

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE: A.T.I. CAR SEGNALETICA STRADALE S.R.L.(Capogruppo) – SICURBAU S.R.L.



PROGETTAZIONE: A.T.I. CAR SEGNALETICA STRADALE S.R.L. – SICURBAU S.R.L.

PROGETTO ESECUTIVO

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA

Lotto funzionale Treviglio-Brescia

INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA

BARRIERE ANTIRUMORE

Relazione di calcolo attraversamenti – luce da 4.00m

CAR SEGNALETICA STRADALE S.R.L.
APPALTATORE
C. da Piana Z.I. snc
Tel. 0824.875245 (0824.875174) fax 0824.875174
82030 PONTE (BN)
Partita Iva 01-049 090 622

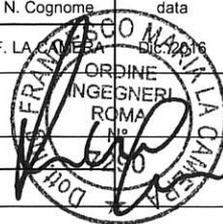
SICURBAU S.r.l.
Via Rivolta snc
82030 TORRECIUSO (BN)
P. IVA e C.F. 02477.240 218

SCALA: -

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

INOG 00 E ZZ CL RI0000 003 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	N. Cognome	data	N. Cognome	data	N. Cognome	data	N. Cognome
		S.FRENNNA	Sett. 2016	S.FRENNNA	Sett. 2016	F. LA CAMERA	Sett. 2016	data
B	Emissione Esecutiva	N. Cognome	data	N. Cognome	data	N. Cognome	data	S. FRENNNA
		S.FRENNNA	Nov. 2016	S.FRENNNA	Dic. 2016	F. LA CAMERA	Dic. 2016	Dicembre 2016



File: INOG00EZZCLRI0000003B.doc

n. Elab. 84

Progetto cofinanziato dalla Unione Europea



CIG: 6156342621

CUP: J41C0700000001

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA IN0G	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 2 di 64

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
3.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	8
3.3	DOCUMENTI SUPERATI.....	8
4	ALLEGATI	8
5	MATERIALI PRESCRITTI.....	9
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO	10
7	ANALISI STRUTTURALE.....	11
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO	11
7.2	CONDIZIONI DI CARICO E SOLLECITAZIONI.....	12
7.3	ANALISI F.E.M.....	17
7.3.1	<i>Numerazione nodi e fili</i>	<i>17</i>
7.3.2	<i>Legenda esplicativa dei tabulati.....</i>	<i>18</i>
7.3.3	<i>Dati di input</i>	<i>24</i>
7.3.4	<i>Dati di output</i>	<i>28</i>
7.3.5	<i>Diagrammi di sollecitazione.....</i>	<i>35</i>
7.4	RIEPILOGO.....	40
7.5	VERIFICA A FATICA.....	41
	<i>Staffe 41</i>	
7.5.2	<i>Armatura longitudinale</i>	<i>42</i>
	<i>Calcestruzzo</i>	<i>43</i>
7.5.4	<i>Verifica di deformabilità</i>	<i>44</i>

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 3 di 64

8	FONDAZIONI.....	45
8.1	METODOLOGIA DI ANALISI GEOTECNICA E STRUTTURALE.....	45
8.1.1	<i>Analisi ad elementi finiti</i>	45
8.1.2	<i>Calcolo della profondità di infissione</i>	47
8.1.3	<i>Portanza per carichi laterali</i>	47
8.1.4	<i>Portanza per carichi verticali</i>	49
8.2	DATI DI CARICO.....	50
	CALCOLO PROFONDITÀ DI INFISSIONE.....	51
8.4	PORTANZA A CARICHI ORIZZONTALI.....	52
8.5	PORTANZA A CARICHI VERTICALI.....	53
8.6	VERIFICA STRUTTURALE.....	54
8.6.1	<i>Analisi delle sollecitazioni S.L.U.</i>	54
8.6.2	<i>Verifica a pressoflessione</i>	58
	<i>Verifica a fessurazione</i>	60
8.6.4	<i>Verifica a taglio</i>	62
9	CONCLUSIONI E CONFRONTI.....	63

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 4 di 64

1 PREMESSA

La presente relazione, ha per oggetto la descrizione generale del Progetto Esecutivo per gli interventi di mitigazione acustica del tratto di interconnessione di Brescia Ovest in affiancamento alla Linea Storica fino all'ingresso del PRG di Brescia. Il progetto si inserisce nell'ambito della realizzazione della Tratta AV/AC Milano-Verona.

