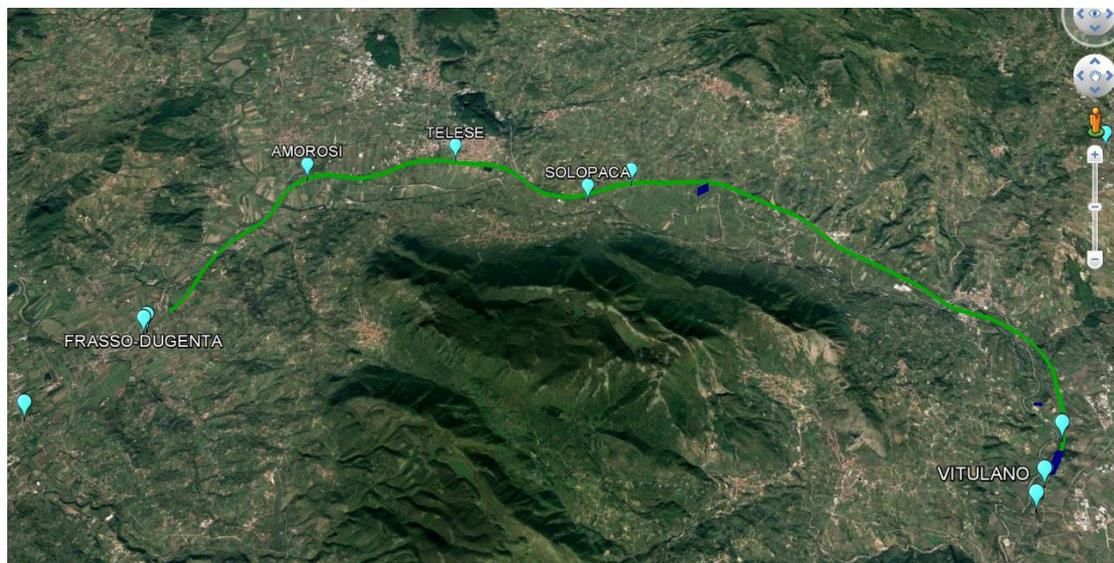
4.0 cm

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 13 di 70

## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

L'opera in questione rientra in particolare nell'ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria Frasso Telesino – Vitulano, che si sviluppa per circa 30Km, da ovest verso est, attraversando il territorio di diverse località tra cui Dugenta/Frasso (BN), Amorosi (BN), Telese(BN), Solopaca(BN), San Lorenzo Maggiore(BN), Ponte(BN), Torrecuso(BN), Vitulano (BN) , Benevento – Località Roseto (BN).



**Figura 2 – Configurazione planimetrica tracciato**

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell'ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in tre sottozone sismiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell'area che evidenzia un graduale incremento dell'intensità sismica da ovest verso est; nella fattispecie le zone sismiche "omogenee" individuate, sono quelle di seguito elencate:

- Zona S1: da pk 16+500 a pk 22+500 (Dugenta/Frasso – Amorosi)
- Zona S2: da pk 22+500 a pk 30+000 (Amorosi – Solopaca)
- Zona S3: da pk 30+000 a pk 46+577 (Solopaca-Ponte-Vitulano)

Per ciascuna zona, sono stati dunque individuati, in funzione del periodo di riferimento dell'azione sismica (VR), i parametri di pericolosità sismica ( $ag/g$ ,  $F0$  e  $Tc^*$ ) rappresentativi delle più severe condizioni di pericolosità riscontrabili lungo il tratto di riferimento, assumendo in particolare come riferimento le seguenti Località

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 14 di 70

- Zona S1: Amorosi (BN)
- Zona S2: Solopaca (BN)
- Zona S3: Ponte (BN)

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per ciascuna delle località di riferimento.

L'opera in esame ricade nella zona sismica denominata Zona S2

### 5.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

La vita nominale delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V <sub>N</sub> [anni]
1	Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM14/1/2008 a velocità convenzionale V<250 Km/h	50
2	Altre opere nuove a velocità V<250 Km/h	75
3	Altre opere nuove a velocità V>250 Km/h	100
4	Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	≥100

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale VN = 75 anni (categoria 2)

Riguardo invece la Classe d'Uso, il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, individua le seguenti quattro categorie

- Classe I: costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 15 di 70

l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

All' opera in oggetto corrisponde pertanto una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):

$$C_u = 1.5$$

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ , ovvero:

$$V_R = V_n \cdot C_u$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni

## 5.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica /  $V_R$ ) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Il DM 14.01.08 definisce in particolare la pericolosità sismica di un sito attraverso i seguenti parametri:

- **ag/g**: accelerazione orizzontale relativa massima al suolo, su sito di riferimento rigido;
- **Fo**: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T\*c**: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per quanto detto al precedente paragrafo, risulta:

**Localizzazione Geografica** : Amorosi (BN), Solopaca (BN), Ponte (BN)

Periodo di riferimento Azione sismica  $V_R = 112.5$  anni,

Riguardo, infine gli stati limite di verifica/periodo di ritorno dell'azione sismica, la normativa individua in particolare 4 situazioni tipiche riferendosi alle prestazioni che la costruzione nel suo complesso deve poter espletare, riferendosi sia agli elementi strutturali, che a quelli non strutturali / impianti, come di seguito descritto:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 16 di 70

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile all'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture o crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione invece conserva una parte della resistenza e della rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

A ciascuno stato limite di verifica è quindi associata una probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , secondo quanto indicato nel seguito:

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

A ciascuna probabilità di superamento  $P_{VR}$  è quindi associato un Periodo di Ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , valutabile attraverso la seguente relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1-P_{VR}) \quad (\text{periodo di ritorno dell'azione sismica})$$

Nel caso in esame risulta dunque, con riferimento ai diversi stati limite :

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]
SLO	68
SLD	113
SLV	1068
SLC	2193

Zona S2 da pk 16+500 a pk 22+500 (Solopaca)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 17 di 70

Di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica da assumere come riferimento per la determinazione delle Azioni sismiche di progetto per opere ricadenti nella parte di tracciato dell'infrastruttura individuata come zona **S2**:

Località : Solopaca (BN)

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE  
14.5539

LATITUDINE  
41.1956

Ricerca per comune

REGIONE  
Campania

PROVINCIA  
Benevento

COMUNE  
Solopaca

**Elaborazioni grafiche**

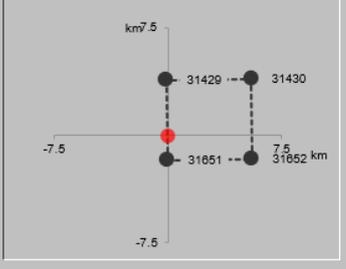
Grafici spettri di risposta →

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



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

Interpolazione  
 media ponderata

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

$$V_R = 112.5 \text{ anni}$$

Sulla scorta di quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene:

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 18 di 70

## 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 -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.088	2.368	0.316
SLD	113	0.113	2.377	0.331
SLV	1068	0.322	2.346	0.401
SLC	2193	0.419	2.430	0.425

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 19 di 70

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato:  info

---

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo:  info       $S_s = 1.247$        $C_c = 1.419$  info  
 Categoria topografica:  info       $h/H = 0.000$        $S_T = 1.000$  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  $q_d$        Regol. in altezza  info

---

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$         $\eta = 1.000$  info

---

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta      Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

**Spettri di risposta**

$S_{d,o}$  [g]  
 $S_{d,v}$  [g]  
 $S_e$  [g]

T [s]

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 20 di 70

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.322 g
$F_0$	2.346
$T_C$	0.401 s
$S_S$	1.247
$C_C$	1.419
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.247
$\eta$	1.000
$T_B$	0.190 s
$T_C$	0.570 s
$T_D$	2.889 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ulimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	$S_e$ [g]
	0.000	0.402
$T_B$ ←	0.190	0.942
$T_C$ ←	0.570	0.942
	0.680	0.789
	0.790	0.679
	0.901	0.596
	1.011	0.531
	1.122	0.478
	1.232	0.435
	1.343	0.400
	1.453	0.369
	1.563	0.343
	1.674	0.321
	1.784	0.301
	1.895	0.283
	2.005	0.268
	2.116	0.254
	2.226	0.241
	2.337	0.230
	2.447	0.219
	2.557	0.210
	2.668	0.201
	2.778	0.193
$T_D$ ←	2.889	0.186
	2.942	0.179
	2.995	0.173
	3.047	0.167
	3.100	0.161
	3.153	0.156
	3.206	0.151
	3.259	0.146
	3.312	0.141
	3.365	0.137
	3.418	0.133
	3.471	0.129
	3.524	0.125
	3.577	0.121
	3.630	0.118
	3.682	0.114
	3.735	0.111
	3.788	0.108
	3.841	0.105
	3.894	0.102
	3.947	0.099
	4.000	0.097

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	21 di 70

### 5.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Le Categoria di Sottosuolo e le Condizioni Topografiche sono valutate come descritte al punto 3.2.2 del DM 14.01.08, ovvero:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

#### Tabella di riepilogo Categoria di Sottosuolo e Topografiche DM 14.01.08

Note la Categoria di Sottosuolo e le Condizioni Topografiche, la costruzione degli spettri passa infine attraverso la definizione dei coefficienti di Amplificazione Stratigrafica ( $S_S$  e  $C_C$ ) e Topografica ( $S_T$ ), mediante le indicazioni di cui alle tab 3.2.V e 3.2.VI del DM 14.01.08, che si ripropongono nel seguito per chiarezza espositiva:

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	22 di 70
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato							

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

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

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

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

Per il caso in esame, risulta una categoria di sottosuolo di tipo C ( $S_s = 1.247$ ) e una classe Topografica T1 ( $S_T = 1.0$ )

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 23 di 70

## 6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si riporta di seguito l'analisi delle condizioni di carico elementari relative all'impalcato in esame.

### 6.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_1$

I carichi permanenti strutturali sono valutati sulla base della geometria degli elementi costituenti la struttura e del peso specifico dei diversi materiali. Si assume  $\gamma=25\text{kN/m}^3$  per il calcestruzzo e  $\gamma=78.5\text{kN/m}^3$  per l'acciaio strutturale. Si riportano di seguito i dati considerati per il calcolo del peso proprio degli elementi strutturali di impalcato:

PERMANENTI STRUTTURALI $G_1$	
Peso Singola Trave HEM600	$p_{g1,1}$ 2.85 kN/m
n° travi	$n^\circ$ 28
Area travi	$A_{tr}$ 0.036 m <sup>2</sup>
Peso Travi Impalcato	$P_{g1,1}$ 79.8 kN/m
Sbalzi laterali	$g_{2,2\_4}$ 26.55 kN/m
Peso cls in opera - Impalcato	$P_{g1,2}$ 257.2 kN/m
<b>Peso totale <math>G_1</math></b>	<b><math>P_{g1,Tot}</math> 337.0 kN/m</b>

### 6.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_2$

#### 6.2.1 Massicciata, armamento e impermeabilizzazione $G_{2,1}$

La determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata, dell'armamento e dell'impermeabilizzazione si è effettuata assumendo convenzionalmente un peso specifico di  $18,0\text{kN/m}^3$  (linea in curva), applicato su tutta la larghezza media compresa fra i muretti paraballast, pari a 7.70m, per un'altezza media fra piano del ferro (P.F.) ed estradosso impalcato pari a 0,80 m.

Nella Tabella di seguito si riporta la sintesi del calcolo.

MASSICCIATA - ARMAMENTO $G_{2,1}$	
Peso specifico massicciata (ponti in curva par. 5.2.2.1.1-DM 17 gennaio 2018)	$\gamma$ 18.00 kN/m <sup>3</sup>
Larghezza media tra i muri paraballast	$b_3$ 7.70 m
Spessore ballast	$s_3$ 0.80 m
<b>Massicciata, armamento</b>	<b><math>P_{g2,1}</math> 110.88 kN/m</b>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 24 di 70

### 6.2.2 Altri carichi permanenti non strutturali $G_{2,2}$

Si riportano a seguire i carichi permanenti portati per l'intero impalcato.

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_{2,2}$		
Massetto sp=5cm	$g_{2,2,2}$	9.63 kN/m
Muretti paraballast h=70cm + cavidotti	$g_{2,2,3}$	12.66 kN/m
Barriera antirumore <sup>(1)</sup>	$g_{2,2,6}$	40.40 kN/m
<b>Carichi permanenti portati (per impalcato)</b>	<b><math>P_{g2,2,tot}</math></b>	<b>75.35 kN/m</b>
<b>Peso totale <math>G_2</math></b>	<b><math>P_{g1,Tot}</math></b>	<b>186.2 kN/m</b>

(1): Si fa riferimento cautelativamente al caso di doppia barriera, anche se non contemplato attualmente dal progetto, in previsione di eventuali future integrazioni degli interventi di mitigazione acustica

### 6.3 CARICHI ACCIDENTALI $Q_1$

Per i sovraccarichi mobili si considerano gli effetti prodotti dai modelli di carico rappresentativi del traffico normale (LM71) e pesante (SW/2). Tali effetti sono amplificati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$  e per il coefficiente dinamico  $\Phi_3$ ; per il solo modello di carico LM71 si considera inoltre un'eccentricità di carico rispetto l'asse del binario. Sono inoltre portate in conto le azioni di frenatura ed avviamento, di serpeggio e l'effetto della sopraelevazione delle rotaie.

Il coefficiente " $\alpha$ ", assunto come da Tabella seguente, è in accordo con il "Manuale di progettazione delle opere civili":

Modello di carico	Coefficiente $\alpha$
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1

Tabella 1 – Coefficiente di adattamento  $\alpha$  – Tab. 2.5.1.4.1-1 – Manuale di progettazione delle opere civili

#### 6.3.1 Effetti dinamici

Secondo quanto riportato al par. 2.5.1.4.2.5 del "Manuale di progettazione delle opere civili", che riprende integralmente i contenuti del par. 5.2.2.2.3 del DM 14.1.2008, il coefficiente di incremento dinamico dei modelli di carico teorici adottato è:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 25 di 70

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73$$

INCREMENTO DINAMICO DEI CARICHI TEORICI		
Lunghezza caratteristica	$L_\Phi$	11.60 m
Coefficiente di incremento dinamico (linee con normale standard manutentivo)	$\Phi_3$	1.40

### 6.3.2 Carichi verticali

Le azioni variabili verticali associate ai convogli ferroviari sono state definite in accordo con il par. 2.5.1.4.1. del “Manuale di progettazione delle opere civili” che riprende integralmente i contenuti dei par. 5.2.2.2.1.1 e 5.2.2.2.1.2 del DM 14.1.2008. I treni di carico adottati schematizzano gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale (treno di carico LM71) e pesante (treno di carico SW).

#### TRENO DI CARICO LM71

- Distribuzione longitudinale dei carichi assiali  $Q_{vk}$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1.1 \text{ (coefficiente di adattamento)}$$

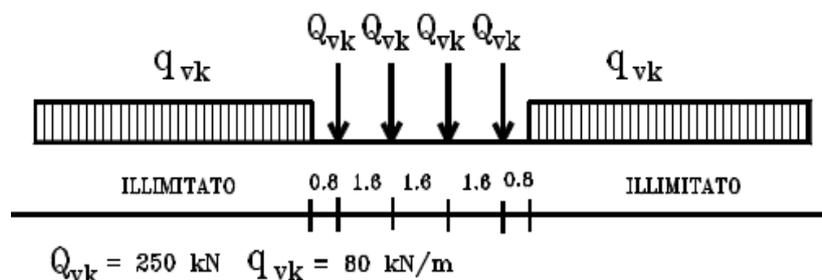


Figura 3: Treno di carico LM71

#### TRENO DI CARICO SW/2

- Distribuzione longitudinale dei carichi

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0 \text{ (coefficiente di adattamento)}$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 26 di 70

Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/2	150	25,0	7,0

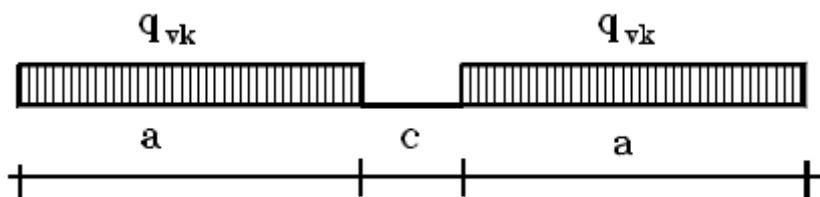


Figura 4: Treno di carico SW/2

In particolare si sono considerati i carichi equivalenti (taglianti e flettenti) previsti dalle norme ferroviarie in funzione della luce di impalcato netta. Tali carichi sono comprensivi del coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

<b>Treno LM 71</b>		
Carico equivalente flettente	$q_{1\_LM71}$	157.00 kN/m
Carico equivalente tagliante	$q_{2\_LM71}$	170.00 kN/m
<b>Treno SW2</b>		
Carico equivalente flettente	$q_{1\_SW2}$	153.00 kN/m
Carico equivalente tagliante	$q_{2\_SW2}$	153.00 kN/m

### Eccentricità dei carichi accidentali

L'applicazione dei carichi accidentali sugli elementi strutturali dell'impalcato dipende trasversalmente dalle eccentricità di questi rispetto all'asse dell'impalcato. Le eccentricità dei carichi sono legate a diversi fattori:

- eccentricità dovuta al tracciato: distanza asse tracciato-asse impalcato;
- eccentricità dovuta al sovralzo;
- eccentricità propria del modello di carico.

Nel caso in esame si è tenuto conto della sola eccentricità propria del modello di carico, in quanto risultano trascurabili le eccentricità dovute al tracciato e al sovralzo.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 27 di 70

Per il modello di carico LM71 è prevista un'eccentricità pari a  $e_3 = 143.5/18 = 7.97 \text{ cm} \approx 8.0 \text{ cm}$ , essendo 143.5 cm il valore dello scartamento, considerata nella direzione più sfavorevole, ossia verso l'asse del binario relativo al treno SW/2 per ottenere la condizione più critica ai fini delle verifiche sulle travi.

Per il modello di carico SW/2 non è prevista un'eccentricità propria.

### 6.3.3 Numero di treni contemporanei

Conformemente a quanto riportato nel par. 5.2.3.1.2\_Tab.5.2.III del DM 14.1.2008, si sono considerati due treni contemporanei sull'impalcato, sia per il traffico normale che per quello pesante.

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )
≥ 3	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )
	Altri	-	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-

<sup>(1)</sup> LM71 “+” SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Tabella 2 – Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte – Tab.5.2.III del DM 14.1.2008

### 6.4 TRENO SCARICO Q<sub>2</sub>

La condizione di “Treno Scarico” è stata simulata con un carico uniformemente distribuito, in accordo con quanto previsto al par. 5.2.2.2.1.3 del DM 14.1.2008.

Treno scarico Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub>	10.00	kN/m
------------------------------	----------------	-------	------

### 6.5 AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA Q<sub>3</sub>

L'azione di frenatura ed avviamento dei treni è definita secondo quanto riportato nel par. 2.5.1.4.3.3 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 28 di 70

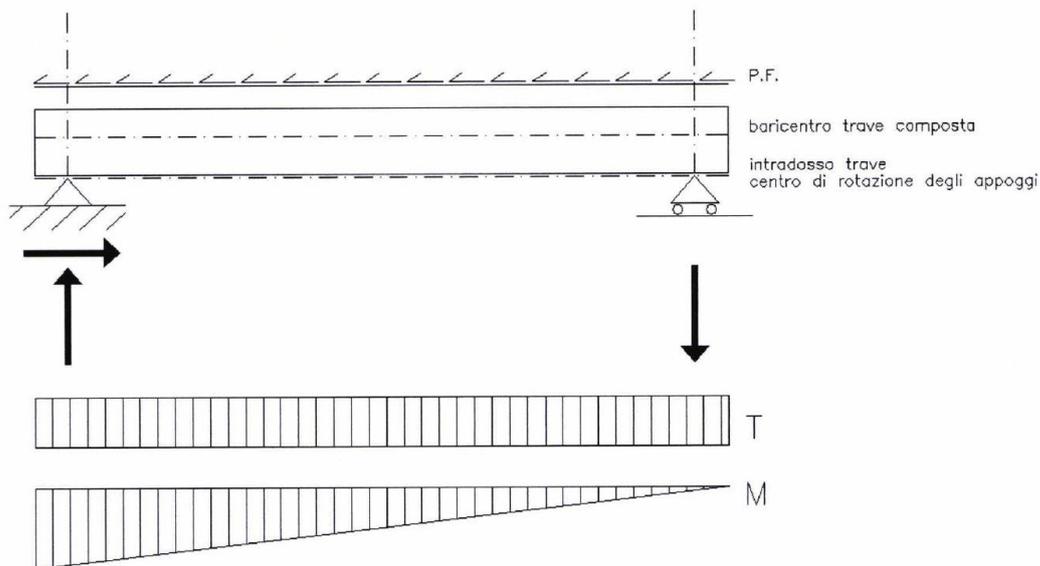


Figura 5: Sollecitazioni indotte da frenatura e avviamento dei treni

FRENATURA		
Lunghezza di binario	L	12.50 m
<b>Treno LM71</b>		
$q_{lb,k} = 20 \text{ kN/m} \times L \times \alpha$	$q_{lb,k}$	275.00 kN
<b>Treno SW/2</b>		
$q_{lb,k} = 35 \text{ kN/m} \times L \times \alpha$	$q_{lb,k}$	437.50 kN
AVVIAMENTO		
$q_{lb,k} = 33 \text{ kN/m} \times L \times \alpha$		
<b>Treno LM71</b>	$q_{lb,k}$	453.75 kN
<b>Treno SW/2</b>	$q_{lb,k}$	412.50 kN
Distanza piano del ferro-baricentro delle travi <i>Si considera agente a livello del piano ferro</i>		1.25 m

## 6.6 AZIONE CENTRIFUGA $Q_4$

Nei ponti ferroviari al di sopra dei quali il binario presenta un tracciato in curva deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione del tratto in curva. La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80m al di sopra del P.F..