Il presente Progetto Esecutivo prevede la modifica della tipologia delle fondazioni degli scavalchi, adottando una fila di pali trivellati ϕ 600, in luogo di una doppia fila di micropali ϕ 250.

Poichè tale Progetto Esecutivo vuole configurarsi in perfetta continuità con il Progetto Definitivo approvato, tutte le ipotesi sui materiali, le norme adottate, le caratteristiche dei terreni e le condizioni di carico sono integralmente richiamati dalla "*Relazione di calcolo attraversamenti – luce da 4.00m*" (elaborato IN4104D26CLRI0000003B) del Progetto Definitivo, salvo quanto non specificatamente indicato nella presente.

Descrizione dell'intervento

Gli interventi di opere civili previsti nel presente progetto sono costituiti dalla realizzazione delle barriere antirumore a nord della linea storica Milano-Brescia.

Gli interventi sono individuati planimetricamente con riferimento alla progressivazione del profilo longitudinale della linea storica ovvero con riferimento al binario pari (sud).

Per completezza e al fine di coordinare l'intervento con i restanti interventi che intervengono nello stesso ambito territoriale è stato inserito in aggiunta il riferimento della corrispettiva progressiva riferita al binario pari AV, sebbene lo sviluppo e la posizione planimetrica di tale binario si discosti talvolta in maniera considerevole dalla sede della linea storica.

Nel dettaglio i limiti dell'intervento sono definiti dalle e pk 84+094.50 della linea storica (corrispondente alla pk 18+632 dell'Interconnessione AV di Brescia Ovest).

La tratta di intervento ha origine ad ovest di via Trepola in Ospitaletto (BS), alla progressiva chilometrica 72+391.10 binario pari della linea storica (corrispondente alla pk 6+900 dell'Interconnessione AV di Brescia Ovest), e termina a est della stazione di Brescia Centrale in corrispondenza della progressiva chilometrica 84+094.50 binario pari della linea storica (corrispondente alla pk 18+632 dell'Interconnessione AV di Brescia Ovest).

La tratta di intervento, che si sviluppa per circa 11.7 Km, prevede la realizzazione delle Barriere Antirumore sul lato nord della linea storica Milano-Venezia e in particolare i limiti del nuovo intervento sono:

<p>S.T.E. srl Italiana Sistemi srl</p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p> <p>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m</p>	<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>INOG</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>RI 00 00 003</td> <td>B</td> <td>5 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 003	B	5 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 003	B	5 di 64								

- per un primo tratto, di circa 4.9 km , l'intervento si sviluppa nei limiti di intervento del General Contractor Cepav Due che realizza la Tratta AV/AC Milano-Verona con esclusione della realizzazione delle Barriere Antirumore a nord della LS;
- per un secondo tratto, di circa 6.8 km, l'intervento è in corrispondenza dei limiti di intervento del PD per Appalto dell'ingresso urbano dell'interconnessione di Brescia ovest e PRG di Brescia Centrale.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 6 di 64

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La barriera fonoassorbente da installare lungo la linea presenta montanti in acciaio di altezza variabile a interasse 3m, con pannellature costituite da pannelli di cls, acciaio e vetro.

Ove deve essere interrotta la continuità del cordolo di fondazione per via dell'interferenza di alcuni sottoservizi, si provvederà a realizzare degli scavalchi.

Oggetto della presente relazione è il calcolo delle fondazioni e della struttura degli scavalchi di luce netta $L=4m$, installati su una trave 80×100 di lunghezza m.10.00, fondata su 4 pali $\phi 600$ di lunghezza m.8.00 .