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con le seguenti espressioni:

APPALTATORE:	<b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A 29 di 70
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato							

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{v^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{v^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

dove:

- $Q_{tk}$ - $q_{tk}$  è il valore caratteristico della forza centrifuga, espresso in kN/m;
- $Q_{vk}$ - $q_{vk}$  è il valore caratteristico dei carichi verticali ferroviari, espresso in kN/m;
- $V$  è la velocità di progetto, espressa in km/h;
- $f$  è un fattore di riduzione;
- $r$  è il raggio di curvatura, espresso in m.

L'azione centrifuga viene determinata per i modelli di carico LM71 e SW/2 associando alle grandezze precedentemente indicate quanto contenuto nella tabella 2.5.1.4.3.1-1 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

Per quanto riguarda il modello di carico SW/2 si è assunta una velocità  $V$  uguale a 100 km/h, un valore di  $f$  pari ad 1 ed il valore di  $\alpha$  pari a 1.

Per il modello di carico LM71, essendo la velocità di progetto superiore ai 120 km/h, sono stati considerati due casi:

- Modello di carico LM71 e forza centrifuga per  $V= 120$  km/h in accordo con le formule precedenti dove  $f = 1$ ;
- Modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata secondo le precedenti espressioni per la massima velocità di progetto ( $V=140$  km/h).

La forza centrifuga, in accordo con quanto prescritto nel "Manuale di progettazione delle opere civili", non è stata incrementata dai coefficienti dinamici.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 30 di 70

Valore di $\alpha$	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	$\alpha$	f		
SW/2	$\geq 100$	100	1	1	1 x 1 x SW/2	$\Phi$ x 1 x SW/2
	$< 100$	V	1	1	1 x 1 x SW/2	
LM71 e SW/0	$> 120$	V	1	f	1 x f x (LM71" + "SW/0)	$\Phi$ x 1 x 1 x (LM71" + "SW/0)
		120	$\alpha$	1	$\alpha$ x 1 x (LM71" + "SW/0)	$\Phi$ x $\alpha$ x 1 x (LM71" + "SW/0)
	$\leq 120$	V	$\alpha$	1	$\alpha$ x 1 x (LM71" + "SW/0)	

Tabella 3 – Parametri per determinazione della forza centrifuga – Tab. 2.5.1.3.1-1 – Manuale di progettazione delle opere civili

Nel caso in esame, l'opera si sviluppo in rettilineo, pertanto il contributo dell'azione centrifuga sull'impalcato in esame è nullo.

## 6.7 AZIONE LATERALE (SERPEGGIO) $Q_5$

L'azione laterale associata al serpeggio è definita secondo quanto riportato nel par. 2.5.1.4.3.2 del "Manuale di progettazione delle opere civili", che riprende il par. 5.2.2.3.2 del DM 14.1.2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario, del valore di 100 kN.

AZIONE LATERALE (Serpeggio)	
Forza caratteristica di serpeggio	$Q_{SK5}$ 100.00 kN
Coefficiente di adattamento LM71	$\alpha$ 1.10
Coefficiente di adattamento SW2	$\alpha$ 1.00
Distanza piano del ferro-baricentro delle travi <i>Si considera agente a livello del piano ferro</i>	1.25 m

## 6.8 AZIONE DEL VENTO $Q_6$

Il calcolo dell'azione del vento è stato condotto secondo quanto riportato al par. 3.3 del DM 14.1.2008; si riportano di seguito i principali parametri di calcolo:

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 31 di 70	

### DEFINIZIONE DEI DATI

zona:

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)



Classe di rugosità del terreno:

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

$a_c$  (altitudine sul livello del mare della costruzione):

200	[m]
50	[km]
75	[anni]
II	

Distanza dalla costa

$T_R$  (Tempo di ritorno):

Categoria di esposizione

	ZONE 1,2,3,4,5					
	costa	mare	2 km	10 km	30 km	500m
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

\* Categoria II in zona 1,2,3,4  
Categoria III in zona 5

\*\* Categoria III in zona 2,3,4,5  
Categoria IV in zona 1

	ZONA 6				
	costa	mare	2 km	10 km	30 km
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

	ZONE 7,8		
	mare	1,5 km	costa
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

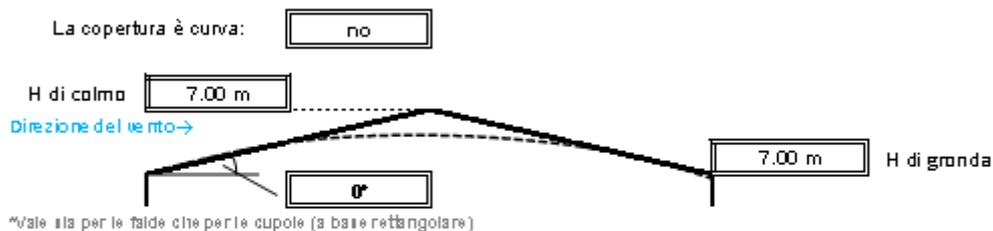
\* Categoria II in zona 8  
Categoria III in zona 7

	ZONA 9	
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 32 di 70

Altezza del colmo della copertura, rispetto al suolo e inclinazione della falda sopravvento

E' consigliabile calcolare la pressione del vento per ogni facciata del fabbricato modificando i parametri per ogni caso. Nel caso di studio su prospetto di timpano, la valutazione della pressione del vento si conduce come se la copertura fosse piana e la parete alta fino alla linea di colmo. Nel caso di coperture a padiglione, la valutazione delle pressioni si esegue su ogni facciata del fabbricato utilizzando di volta in volta l'angolo della falda investito dal vento. Nel caso di coperture curve, si deve inserire l'angolo della retta tangente al bordo della copertura, in sostanza l'angolo di attacco della copertura. (per cupole a tutto sesto l'angolo è di 90°, per cupole a sesto ribassato è minore di 90°). Nel caso di studio su prospetto piano l'analisi si conduce come su prospetto di timpano. Si osserva che oltre alle pressioni andrebbe considerata anche la forza tangenziale esercitata dal vento sul fabbricato. Generalmente essa si trascura, è necessaria modellarla solo per grandi coperture piane ad esempio: coperture di grandi capannoni industriali. Il foglio di calcolo è utilizzabile per fabbricati a base rettangolare.



**CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.**

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$	$C_a$
3	27	500	0.37	1.000

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

$c_a = 1$  per  $a_s \leq a_0$   
 $c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$  per  $a_0 < a_s \leq 1500$  m

**$v_b$  (velocità base di riferimento) 27.00 m/s**

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

C<sub>r</sub> coefficiente di ritorno 1.02  
 **$v_r$  (velocità di riferimento) 27.63 m/s**

**PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.**

$q_r$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])  
 $q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2$  ( $\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup>)  
 Pressione cinetica di riferimento  $q_r$  477.25 [N/m<sup>2</sup>]

La pressione cinetica di riferimento è pari a:

**$q_r = 477.25$  N/m<sup>2</sup>**

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A
OPERE D'ARTE VIABILITÀ						FOGLIO
Relazione di calcolo impalcato						33 di 70

Coefficiente di esposizione [§3.3.7]

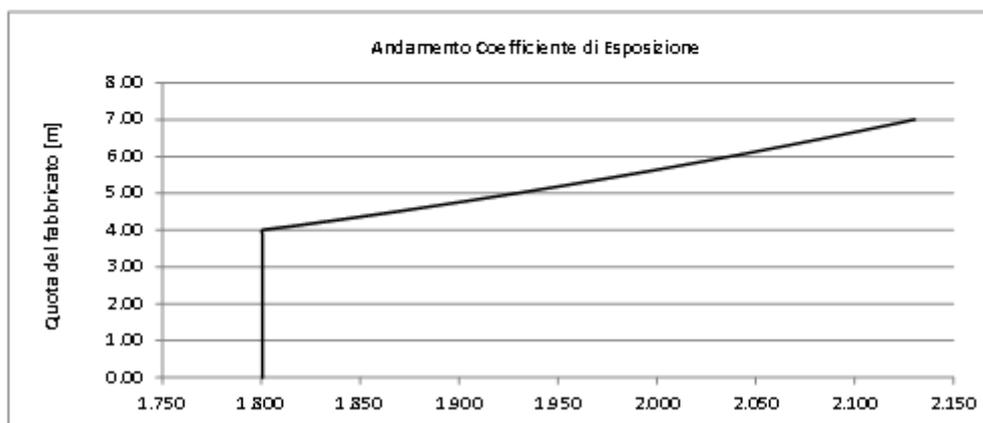
Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito (e quindi dalla classe di rugosità del terreno) ove sorge la costruzione; per altezze non maggiori di  $z=200\text{m}$  valgono le seguenti espressioni

$$c_e(z) = k_r \cdot z^{-0.19} \cdot c_{e,gronda} \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_{e,colmo} \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

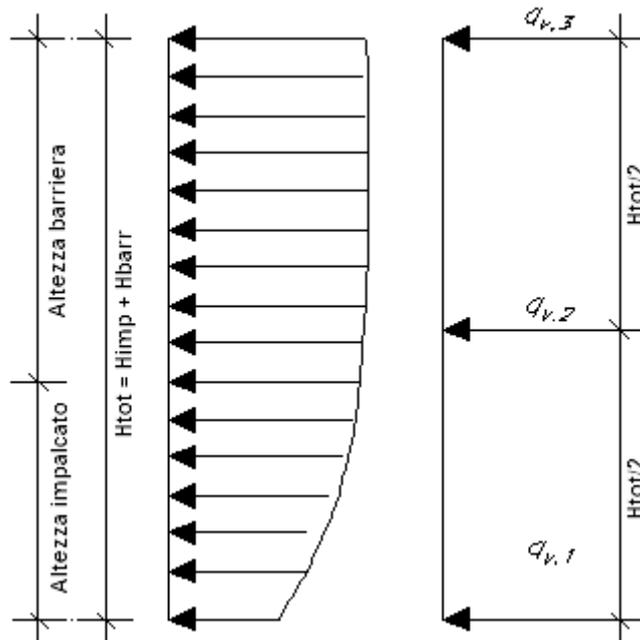
$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0.19	0.05	4.00

<b>Coefficiente di esposizione minimo</b>	$c_{e,min}$	<b>1.80</b>	$z < 4.00$
<b>Coefficiente di esposizione alla gronda</b>	$c_{e,gronda}$	<b>2.13</b>	$z = 7.00$
<b>Coefficiente di esposizione al colmo</b>	$c_{e,colmo}$	<b>2.13</b>	$z = 7.00$



Con riferimento all'andamento mostrato nella seguente Figura si valuta la pressione del vento alle tre diverse quote della superficie totale investita; in particolare si approssima l'andamento della curva logaritmica con una curva ad andamento bilineare avente un valore minimo, uno intermedio e uno massimo. Dai tre valori di pressione ottenuti, si ricava una pressione media considerata uniformemente distribuita sull'intera superficie investita:

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO						
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO						
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	34 di 70
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato								



Ai fini delle analisi delle sottostrutture e quindi degli scarichi sugli apparecchi di appoggio si fa riferimento al caso di doppia barriera in quanto più gravoso ed in previsione di eventuali future integrazione degli elementi di mitigazione acustica.