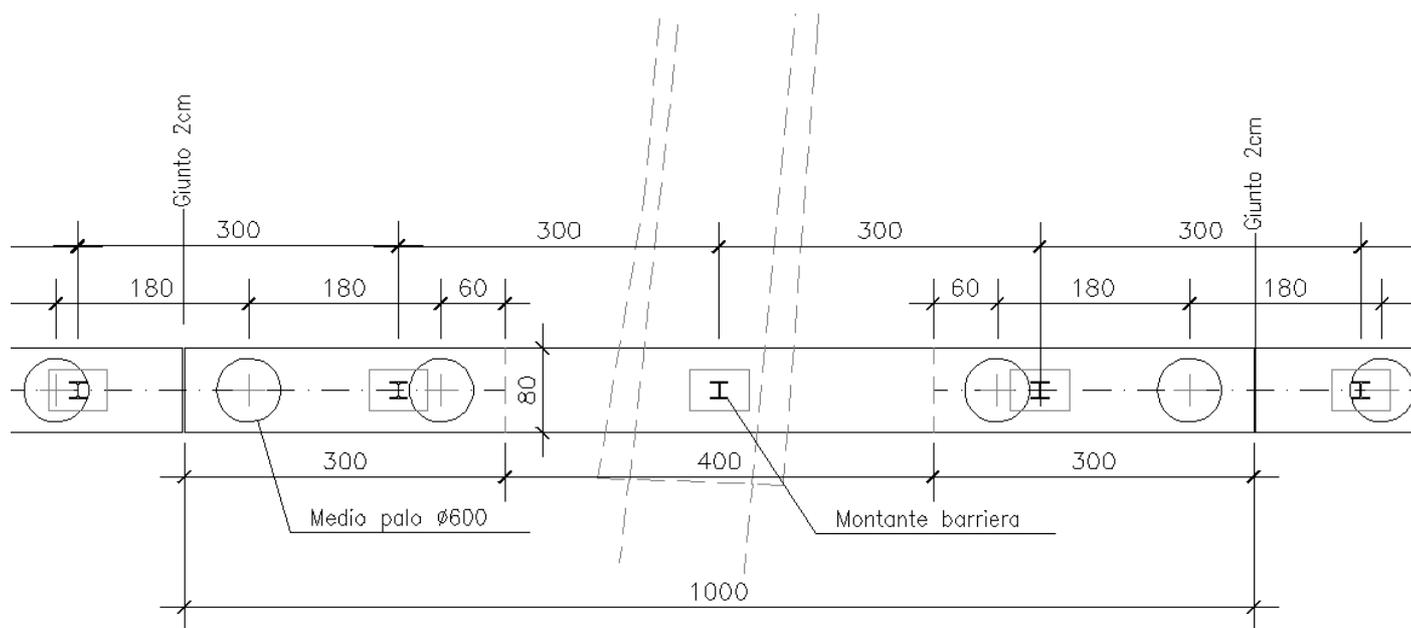


Figura1: Fondazione scavalco L= 4m - Pianta

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA IN0G	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 7 di 64

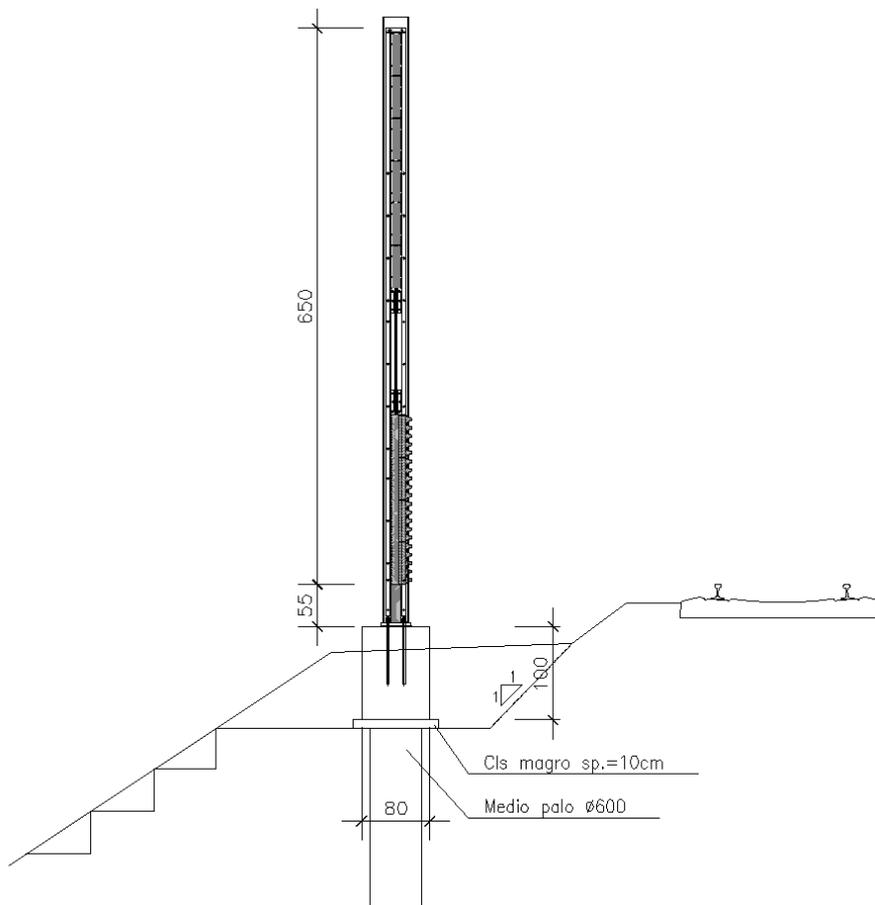


Figura2: Fondazione scavalco L= 4m - Sezione

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento è la seguente:

- Rif. [1] **RFI DTC INC PO SP IFS 003A** – Verifiche a fatica dei ponti ferroviari.
- Rif. [2] **RFI DTC INC CS SP IFS 001A** – Specifiche per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- Rif. [3] **RFI DTC INC PO SP IFS 001 A** - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- Rif. [4] **Disciplinare tecnico** – Barriere antirumore per impieghi ferroviari - Edizione 1998 e successive modificazioni e/o integrazioni di cui all'allegato 1.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA IN0G	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

- Rif. [5] **RFI 24.03.04** “Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore”.
- Rif. [6] **UNI 9503:2007** “Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di acciaio”.
- Rif. [7] **D.M. del 14/01/2008** – Nuove norme tecniche relative per le costruzioni.
- Rif. [8] **Circ. Min. 2/02/2009 n°617**: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni”;

3.2 Documenti correlati

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- Rif. [9] IN0G00EZZCLRI000002B – Relazione di calcolo montanti
- Rif. [10] IN0G00EZZRGGE0005001B – Relazione geotecnica generale

Rif.	BARRIERE ANTIRUMORE																			
11	Carpenteria fondazioni barriere antirumore (H = 3.00 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	1
12	Carpenteria fondazioni barriere antirumore (H = 4.00 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	2
13	Carpenteria fondazioni barriere antirumore (H = 5.00 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	3
14	Carpenteria fondazioni barriere antirumore (H = 6.50 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	4
15	Carpenteria opera di scavalco con luce da 4.00m	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	B	R	I	0	0	0	0	0	1
16	Carpenteria montanti per B.a. H=3.00 m da P.F.	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	K	R	I	0	0	0	0	0	1
17	Carpenteria montanti per B.a. H=4.00 m da P.F.	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	K	R	I	0	0	0	0	0	2
18	Carpenteria montanti per B.a. H=5.00 m da P.F.	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	K	R	I	0	0	0	0	0	3
19	Carpenteria montanti per B.a. H=6.50 m da P.F.	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	K	R	I	0	0	0	0	0	4

3.3 Documenti Superati

Non sono presenti documenti annullati o superati.

4 ALLEGATI

Non sono presenti documenti allegati.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 9 di 64

5 MATERIALI PRESCRITTI

- calcestruzzo C25/30 (pali di fondazione):

Classe di esposizione XC2

Resistenza cubica caratteristica $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza cilindrica caratteristica $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione semplice $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$

$\alpha_{cc} = 0.85$ $\gamma_m = 1.5$ $f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$

Ampiezza limite delle fessure: 0.4 mm (comb. frequente), 0.3 mm (comb. quasi permanente)

- calcestruzzo C28/35 (travi di collegamento):

Classe di esposizione XF3

Resistenza cubica caratteristica $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Resistenza cilindrica caratteristica $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione semplice $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$

$\alpha_{cc} = 0.85$ $\gamma_m = 1.5$ $f_{cd} = 15.87 \text{ N/mm}^2$

Ampiezza limite delle fessure: 0.3 mm (comb. frequente), 0.2 mm (comb. quasi permanente)

- acciaio da cemento armato normale B450C:

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

resistenza di calcolo dell'acciaio $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

$\gamma_s = 1.15$ $f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA IN0G	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 10 di 64

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Le caratteristiche geotecniche del sito su cui verrà realizzata l'opera sono desunte dalla *Relazione Geotecnica Generale* (elaborato IN4104D26RGGE0005001B), dalla *Relazione di calcolo attraversamenti – luce da 4.00m* del Progetto Definitivo approvato (elaborato IN4104D26CLRI0000003B).

La seguente stratigrafia di progetto, adottata per il calcolo delle fondazioni, è conforme a quella assunta in sede di Progetto Definitivo, a meno di una ridefinizione in termini più conservativi, per tenere conto dell'eterogeneità lungo tutto il tracciato, del possibile degrado del terreno di superficie e per una interpretazione più conservativa degli strati ghiaiosi profondi, in conformità alle valutazioni della Relazione Geotecnica Generale.

L'origine del sistema di riferimento viene assunta in corrispondenza della testa pali (t.p.).