Mentre per quanto riguarda la verifica delle travi di impalcato In via cautelativa si assume una pressione del vento pari a  $p_v = 2.5 \text{ kN/m}^2$  applicata sulla superficie del treno e su quella del ponte:

VENTO	
<b>Pressione del vento</b>	$p$ 2.50 $\text{kN/m}^2$
Altezza treno	$H$ 4.00 m
Distanza tra PF ed intradosso trave	$d$ 1.55 m
Altezza totale di spinta	$H_{tot}$ 5.55 m
<b>Forza sul lato direttamente esposto all'azione del vento</b>	$F_{wk1}$ 13.88 $\text{kN/m}$
Distanza tra il centro di spinta e il baricentro delle travi	$y_g$ 3.40 m

## 6.9 EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI

Gli effetti aerodinamici associati al passaggio dei treni sono analoghi a quelli del vento (carichi equivalenti statici sulle barriere antirumore). L'intensità della pressione da considerare viene determinata secondo quanto indicato nel punto 2.5.1.4.6. del Manuale, che riporta integralmente il contenuto del

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 35 di 70

par.5.2.2.6 del DM 14.1.2008: i valori caratteristici dell'azione  $\pm q_{1k}$  relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti nella Figura 5.2.8 del DM 14.1.2008, riportata di seguito, in funzione della distanza  $a_g$  dall'asse del binario più vicino, valutata secondo quanto prescritto nel par.5.2.2.6.4.

$$a'_g = 0,60 \min a_g + 0,40 \max a_g$$

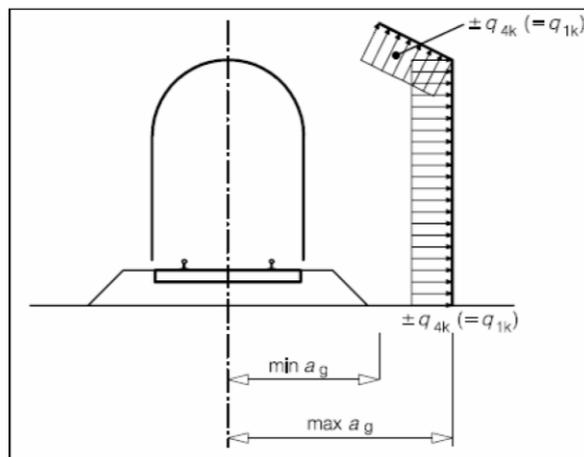


Figura 6: Definizione della distanza  $\max a_g$  e  $\min a_g$  dall'asse del binario

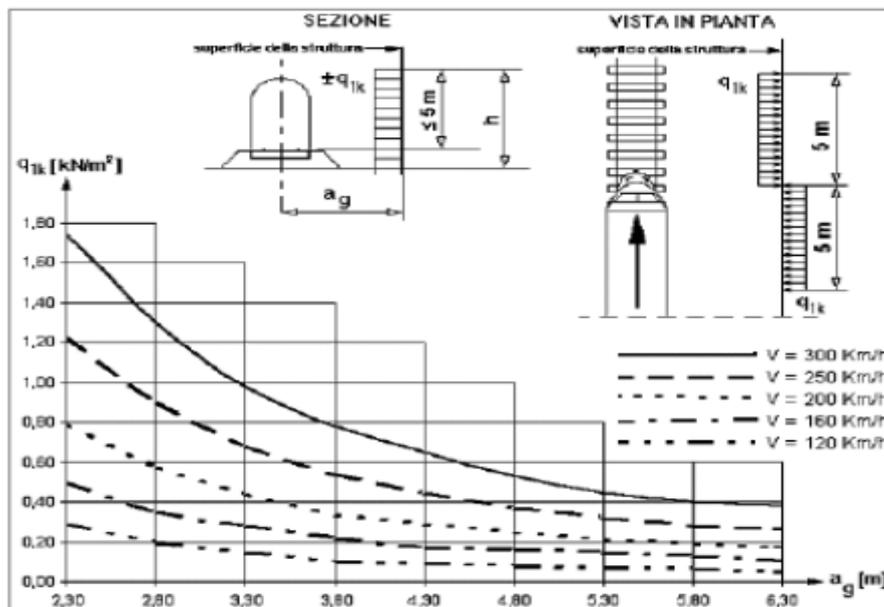


Figura 7: Valori caratteristici delle azioni  $q_{1k}$  per superfici verticali parallele al binario – da Fig. 5.2.8 -"Manuale di progettazione delle opere civili"

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 36 di 70

## 6.10 AZIONI PARASSITE DEI VINCOLI

Le resistenze parassite dei vincoli sono valutate sulla base del paragrafo 2.5.1.6.3 delle norme RFI con riferimento al caso di viadotti a trave semplicemente appoggiati, considerando un coefficiente di attrito paria 0.04.

## 6.11 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

Il carico sui marciapiedi è definito in accordo a quanto precisato al par. 2.5.1.4.1.6 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

$$q_{vk} = 10.0 \text{ kN/m}^2$$

Per questo tipo di carico, che non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari, non deve applicarsi l'incremento dinamico.

## 6.12 AZIONI SISMICHE $Q_7$

L'azione sismica non risulta dimensionante per l'impalcato, tuttavia se ne fornisce di seguito l'analisi, propedeutica per la valutazione delle azioni trasmesse alle sottostrutture.

### 6.12.1 Parametri sismici di calcolo

Si assumono i parametri sismici più cautelativi corrispondenti al tratto S2:

$$\text{Latitudine} = 41.5539$$

$$\text{Longitudine} = 14.1956$$

$$a_g = 0.322 \text{ g}$$

$$F_0 = 2.346;$$

$$T^*c = 0.401 \text{ s};$$

$$S_s = 1.247$$

$$a_{\max}(g) = 0.401$$

### 6.12.1 Spettri di risposta elastici

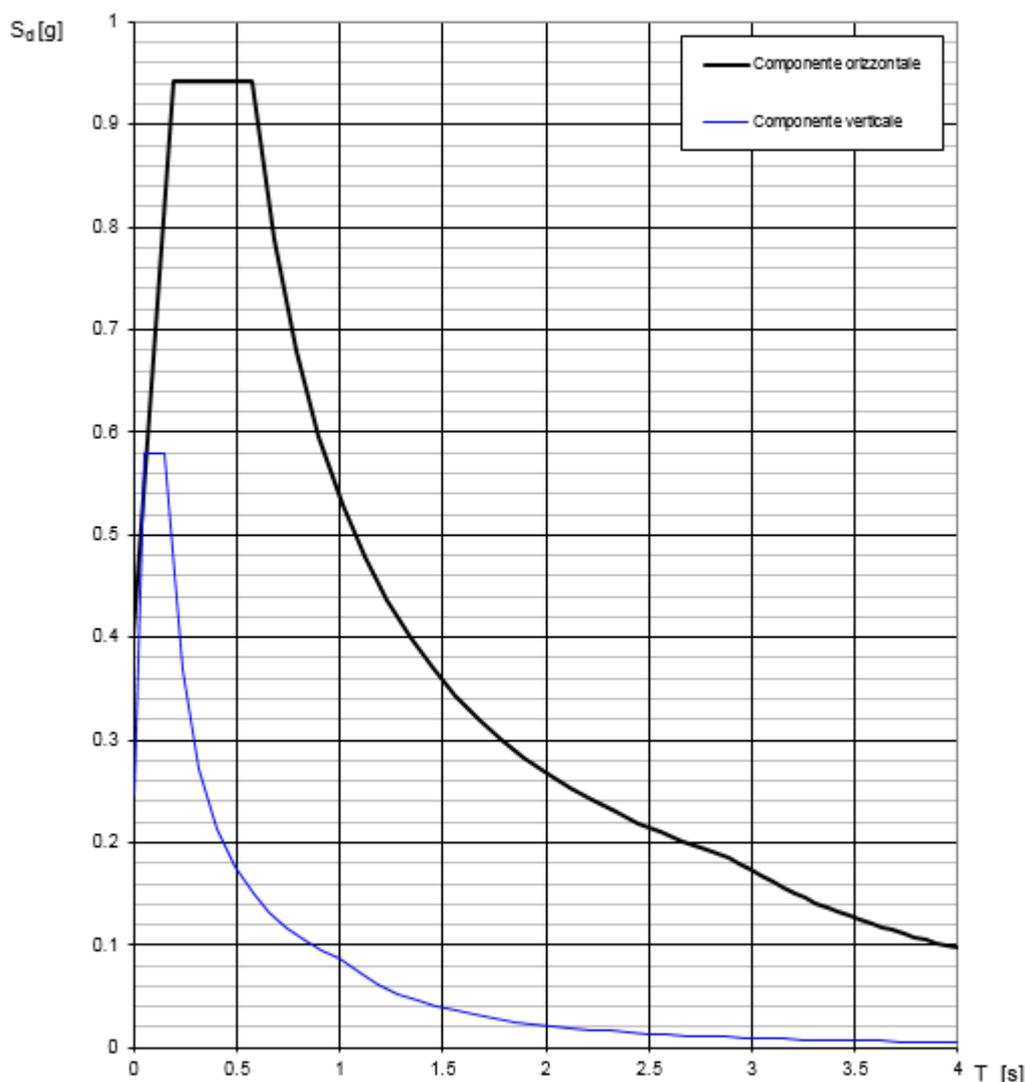
In accordo con le prescrizioni normative, è stato considerato lo spettro di risposta elastico ai fini della valutazione delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

**Stato limite di salvaguardia della vita**

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.09.0.8.001</td> <td>A</td> <td>37 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	37 di 70
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	37 di 70								

Di seguito si forniscono lo spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita e la tabella dei parametri rispettivi.

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



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 38 di 70

### 6.13 DERAGLIAMENTO Q<sub>9</sub>

Oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si è tenuto conto, secondo quanto indicato al par. 5.2.2.9.2 del DM 14.1.2008, della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due seguenti situazioni di progetto:

- Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d}=60$  kN/m (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno, posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6,40 m, ad una distanza trasversale pari allo scartamento  $S$  del binario. Il carico più eccentrico tra i due deve essere posto ad una distanza massima di  $1,5 S$  dall'asse dei binari.

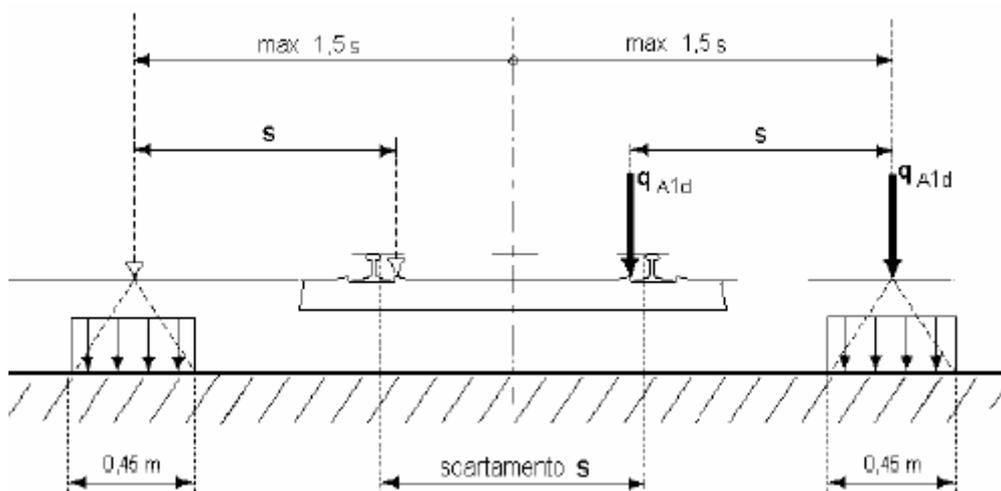


Figura 8: Deragliamento al di sopra del ponte – CASO 1

- Caso 2

Si considera un unico carico lineare  $q_{A2d}=80 \times 1,4$  kN/m esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato estemo, di  $1,5 S$  rispetto all'asse del binario. Per questa condizione convenzionale di carico deve essere verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta ecc..

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 39 di 70

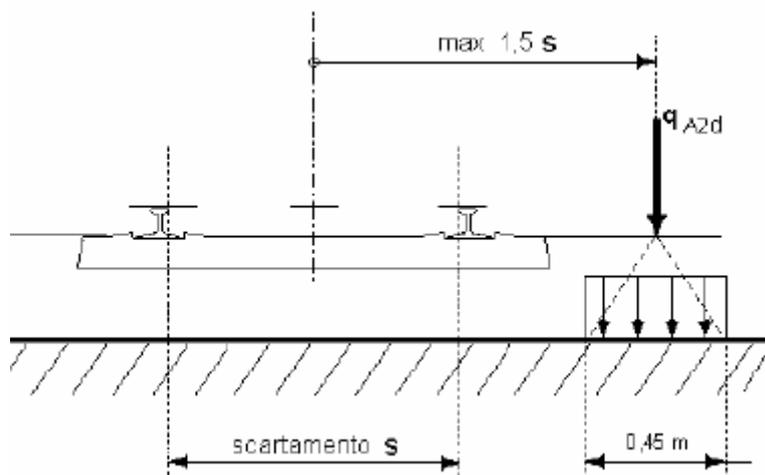


Figura 9: Deragliamento al di sopra del ponte – CASO 2

Nel caso in esame la forza di deragliamento non è stata considerata ai fini del dimensionamento strutturale, in quanto, considerando la geometria prevista, tale azione non può pregiudicare la stabilità globale dell'opera; inoltre, confrontando le sollecitazioni sulle singole travi con quelle indotte dal traffico, emerge che le azioni eccezionali di deragliamento non sono dimensionanti, pertanto la combinazione eccezionale non viene esaminata.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 40 di 70

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo con quanto riportato al par. 2.5.3 del DM 14.1.2008:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$  e quelli dei coefficienti di combinazione  $\Psi_{ij}$  sono stati desunti dal par. 5.2.3.2.1 del DM 14.1.2008, relativo al capitolo sui 'Ponti ferroviari'. Di seguito si riportano le Tabelle di riferimento.

Per quanto riguarda il coefficiente di combinazione  $\Psi_{2j}$  relativo ai carichi dovuti al transito dei treni, questo si assume pari a 0,2 nelle combinazioni sismiche, conformemente a quanto prescritto nel par. 5.2.2.8 del DM 14.1.2008.

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	41 di 70
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato							

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Figura 10: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del DM 17.1.2018

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 11: Valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VI del DM 17.1.2018

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	42 di 70	

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 12: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del DM 14.1.2008

Conformemente con quanto prescritto al par.5.2.3.1.3 del DM 14.1.2008, gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella Tabella 5.2.IV del DM 14.1.2008, riportata di seguito.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Figura 13: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del DM 14.1.2008

I valori fra parentesi indicati nella Tab. 5.2.IV vanno assunti quando l'azione risulta favorevole nei riguardi della verifica che si sta svolgendo.

Sulla base dei criteri esposti sopra, si riportano nei prospetti di seguito i coefficienti dedotti per le combinazioni di carico più gravose tra quelle adottate nell'analisi strutturale, per i diversi stati limite, per la determinazione scarichi sugli apparecchi di appoggio.

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	Mandante:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>SYSTRA S.A.</b>	<b>SWS Engineering S.p.A.</b>		<b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>											
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato		<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.09.0.8.001</td> <td>A</td> <td>43 di 70</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	43 di 70
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO									
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	43 di 70									

Combinazione	Gruppo	Traffico	G1	G2	Q3,a B1-SW2	Q3,a B1-LM71	Q3,a B2-LM71	Q3,f B1-SW2	Q3,f B1-LM71	Q3,f B2-LM71	Q4 B1-SW2	Q4 B1-LM71	Q4 B2-LM71	Q5 B1-SW2	Q5 B1-LM71	Q5 B2-LM71	Q6	LM71_B1	LM71_B2	SW2_B1
SLU-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1.35	1.5	0	0.725	0	0	0	0.725	0	1.45	1.45	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45	0
SLU-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1.35	1.5	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0.725	0.725	0	0.725	0.725	0.9	1.45	1.45	0
SLU-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1.35	1.5	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45
SLU-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1.35	1.5	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45
SLU-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1.35	1.5	0	0	0	0.725	0	0	1.45	0	0	1.45	0	0	0.9	0	0	1.45
SLU-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1.35	1.5	0	0	0	1.45	0	0	0.725	0	0	0.725	0	0	0.9	0	0	1.45
SLU-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1.35	1.5	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45
SLU-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1.35	1.5	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	Gr.1	(N)	1	1	0	0.725	0	0	0	0.725	0	1.45	1.45	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45	0
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	Gr.3	(N)	1	1	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0.725	0.725	0	0.725	0.725	0.9	1.45	1.45	0
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	Gr.3	(P)	1	1	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.725	0	0	1.45	0	0	1.45	0	0	0.9	0	0	1.45
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	1.45	0	0	0.725	0	0	0.725	0	0	0.9	0	0	1.45
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45
SLV-EL+0.3ET	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLV-0.3EL+ET	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE-C-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1	1	0	0.5	0	0	0	0.5	0	1	1	0	1	1	0.6	1	1	0
SLE-C-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.6	1	1	0
SLE-C-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0	1	1	0	1	0.6	0	1	1
SLE-C-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.6	0	1	1
SLE-C-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.5	0	0	1	0	0	1	0	0	0.6	0	0	1
SLE-C-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.6	0	0	1
SLE-C-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0	1	1	0	1	0.6	0	1	1
SLE-C-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.6	0	1	1
SLE-F-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1	1	0	0.4	0	0	0	0.4	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0
SLE-F-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1	1	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0	0.8	0.8	0
SLE-F-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.4	0.4	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0.8
SLE-F-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1	1	0	0	0.8	0.8	0	0	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0	0	0.8	0.8
SLE-F-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.4	0	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0.8
SLE-F-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0.4	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0.8
SLE-F-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.4	0.4	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0.8
SLE-F-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	0.8	0.8	0	0	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0	0	0.8	0.8
SLE-QP	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 4: Combinazioni di carico

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandante:						
<b>SYSTRA S.A.</b>	<b>SWS Engineering S.p.A.</b>	<b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	44 di 70

I casi di carico che figurano nelle combinazioni sopra riportate, fanno riferimento alle seguenti azioni.

CASI DI CARICO		
Sigla	Tipologia	Descrizione
-	-	-
G1	Carichi permanenti strutturali	Peso proprio travi+soletta
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	Ballast e armamento-velette-paraballast-canalette e impianti-barriere antirumore
Q3,a B1-SW2	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno SW/2 su binario 1
Q3,a B1-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 1
Q3,a B2-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 2
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno SW/2 su binario 1
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 1
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 2
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno SW/2 su binario 1
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 1
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 2
Q5 B1-SW2	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno SW/2 su binario 1
Q5 B1-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 1
Q5 B2-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 2
Q6	Vento	Azione del vento
LM71_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 1
LM71_B2	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 2
SW2_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno SW/2 su binario 1

Tabella 5 – Casi di carico

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.09.0.8.001</td> <td>A</td> <td>45 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	45 di 70
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	45 di 70								

Per quanto riguarda le condizioni di traffico indicate nel prospetto dei coefficienti di combinazioni adottati, queste fanno riferimento rispettivamente a:

- **(N):** Condizioni di traffico normale (modello di carico LM71 su binario 1 e 2) su entrambe le campate afferenti;
- **(P):** Condizioni di traffico pesante (modello di carico SW/2 su binario 1 e LM71 su binario 2) su entrambe le campate afferenti;
- **1SW/2:** Condizioni di traffico pesante con un solo binario carico (SW/2 su binario 1) su entrambe le campate afferenti;
- **Max ML:** Condizioni di traffico pesante (SW/2 su binario 1, LM71 su binario 2) solo sulla campata lato appoggi fissi.

Per quanto riguarda i gruppi di carico analizzati, come visibile nel prospetto dei coefficienti di combinazioni adottati, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1 e 3 (Gr.1-3), che danno luogo a sollecitazioni maggiori per le strutture in elevazione e in fondazione.

Inoltre, in accordo con la Tabella 5.2.V del DM 14.1.2008, le combinazioni allo SLU sono state duplicate considerando sia il possibile effetto sfavorevole che quello favorevole dei carichi permanenti strutturali e non. Nel secondo caso si sono quindi assunti valori unitari per i coefficienti  $\gamma_{Gk}$ .

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	46 di 70
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato							

Per la determinazione delle sollecitazioni di calcolo delle travi dell'impalcato sono state considerate, in relazione al modello di calcolo a fascia utilizzato, le seguenti condizioni di carico:

Condizione	
Permanenti strutturali	G <sub>1</sub>
Permanenti non strutturali	G <sub>2</sub>
Accidentali dinamizzati	Q <sub>1,1a</sub>
Centrifuga	Q <sub>c</sub>
Frenatura/avviamento	Q <sub>a</sub> /Q <sub>f</sub>
Azione laterale	Q <sub>L</sub>
Eccentricità di carico	Q <sub>e</sub>
Effetto sopraelevazione	Q <sub>s</sub>
Vento	Q <sub>w</sub>

Combinazioni			G1	G2	Q1,1a	Qa	Qf	Qc	QL	Qw	QS1	Qe
<b>SLE</b>	<b>1</b>	1 treno LM71	1.00	1.00	1.00	0.50	0	1.00	1.00	0.60	1.00	1.00
<b>SLE</b>	<b>2</b>	1 treno LM71	1.00	1.00	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.60	1.00	1.00
<b>SLU</b>	<b>3</b>	1 treno SW2	1.35	1.5	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45
<b>SLU</b>	<b>5</b>	1 treno SW2	1.35	1.5	1.45	0	0.725	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	<b>COMMESSA</b> IF2R	<b>LOTTO</b> 2.2.E.ZZ	<b>CODIFICA</b> CL	<b>DOCUMENTO</b> VI.09.0.8.001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 47 di 70

## 8 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - “Norme tecniche per le costruzioni”- DM 14.1.2008 -, tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nel “Manuale di progettazione delle opere civili”.