Strato	da (m da t.p.)	a (m da t.p.)	γ' (kN/m ³)	ϕ' (°)
Scotico +Bonifica +Rilevato	0.00	-2.00	19	30
Limo sabbioso-ghiaioso	-2.00	-6.00	19	26
Ghiaia con sabbia limosa	-6.00	-	19	30

La falda è stata assunta a -10.0 m dal piano campagna.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA IN0G	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 11 di 64

7 ANALISI STRUTTURALE

7.1 Descrizione del modello

In questo capitolo si affronta la progettazione dello scavalco di tipo 1, con luce libera $L=4,0\text{m}$.

Questo scavalco è costituito da una trave di sezione $100\times 80\text{cm}$ di lunghezza $\text{m}.10.00$, fondata su 4 pali $\varnothing 600$ di lunghezza $\text{m}.8.00$.

Su questo scavalco sono installati 3 montanti metallici del tipo calcolato in relazione $\text{IN0G00EZZCLRI0000002B}$, ognuno alto $6,5\text{m}$ dal piano ferro.

L'analisi della trave di scavalco è stata effettuata con il supporto di un programma agli elementi finiti, schematizzando la trave come asta dotata di rigidità flessionale e torsionale, incastrata a quattro pali di fondazione, come da schema allegato.

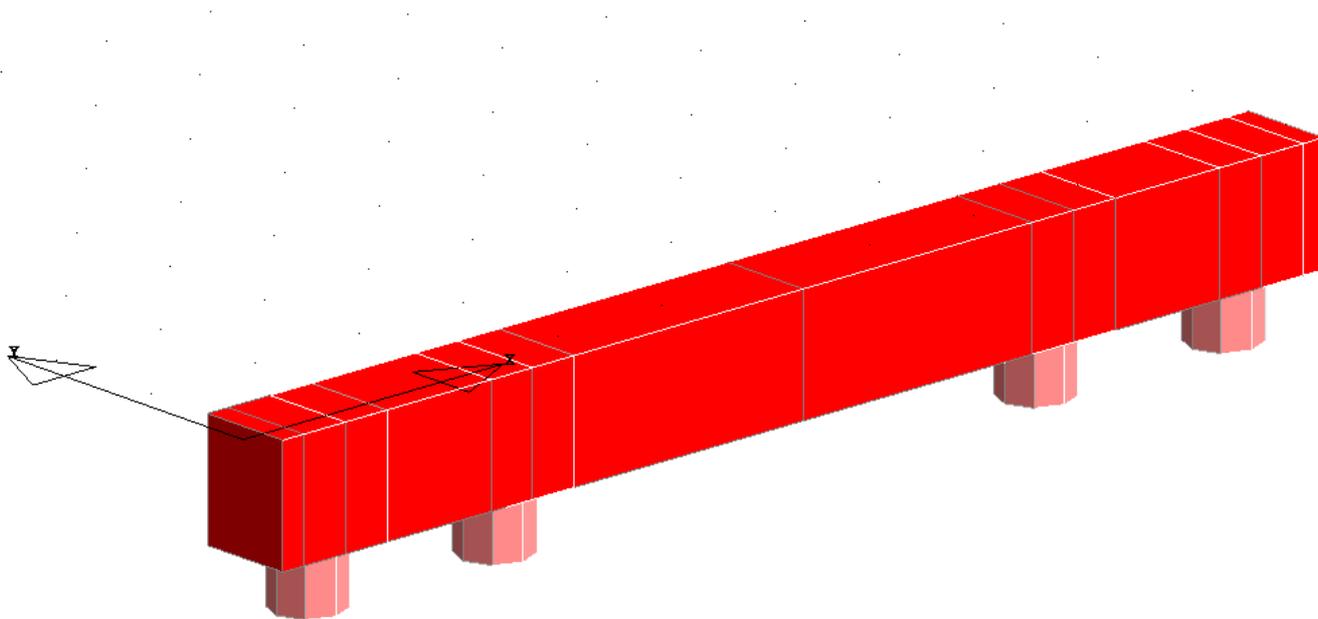


Figura 3: Modellazione 3D

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA IN0G	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 12 di 64

7.2 Condizioni di carico e sollecitazioni

Sullo scavalco sono installati tre montanti, uno centrale e due ai lati.

Le azioni sono state ricavate dalle relazioni di calcolo delle barriere, e applicate come carichi concentrati.

SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE BASE MONTANTE

H_mont	N	V	M
[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
7	31.04	31.50	110.25

Come da *Relazione di calcolo attraversamenti – luce da 4.00 m* del Progetto Definitivo approvato (elaborato IN4104D26CLRI0000003B), la verifica a fatica viene eseguita sotto l'azione di un carico ciclico (positivo e negativo) pari a:

$P_{\text{tot fat}} = P_{\text{aerodinamica}} = 0.20 \text{ kN/m}^2$, che determina le seguenti azioni di calcolo:

SOLLECITAZIONI A FATICA BASE MONTANTE

H_mont	N	V	M
[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
7	0	4.20	14.70

Nel modello, tali azioni sono applicati come azioni concentrate ai nodi di innesto dei montanti sulla trave, mentre non è stato inserito il peso della trave, calcolato automaticamente dal software.

Le azioni elementari vengono combinate come prescritto dalla Normativa di riferimento:

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

I coefficienti γ e ψ sono riportati nelle tabelle seguenti:

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{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 ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_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 ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Q1}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ 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.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_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	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	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 ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 16 di 64

Si segnala che le azioni calcolate in fase sismica con i seguenti parametri:

Dati			
VN	50	anni	Vita nominale
CLASSE	III		Classe d'uso
CU	1.5	anni	Coefficiente d'uso
VR	75	anni	Vita di riferimento
PVR	10%		Prob. di sup. nel periodo di riferimento
TR	475	anni	Periodo di ritorno
q	2.5		Fattore di struttura
	C		Categoria di sottosuolo
SS	1,5		Coefficiente di stratigrafica amplificazione
	T1		Categoria topografica
ST	1		Coefficiente di topografica amplificazione
S	1,5		Coefficiente di suolo

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,173 g
F_0	2,437
T_C	0,279 s
S_S	1,447
C_C	1,600
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,447
η	1,000
T_B	0,149 s
T_C	0,446 s
T_D	2,292 s

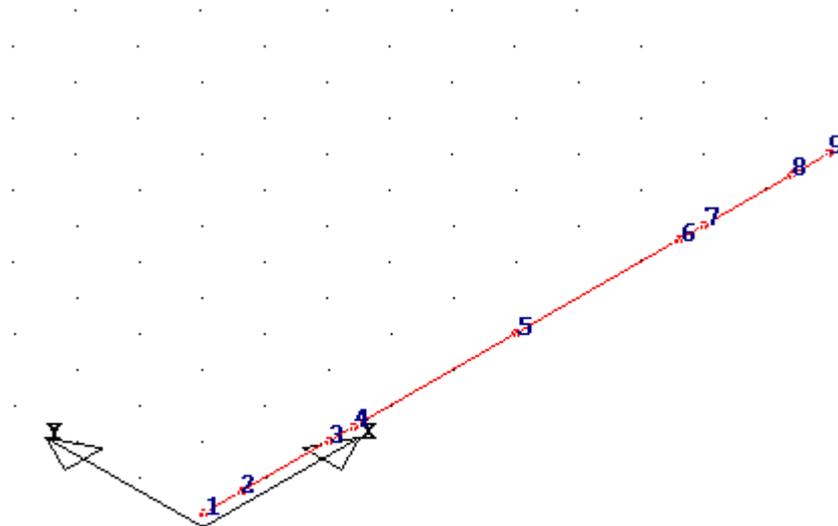
generano delle sollecitazioni minori rispetto a quelle calcolate con la combinazione fondamentale allo S.L.U., pertanto saranno trascurate in quanto non dimensionanti.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA IN0G	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 17 di 64

7.3 Analisi F.E.M.

Di seguito si riportano lo schema statico, i tabulati di calcolo e i diagrammi di sollecitazione più significativi prodotti dal software strutturale CDS, di calcolo agli elementi finiti, con le relative legende esplicative:

7.3.1 Numerazione nodi e fili



S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 18 di 64

7.3.2 *Legenda esplicativa dei tabulati*

CRITERI DI PROGETTO

- Crit.N.ro : Numero indicativo del criterio di progetto
 Elem. : Tipo di elemento strutturale
 %Rig.Tors. : Percentuale di rigidezza torsionale
 Mod. E : Modulo di elasticita' normale
 Poisson : Coefficiente di Poisson
 Sgmc : Tensione massima di esercizio del calcestruzzo
 tauc0 : Tensione tangenziale minima
 tauc1 : Tensione tangenziale massima
 Sgmf : Tensione massima di esercizio dell'acciaio
 Om. : Coefficiente di omogenizzazione
 Gamma : Peso specifico del materiale
 Copristaffa : Distanza tra il lembo esterno della staffa ed il lembo esterno della sezione in calcestruzzo
 Fi min. : Diametro minimo utilizzabile per le armature longitudinali
 Fi st. : Diametro delle staffe
 Lar. st. : Larghezza massima delle staffe
 Psc : Passo di scansione per i diagrammi delle caratteristiche
 Pos.pol. : Numero di posizioni delle armature per la verifica di sezioni poligonali
 D arm. : Passo di incremento dell'armatura per la verifica di sezioni poligonali
 Iteraz. : Numero massimo di iterazioni per la verifica di sezioni poligonali
 Def. Tag. : Deformabilita' a taglio (si , no)
 %Scorr.Staf.: Percentuale di scorrimento da far assorbire alle staffe
 P.max staffe: Passo massimo delle staffe
 P.min.staffe: Passo minimo delle staffe
 tMt min. : Tensione di torsione minima al di sotto del quale non si arma a torsione
 Ferri parete: Presenza di ferri di parete a taglio
 Ecc.lim. : Eccentricita' M/N oltre la quale la verifica viene effettuata a flessione pura
 Tipo ver. : Tipo di verifica (0 = solo Mx; 1 = Mx e My separate; 2 = deviata)
 Fl.rett. : Flessione retta forzata per sez. dissimmetriche simmetrizzabili (0 = no; 1 = si)
 Den.X pos. : Denominatore di $q \cdot I^3$ per calcolo Mx minimo positivo
 Den.X neg. : Denominatore di $q \cdot I^3$ per calcolo Mx minimo negativo
 Den.Y pos. : Denominatore di $q \cdot I^3$ per calcolo My minimo positivo
 Den.Y neg. : Denominatore di $q \cdot I^3$ per calcolo My minimo negativo
 %Mag.car. : Percentuale di maggiorazione dei carichi statici della prima combinazione
 Linear. : Coefficiente descrittivo del comportamento dell'asta:
 1 = comportamento lineare sia a trazione che a compressione.
 2 = comportamento non lineare sia a trazione che a compressione.
 3 = comportamento lineare solo a trazione.
 4 = comportamento non lineare solo a trazione.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 19 di 64

5 = comportamento lineare solo a compressione.

6 = comportamento non lineare solo a compressione.

Appesi : Flag di disposizione del carico sull'asta (1 = appeso, 0 = non appeso)

Min. T/sigma: Verifica minimo T/sigma (1 = si; 0 = no)

Verif.Alette: Verifica alette travi di fondazione (1 = si; 0 = no)

Kwinkl. : Costante di sottofondo del terreno

CRITERI DI PROGETTO

Cri.Nro : Numero identificativo del criterio di progetto

Tipo Elem. : Tipo di elemento: trave di elevazione, trave di fondazione, pilastro.

fck : Resistenza caratteristica del cls

fcd : Resistenza di calcolo del cls

rcd : Resistenza di calcolo a flessione del cls (massimo del diagramma parabola-rettangolo)

fyk : Resistenza caratteristica dell'acciaio

fyd : Resistenza di calcolo dell'acciaio

Ey : Modulo elastico dell'acciaio

ec0 : Deformazione limite del cls in campo elastico

ecu : Deformazione ultima del cls

eyu : Deformazione ultima dell'acciaio

Ac/At : Rapporto dell'incremento fra l'armatura compressa e quella tesa

Mt/Mtu : Rapporto fra il momento torcente di calcolo e il momento torcente resistente del cls ultimo al di sotto del quale non si arma a torsione

Wra : Ampiezza limite della fessura per combinazioni rare

Wfr : Ampiezza limite della fessura per combinazioni frequenti

Wpe : Ampiezza limite della fessura per combinazioni permanenti

σ Rara : Sigma massima del cls per combinazioni rare

σ Perm : Sigma massima del cls per combinazioni permanenti

σ fRara : Sigma massima dell'acciaio per combinazioni rare

SpRar : Rapporto fra la lunghezza dell'elemento e lo spostamento massimo per combinazioni rare

SpPer : Rapporto fra la lunghezza dell'elemento e lo spostamento massimo per combinazioni permanenti

Coef.Visc. : Coefficiente di viscosita'