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio, riguardanti gli stati tensionale, di fessurazione e di deformazione, ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei precedenti paragrafi.

Come anticipato nei capitoli precedenti, per le verifiche di resistenza, in accordo con quanto prescritto nel par. 2.9.2 del “Manuale di progettazione delle opere civili”, il calcestruzzo è stato considerato non collaborante e pertanto la resistenza è stata affidata alle sole travi di acciaio.

I pesi propri e i sovraccarichi permanenti sono stati affidati a tutte le travi di acciaio presenti; le azioni variabili sono state assegnate alle travi che ricadono all’interno della fascia resistente di ripartizione del carico, pari a 4.00m per luce di calcolo L superiore ai 6.00m, conformemente con quanto prescritto nel par. 2.9.2.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

Per quanto riguarda le verifiche di deformabilità, il calcestruzzo è stato considerato interamente collaborante ai fini della determinazione dell’inerzia flessionale dell’impalcato, con coefficiente di omogeneizzazione pari a  $n=6$  e della ripartizione trasversale dei sovraccarichi mobili, in accordo con quanto prescritto nel par. 2.9.2 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali in c.a.(soletta).

Per quanto riguarda la verifica degli elementi in acciaio (travi di impalcato), si faccia riferimento ai criteri esposti nei par. 4.2.4.1 del DM 14.1.2008, per le verifiche agli stati limite ultimi (resistenza e stabilità delle membrature) e nel par. 4.2.4.2 per le verifiche agli stati limite di esercizio (spostamenti – stato limite di vibrazioni).

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 48 di 70

## 8.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

### 8.1.1 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008.

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con il DM 14.1.2008:

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Figura 14: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008

Nella Tabella sopra riportata,  $w_1=0.2\text{mm}$ ,  $w_2=0.3\text{mm}$ ;  $w_3=0.4\text{mm}$ .

Per le strutture di fondazione:

- Classe di esposizione e condizioni ambientali:  
Lato terra e lato scavo: XC2 → condizioni ambientali ordinarie
- Stati limite di fessurazione:  
Lato scavo e lato terra (cond. amb. Ordinarie + MdP RFI 2.6.2)
  - Combinazione di carico frequente:  $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$
  - Combinazione di carico quasi permanente:  $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Per le strutture di elevazione:

- Classe di esposizione e condizioni ambientali:  
XC4 → condizioni ambientali aggressive
- Stati limite di fessurazione: (cond. amb. aggressive+ MdP RFI 2.6.2)
  - Combinazione di carico frequente:  $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$
  - Combinazione di carico quasi permanente:  $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	49 di 70

### 8.1.2 Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti, di seguito riportati.

Le prescrizioni riportate di seguito fanno riferimento al par. 4.1.2.2.5.1 del DM 14.1.2008.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

- $\sigma_c < 0,55 f_{ck}$  per combinazione caratteristica (rara)
- $\sigma_c < 0,40 f_{ck}$  per combinazione quasi permanente.

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima  $\sigma_s$  per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

- $\sigma_s < 0,75 f_{yk}$

dove  $f_{yk}$  per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

### 8.1.3 Verifica di deformabilità e vibrazioni

Conformemente con quanto prescritto al par. 2.5.1.8.3.2.2 del "Manuale di progettazione delle opere civili", la valutazione dei parametri di deformazione degli impalcato, da eseguire utilizzando la combinazione caratteristica (rara) degli SLE, è richiesta per i motivi e con modalità riportati nei seguenti punti A e B:

A. Per questioni di sicurezza del traffico ferroviario (per garantire la stabilità e la continuità del binario ed assicurare il mantenimento del contatto ruota-rotaia), occorre verificare che non siano superati i limiti sulle seguenti grandezze:

- Accelerazione verticale dell'impalcato;
- Torsione dell'impalcato (sghembo del binario);
- Inflessione dell'impalcato nel piano orizzontale;

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 50 di 70

- Inflessione dell'impalcato nel piano verticale.

B. Per il comfort del passeggero, si dovrà verificare che non siano superati i limiti di freccia verticale dell'impalcato.

### Stati limite di servizio per la sicurezza del traffico ferroviario

#### Accelerazioni verticali dell'impalcato

Tale verifica non è richiesta per l'opera in oggetto, in quanto le velocità di esercizio non superano i 200km/h.

#### Deformazioni torsionali dell'impalcato

La torsione dell'impalcato del ponte è calcolata considerando il treno di carico LM71, SW/0 o SW/2 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ .

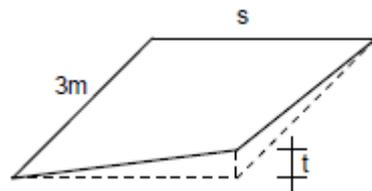


Figura 15: Sghembo ammissibile

Il massimo sghembo misurato su una lunghezza di 3 m e considerando le rotaie solidali all'impalcato, vedi figura precedente, non deve eccedere i seguenti valori per l'opera in oggetto:

Per  $120 < V \leq 200$  km/h;  $t \leq 3.00$  mm / 3m

#### Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato

Considerando la presenza del treno di carico LM71 e SW/0 (con i concetti di contemporaneità descritti in precedenza), incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ , l'azione del vento, la forza centrifuga e la forza laterale (serpeggio), l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

- Una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tabella;

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 51 di 70

- Un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

Velocità [km/h]	Variazione Angolare massima	Raggio minimo di curvatura	
		Singola campata	Più campate
$V \leq 120$	0,0035 rd	1700 m	3500 m
$120 < V \leq 200$	0,0020 rd	6000 m	9500 m
$200 < V$	0,0015 rd	14000 m	17500 m

Figura 16: Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura - Tab. 5.2.VIII del DM 14.1.2008

Il raggio di curvatura, nel caso caso in esame, è dato dalla seguente espressione:

$$R = \frac{L^2}{8\delta_h}$$

Dove  $\delta_h$  rappresenta la freccia orizzontale.

#### Inflessione nel piano verticale dell'impalcato

È stato verificato che, considerando la presenza dei treni di carico LM71 e SW/2, incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ , il massimo valore di inflessione per effetto di tali carichi ferroviari non ecceda il valore **L/600**.

#### **Stati limite per il comfort dei passeggeri**

La freccia è stata calcolata in asse al binario, considerando un solo binario carico da un singolo modello LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ .

Nella successiva Figura sono riportati i valori del limite di deformabilità, validi per viadotti con impalcati semplicemente appoggiati aventi tre o più campate, corrispondenti all'accelerazione ammissibile verticale pari a  $b_v=1$  m/s in carrozza.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.09.0.8.001</td> <td>A</td> <td>52 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	52 di 70
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	52 di 70								

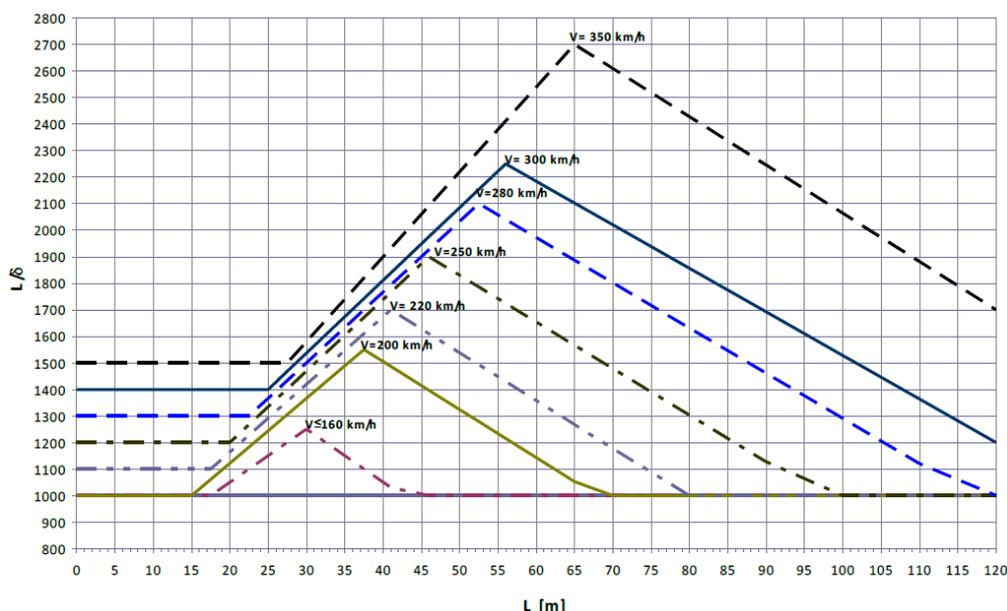


Figura 17: Valori del limite di deformabilità  $L/\bar{d}$  per il comfort dei passeggeri – da Fig.5.2.1.8.3.2.2-2 del “Manuale di progettazione delle opere civili”

Nel caso in esame si ottiene il limite inferiore:

$$L/d > 1000$$

## 8.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### 8.2.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolo-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ( $\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$ );

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 53 di 70

- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico–perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ( $\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$ )

### 8.2.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 54 di 70

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione;
- $s_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;
- $A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale;
- S è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- $\theta$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- $f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd}=0.5f_{cd}$ );
- $\alpha$  è un coefficiente maggiorativo pari ad 1 per membrature non compresse.

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	55 di 70
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato							

## 9 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

### 9.1 SOLLECITAZIONI SULLA FASCIA BRS

Nei seguenti paragrafi si valutano le azioni flettenti, taglianti e torcenti agenti sulla fascia resistente di larghezza pari a 4.0 m.

Le azioni verticali prodotte da permanenti e accidentali e quelle prodotte dalla frenatura/avviamento sono ugualmente ripartite sulle diverse travi contenute all'interno della fascia resistente di 4,0 m. Le azioni orizzontali, invece, riportate al baricentro delle travi, producono delle coppie torcenti lungo l'asse dell'impalcato che hanno come effetto quello di caricare maggiormente le travi più esterne della fascia considerata. Analogo effetto hanno l'eccentricità di carico del treno LM71 e l'effetto della sopraelevazione

#### Calcolo delle sollecitazioni su una fascia di 4,00m

Luce trave (assi appoggi)	L	11.60 m
<b>Momento flettente in mezzeria</b>		
Permanenti strutturali	M <sub>G1</sub>	1843 kNm
Permanenti non strutturali	M <sub>G2</sub>	659 kNm
Accidentali: Treno LM71	M <sub>LM71</sub>	3707 kNm
Accidentali: Treno SW2	M <sub>SW2</sub>	3613 kNm
Avviamento: Treno LM71	T <sub>LM71_AF</sub>	142 kNm
Frenatura: Treno SW2	T <sub>SW2_AF</sub>	137 kNm
<b>Taglio all' appoggio</b>		
Permanenti strutturali	T <sub>G1</sub>	636 kN
Permanenti non strutturali	T <sub>G2</sub>	227 kN
Accidentali: Treno LM71	T <sub>LM71</sub>	1384 kN
Accidentali: Treno SW2	T <sub>SW2</sub>	1246 kN
Avviamento: Treno LM71	T <sub>LM71_AF</sub>	61 kN
Frenatura: Treno SW2	T <sub>SW2_AF</sub>	58 kN

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	56 di 70

### Coppie torcenti a metro lineare di impalcato

*Eccentricità Treno LM71*

Effetti flettenti	$m_{t_{ec\_LM71}}$	12.56 kNm
Effetti taglianti	$m_{t_{ec\_LM71}}$	13.60 kNm

*(Si assume pari ad 8cm, come da normativa)*

*Effetto della sopraelevazione*

Sopraelevazione	s	0.1 m
<i>eccentricità <math>e=180*s/143,5</math></i>	e	0.125 m

*Treno LM71*

Effetti flettenti	$m_{t_{s\_LM71}}$	19.69 kNm
Effetti taglianti	$m_{t_{s\_LM71}}$	21.32 kNm

*Treno SW2*

Effetti flettenti	$m_{t_{s\_SW2}}$	19.19 kNm
Effetti taglianti	$m_{t_{s\_SW2}}$	19.19 kNm

*Vento*

Vento	$m_{t_v}$	47.18 kN/m
-------	-----------	------------

*Serpeggio*

LM71	$m_{t_{serp}}$	137.50 kN/m
SW2	$m_{t_{serp}}$	125.00 kN/m

## 9.2 TRAVE DI BORDO FASCIA

Di seguito si riportano le azioni flettenti, taglianti e torcenti agenti sulla trave di bordo della fascia resistente. In particolare gli effetti delle coppie torcenti “ $m_t$ ” si traducono un incremento di carico verticale  $\Delta q$  sulla trave di bordo. Le sollecitazioni flettenti e taglianti sono invece equamente suddivise tra le travi appratenti alla fascia.

L'incremento di carico verticale prodotto sulla trave di bordo dalle coppie torcenti si valuta, in prima approssimazione, considerando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione  $b*h$  pari a 100 cm\*400 cm ed il cui momento d'inerzia  $J'$  vale  $1*4^3/12=5,33 m^4$ :

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	57 di 70

$$\Delta_p = (m_t / J') * d * i = 0,149 * m$$

essendo  $i=0.42$  m e  $d=1.89$  m (dove  $i$  è l'interasse fra le travi e  $d$  è la distanza fra distanza asse trave di bordo fascia-asse fascia).

Interasse travi	$i$	0.42 m
Distanza fra l'asse della trave di bordo e l'asse dell'impalcato	$d$	1.89 m
Momento d'inerzia	$I$	5.33 m <sup>4</sup>
Coefficiente di ripartizione	$\Delta_p$	0.149 m <sup>4</sup>

#### Calcolo delle sollecitazioni sulla trave di bordo

Luce trave (assi appoggi)	$L$	11.60 m
Numero di travi comprese nella fascia di 4,00 m	$N^\circ$	9

#### Momento flettente in mezzeria

Permanenti strutturali	$M_{G1}$	204.8 kNm
Permanenti non strutturali	$M_{G2}$	73.2 kNm
Accidentali: Treno LM71	$M_{LM71}$	411.9 kNm
Accidentali: Treno SW2	$M_{SW2}$	401.4 kNm
Avviamento: Treno LM71	$T_{LM71\_AF}$	15.8 kNm
Frenatura: Treno SW2	$T_{SW2\_AF}$	15.2 kNm

#### Coppie torcenti a metro lineare di impalcato

<i>Eccentricità Treno LM71</i>	$m_{t_{ec\_LM71}}$	31.4 kNm
--------------------------------	--------------------	----------

#### *Effetto della sopraelevazione*

<i>Treno LM71</i>	$m_{t_{s\_LM71}}$	49.3 kNm
<i>Treno SW2</i>	$m_{t_{s\_SW2}}$	48.0 kNm

#### *Vento*

Vento	$m_{t_v}$	118.1 kN/m
-------	-----------	------------

#### *Serpeggio*

LM71	$m_{t_{serp}}$	59.3 kN/m
SW2	$m_{t_{serp}}$	54.0 kN/m

Interasse travi	$i$	0.42 m
-----------------	-----	--------

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>			
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 58 di 70

Distanza fra l'asse della trave di bordo e l'asse dell'impalcato	d	1.89	m
Momento d'inerzia	I	5.33	m <sup>4</sup>
	Δp	0.149	m <sup>4</sup>

#### Calcolo delle sollecitazioni sulla trave di bordo

Luce trave (assi appoggi)	L	11.60	m
Numero di travi comprese nella fascia di 4,00 m	N°	9	

#### Taglio all' appoggio

Permanenti strutturali	T <sub>G1</sub>	70.6	kNm
Permanenti non strutturali	T <sub>G2</sub>	25.3	kNm
Accidentali: Treno LM71	T <sub>LM71</sub>	153.8	kNm
Accidentali: Treno SW2	T <sub>SW2</sub>	138.4	kNm
Avviamento: Treno LM71	T <sub>LM71_AF</sub>	6.7	kNm
Frenatura: Treno SW2	T <sub>SW2_AF</sub>	6.5	kNm

#### Coppie torcenti a metro lineare di impalcato

Centrifuga Treno LM71	m <sub>t C_LM71</sub>	#DIV/0!	kNm
Centrifuga Treno SW2	m <sub>t C_SW2</sub>	#DIV/0!	kNm

Eccentricità Treno LM71	m <sub>t ec_LM71</sub>	11.7	kNm
-------------------------	------------------------	------	-----

#### Effetto della sopraelevazione

Treno LM71	m <sub>t s_LM71</sub>	18.4	kNm
Treno SW2	m <sub>t s_SW2</sub>	16.6	kNm

#### Vento

Vento	m <sub>t v</sub>	40.7	kN/m
-------	------------------	------	------

#### Serpeggio

LM71	m <sub>t serp</sub>	20.5	kN/m
SW2	m <sub>t serp</sub>	18.6	kN/m

APPALTATORE:	<b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	59 di 70

### 9.2.1 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE DI BORDO FASCIA

Le sollecitazioni di pressoflessione e taglio agenti nella trave maggiormente sollecitata sono riportate nelle sottostanti tabelle suddivise per condizioni elementari di carico e relative ai modelli di carico ferroviario LM/71 e SW/2.

### 9.2.2 MODELLO DI CARICO: TRENO LM71

Modello di carico: Treno LM71				
Azione		Momento flettente in mezzeria	Taglio agli appoggi	Sforzo normale
Permanenti strutturali	G <sub>1</sub>	205	71	
Permanenti non strutturali	G <sub>2</sub>	73	25	
Accidentali dinamizzati	Q <sub>1,1a</sub>	412	154	
Centrifuga	Q <sub>c</sub>	0	0	
Frenatura/avviamento	Q <sub>a</sub> /Q <sub>f</sub>	16	7	50
Azione laterale	Q <sub>L</sub>	59	20	
Eccentricità di carico	Q <sub>e</sub>	31	12	
Effetto sopraelevazione	Q <sub>s</sub>	-49	-18	
Vento	Q <sub>w</sub>	118	41	

### 9.2.3 MODELLO DI CARICO: TRENO SW/2

Modello di carico: Treno SW2				
Azione		Momento flettente in mezzeria	Taglio agli appoggi	Sforzo normale
Permanenti	G <sub>1</sub>	205	71	
Permanenti non strutturali	G <sub>2</sub>	73	25	
Accidentali dinamizzati	Q <sub>1,1a</sub>	401	138	
Centrifuga	Q <sub>c</sub>	0	0	
Frenatura/avviamento	Q <sub>a</sub> /Q <sub>f</sub>	15	6	46
Azione laterale	Q <sub>L</sub>	59	19	
Eccentricità di carico	Q <sub>e</sub>			
Effetto sopraelevazione	Q <sub>s</sub>	-48	17	
Vento	Q <sub>w</sub>	118	41	

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	60 di 70

## 10 VERIFICHE DI RESISTENZA

Le verifiche di resistenza allo SLU vengono eseguite per la trave di bordo in funzione delle sollecitazioni massime tra i modelli di carico considerati.

Il calcestruzzo è considerato non collaborante e pertanto la resistenza è affidata alle sole n travi in acciaio comprese all'interno della zona di ripartizione del carico pari a 4.0m.

### Sollecitazioni risultanti

#### Treno LM71

Momento Totale SLU	$M_{SLU}$	=	1161	kNm
Taglio Totale SLU	$T_{SLU}$	=	418	kN
Sforzo assiale SLU	$N_{SLU}$	=	37	kN

#### Treno SW2

Momento Totale SLU	$M_{SLU}$	=	1102	kNm
Taglio Totale SLU	$T$	=	426	kN
Sforzo assiale	$N$	=	33	kN

### Verifiche

$\sigma$	=	153 MPa	<	338.10 MPa	Verificato
$\tau$	=	35 MPa	<	195.20 MPa	Verificato
$\sigma_{id}$	=	164 MPa	<	338.10 MPa	Verificato

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 61 di 70

## 11 VERIFICHE DI DEFORMABILITA'

Le verifiche di deformabilità sono condotte agli stati limite di servizio considerando la combinazione rara delle azioni e prendendo in esame le seguenti grandezze:

- inflessione nel piano verticale dell'impalcato (rotazione agli appoggi)
- deformazioni torsionali dell'impalcato (fenomeno dello sghembo)
- stato limite per il comfort passeggeri (freccia sotto il treno di carico LM71 dinamizzato)

Le verifiche sono condotte con il treno di carico LM71 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico  $\Phi_3$ .

Il calcestruzzo è considerato interamente reagente ai fini della determinazione dell'inerzia flessionale dell'impalcato e della ripartizione trasversale dei carichi mobili con coefficiente di omogeneizzazione pari a  $n = 6$ . Nelle verifiche la fascia di impalcato reagente ha una larghezza  $b = 4.0\text{m}$ .

### 11.1 CALCOLO DELLA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO

Conformemente con quanto prescritto nell'allegato al cap.2.9 del "Manuale di progettazione delle opere civili", si verifica l'affidabilità del coefficiente di incremento dinamico  $\Phi_3$ , valutato in precedenza, controllando che la frequenza propria  $n_0$  dell'impalcato sia contenuta all'interno del fuso indicato in Fig.2.5.1.4.2.4-2 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

Nel prospetto di seguito si mostra la sintesi del calcolo effettuato. La verifica risulta soddisfatta, pertanto si ritiene valido il coefficiente di incremento dinamico adottato nell'analisi eseguita.

CALCOLO DELLA PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO			
Luce della campata (caso ponte in semplice appoggio)	L	11.60	m
Limite inferiore del fuso della frequenza naturale	80/L	6.9	Hz
Limite superiore del fuso della frequenza naturale	$94.76 L^{-0.748}$	15.1	Hz
Carichi permanenti di impalcato	p	457.5	kN/m
Modulo elastico dell'acciaio	E	$2.1.E+08$	kN/m <sup>2</sup>
Inerzia impalcato con cls omogeneizzato	J	0.041	m <sup>4</sup>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 62 di 70

Freccia sotto i carichi permanenti  
Frequenza propria dell'impalcato  
Criterio di verifica

$\delta_0 = 5/384 p L^4 / EJ$	4.00	mm
$n_0$	8.9	Hz
$80/L < n_0 < 94.76 L^{-0.748}$	VERIFICATO	

## 11.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ DELL'IMPALCATO

### 11.2.1 Freccia sotto i carichi accidentali dinamizzati

Di seguito la sintesi del calcolo della freccia massima dell'impalcato sotto i carichi accidentali dinamizzati e incrementati con il coefficiente  $\alpha$ :

VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ			
Luce della campata (caso ponte in semplice appoggio)	L	11.60	m
Valore limite	L/1000	12	mm
Carichi accidentali dinamizzati prodotti dal treno LM71	p	220.4	kN/m
Modulo elastico dell'acciaio	E	2.1.E+08	kN/m <sup>2</sup>
Inerzia impalcato con cls omogeneizzato	J	0.041	m <sup>4</sup>
Freccia sotto i carichi accidentali dinamizzati	$\delta_0 = 5/384 p L^4 / EJ$	6.00	mm < 12 mm VERIFICATO

### 11.2.2 Rotazione agli appoggi:

Di seguito si riporta la valutazione della rotazione massima degli appoggi

Altezza del piano di regolamento del ballast rispetto al centro di rotazione degli apparecchi di appoggio	h	0.75	m
Rotazione agli appoggi	$\theta = (16/5) \delta / L$	0.00165	- < 0.01067 mm VERIFICATO
Valore limite	8/H	0.01067	mm

### 11.2.3 Sghembo

Il massimo sghembo misurato su una lunghezza di 3m non eccede il valore limite prescritto dalla normativa. Di seguito si mostra la sintesi della verifica effettuata.

SGHEMBO		
Forza centrifuga	0.00	kNm/m
Eccentricità del carico treno LM71	17.63	kNm/m
Sopraelevazione	-19.69	kNm/m

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>			
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 63 di 70

Azione laterale	11.85	kNm/m	
Vento	28.31	kNm/m	
<b>Totale</b>	<b>38.10</b>	<b>kNm/m</b>	
$\Delta p$	2.25	kN/m	
Momento d'inerzia singola trave e relativo calcestruzzo	0.0046	m <sup>4</sup>	
Freccia verticale a 3m dall'appoggio	0.40	mm	< 3.0 mm
Valore limite 120 ≤ V ≤ 200 km/h	3.0	mm	<b>VERIFICATO</b>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 64 di 70

## 12 VERIFICA DEGLI EFFETTI LOCALI – SBALZO DELL'IMPALCATO

Si riportano nei paragrafi successivi i risultati ottenuti sulla soletta in calcestruzzo di impalcato, in termini di sollecitazioni agenti. Le verifiche sono state eseguite secondo i criteri esposti in precedenza per gli elementi strutturali in c.a..

### 12.1 SOLLECITAZIONI AGENTI E VERIFICHE

#### 12.1.1 Modello di calcolo e analisi dei carichi

L'analisi ha interessato la sezione di incastro dello sbalzo terminale della soletta, in quanto soggetta alle condizioni più gravose, ed è stata dunque eseguita considerando lo schema semplice di trave a mensola.

Luce di calcolo mensola	L	0.82	m
Spessore medio mensola	s	0.50	m
Peso proprio soletta	g1	12.50	kN/m
Peso massetto	g2	1.25	kN/m
Peso cordolo	g2	5.00	kN/m
Peso barriera antirumore	g2	20.20	kN
Peso veletta	g2	2.50	kN
Carico accidentale su marciapiede	q1	10.00	kN/m
Azione del vento sulla barriera	q6	2.50	kN/m

#### 12.1.2 Analisi delle sollecitazioni ed armature della soletta

Si riportano di seguito i contributi dei singoli casi di carico in termini di sollecitazioni all'incastro:

SOLLECITAZIONI INDOTTE DALLE AZIONI CARATTERISTICHE			
Momento di incastro dovuto al peso proprio	M <sub>g1</sub>	-4.20	kNm
Momento di incastro dovuto ai carichi permanenti (massetto e cordolo)	M <sub>g2</sub>	-1.68	kNm
Momento di incastro dovuto alla barriera antirumore	M <sub>g2</sub>	-8.48	kNm
Momento di incastro dovuto alla veletta	M <sub>g2</sub>	-2.05	kNm
Momento di incastro dovuto al carico accidentale sul marciapiede	M <sub>q1</sub>	0.00	kNm
Momento di incastro dovuto al vento sulla barriera	M <sub>q6</sub>	-37.74	kNm
Sforzo normale di trazione sulla soletta dovuto al vento sulla barriera	N <sub>q6</sub>	-13.15	kN

APPALTATORE:	 <b>TELESE S.c.a r.l.</b> <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>			
PROGETTAZIONE:	Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SWS Engineering S.p.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
OPERE D'ARTE VIABILITÀ	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo impalcato	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	65 di 70

Dalla combinazione delle azioni agli Stati Limite, si deducono le seguenti sollecitazioni di progetto in corrispondenza della sezione di incastro.

#### **SOLLECITAZIONI SLE**

Momento di incastro SLE - combinazione caratteristica rara 1	M <sub>SLE,R</sub>	-54.16	kNm
Sforzo normale di incastro SLE - combinazione caratteristica rara 1	N <sub>SLE,R</sub>	-13.15	kN
Momento di incastro SLE - combinazione frequente 1	M <sub>SLE,F</sub>	-35.29	kNm
Sforzo normale di incastro SLE - combinazione frequente 1	N <sub>SLE,F</sub>	-6.58	kN
Momento di incastro SLE - combinazione quasi permanente	M <sub>SLE,QP</sub>	-16.42	kNm
Sforzo normale di incastro SLE - combinazione quasi permanente	N <sub>SLE,QP</sub>	0.00	kN

#### **SOLLECITAZIONI SLU**

Momento di incastro SLU - combinazione critica	M <sub>SLU</sub>	-80.61	kNm
Sforzo normale di incastro SLU - combinazione critica	N <sub>SLU</sub>	-19.73	kN
Sforzo di taglio SLU - combinazione critica	V <sub>SLU</sub>	54.04	kN

Si impiegano:

Armatura superiore            1Φ14/10

Armatura inferiore            1Φ12/20

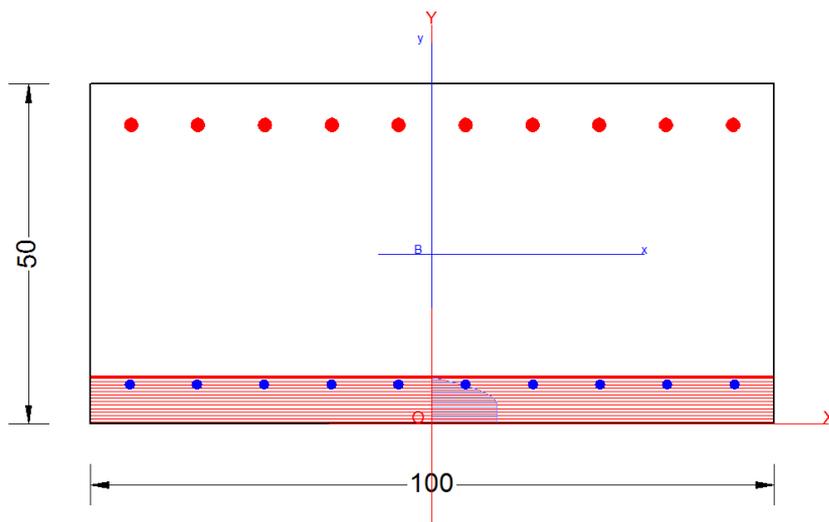
Non sono previste armature a taglio.

#### **12.1.3 Verifiche**

Si riportano di seguito le verifiche strutturali relative alla sezione di calcolo considerata per la soletta in esame, eseguite mediante il programma RC-SEC della GeoStru.

Come anticipato, le verifiche sono state eseguite secondo i criteri esposti in precedenza per gli elementi strutturali in c.a..

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	66 di 70



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	18.81 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	9.405 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.200 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.400 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	10Ø14	(15.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.8	cm

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	67 di 70

Coprif.Sup.(dal baric. barre): 6.0 cm

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-19.73	-80.00	74.97	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	-13.15	-54.00 (-162.24)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-16.00 (-165.62)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.2 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)										
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)										
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000										
Yneuro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.										
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]										
x/d	Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)										
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]										
N°Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 68 di 70	

1 S -19.73 -80.00 -19.56 -496.60 6.291 6.9 -474.88 --- --- ---

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00744	0.0	0.00054	5.8	-0.01896	44.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]  
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)  
D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.53	0.0	0.00	14.6	-46.2	5.8	17.7	1772	31.4	9.8

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sclmax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]  
Sclmin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]  
K3 =0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica  
Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1\*Beta2  
Psi = 1-Beta12\*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12\*(fctm/Sclmin)² = 1-Beta12\*(Mfess/M)²  
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es  
srm Distanza media in mm tra le fessure  
wk Apertura delle fessure in mm = 1,7\*Eps\*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	1.05	-1.03	---	0.125	1.00	0.400	0.000092 (0.000092)	176	0.028 (0.20)	-162.24

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.46	0.0	0.00	15.2	-13.1	5.8	17.4	1743	31.4	9.8

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.09.0.8.001	REV. A	FOGLIO 69 di 70	

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.32	-0.30	---	0.125	0.50	0.400	0.000026 (0.000026)	175	0.008 (0.20)	-165.62

SEZIONE					
b <sub>w</sub>	=	100	cm		
h	=	50	cm		
c	=	5.7	cm		
d	=	h-c	=	44.3	cm
MATERIALI					
f <sub>ywd</sub>	=	391.30	MPa		
R <sub>ck</sub>	=	40	MPa		
γ <sub>c</sub>	=	1.5			
f <sub>ck</sub>	=	0.83xR <sub>ck</sub>	=	33.2	MPa
f <sub>cd</sub>	=	0.85xf <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub>	=	18.81	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
∅ <sub>l</sub>	=	14			
Numero	=	10			
A <sub>sl</sub>	=	15.394	cm <sup>2</sup>		
<b>TAGLIO AGENTE</b>		<b>V<sub>Ed</sub></b>	=	54	(KN)
<b>SFORZO NORMALE</b>		<b>N<sub>Ed</sub></b>	=	0	(KN)
		<b>α<sub>c</sub></b>	=	1.0000	

ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.67		$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	
v <sub>min</sub>	=	0.436		$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	
ρ <sub>l</sub>	=	0.0035			
σ <sub>cp=Ned/Ac</sub>	=	0.0000	(Mpa)		
<b>V<sub>Rd</sub></b>	=	<b>200.83</b>	(KN)		
<b>V<sub>Rd</sub></b>	=	200.83	(KN)	>= OK	193.14 (KN)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> <i>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</i>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>OPERE D'ARTE VIABILITÀ</b> Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.09.0.8.001	A	70 di 70

### **13 REAZIONI SUGLI APPOGGI**

Si riporta di seguito la sintesi degli scarichi massimi espletati da ciascuna delle tipologie degli appoggi d'impalcato sulle sottostrutture, relativamente ai due lati, fisso e mobile.

		N MAX SLU (kN)	V t SLU (kN)	V I SLU (kN)	N MAX SLE (kN)
FISSI	10	500	150	300	350
UNI-LONG	10	500	150	-	350
MULTI	36	500	-	-	350