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 20 di 64

DATI ASTE SPAZIALI

Asta3d	: Numero dell'asta spaziale
Filo in.	: Numero del filo del nodo iniziale
Filo fin.	: Numero del filo del nodo finale
Q. iniz.	: Quota del nodo iniziale
Q. fin.	: Quota del nodo finale
Nod3d iniz.	: Numero del nodo iniziale
Nod3d fin.	: Numero del nodo finale
Cr. Pr.	: Numero del criterio di progetto per la verifica
Sez. N.ro	: Numero in archivio della sezione
Base x Alt	: Per le sezioni rettangolari base ed altezza; per le altre tipologie ingombro massimo della sezione
Magr.	: Dimensione del magrone per sezioni di fondazione
Rot.	: Angolo di rotazione della sezione
dx, dy, dz	: Scostamenti in direzione X,Y,Z globale degli estremi iniziale e finale di asta rispetto al nodo

VINCOLI E RIGIDENZE NODALI

Filo	: Numero identificativo del filo fisso.
Quo N.	: Numero identificativo della quota di riferimento secondo la codifica dell'input quote.
D.Quo.	: Delta quota, ovvero scostamento della quota del nodo dalla quota di riferimento.
P. Sis	: Piano sismico di appartenenza del nodo in esame. E' possibile avere piu' piani sismici alla stessa quota di impalcato.
Codi	: Codice sintetico identificativo del tipo di vincolo secondo la codifica appresso riportata: I = Incastro ; A = Automatico C = Cerniera sferica; E = Esplicito Il vincolo di tipo 'A', cioe' automatico, corrisponde ad un tipo di vincolo scelto dal programma in funzione delle varie situazioni strutturali riscontrate. Per valutare quale tipo di vincolo e' stato imposto dal CDS in questi casi e' necessario riferirsi ai dati delle successive colonne della presente tabella di stampa.
Tx, Ty, Tz	: Valori delle rigidzze alla traslazione imposte al nodo in esame. Il valore -1 indica per convenzione che quella particolare traslazione e' impedita, mentre lo 0 indica che non ha alcun vincolo.
Rx, Ry, Rz	: Valori delle rigidzze alla rotazione imposte al nodo in esame. Il valore -1 indica per convenzione che quella particolare rotazione e' impedita, mentre lo 0 indica che non ha alcun vincolo.
Fx, Fy, Fz	: Valori delle forze concentrate applicate al nodo in esame.
Mx, My, Mz	: Valori delle coppie concentrate applicate al nodo in esame.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 21 di 64

STAMPA CARATTERISTICHE E SPOSTAMENTI NODALI

Tratto : Le aste adiacenti a setti e piastre vengono spezzettate in sottoelementi per garantire la congruenza.

Il numero di "TRATTO" identifica la posizione sequenziale del sottoelemento attuale a partire dall'estremo iniziale

Filo in. : Filo iniziale

Filo fin. : Filo finale

Le altre grandezze descritte di seguito si riferiscono a ciascun estremo dell' asta.

Per le caratteristiche:

Alt. : Altezza dell' estremita' dell' asta dallo spiccato di fondazione

Tx : Taglio lungo la direzione dell' asse 'X' del sistema di riferimento locale di asta (principale d'inerzia)

Ty : Taglio lungo la direzione dell' asse 'Y' del sistema di riferimento locale di asta

N : Sforzo assiale

Mx : Momento agente con asse vettore parallelo all' asse 'X' del sistema di riferimento locale di asta

My : Momento agente con asse vettore parallelo all' asse 'Y' del sistema di riferimento locale di asta

Mt : Momento torcente dell' asta (agente con asse vettore parallelo all' asse 'Z' locale)

Per gli spostamenti:

Alt. : Altezza dell' estremita' dell' asta dallo spiccato di fondazione

Sx : Spostam. lungo la direzione dell' asse 'X' del sistema di riferimento locale di asta

Sy : Spost. lungo la direzione dell' asse 'Y' del sistema di riferimento locale di asta

Sz : Spostamento assiale

Rx : Rotazione agente con asse vettore parallelo all' asse 'X' del sistema di riferimento locale di asta

Ry : Rotazione agente con asse vettore parallelo all' asse 'Y' del sistema di riferimento locale di asta

Rz : Rotazione torcente dell'asta (agente con asse vettore parallelo all'asse 'Z' locale)

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 22 di 64

VERIFICA ASTE S.L.U.

Filo: Prima riga: n.ro filo del nodo iniziale. Seconda riga n.ro filo del nodo finale
 Quota: Prima riga: n.ro quota del nodo iniziale. Seconda riga n.ro quota del nodo finale
 Tratto Se una trave e' suddivisa in piu' tratti sulla prima riga e' riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
 Sez B/H Prima riga: n.ro della sezione nell'archivio, seconda riga: base della sezione, terza riga: altezza. Per sez. a T e' riportato l'ingombro massimo della sezione
 Concio Numero del concio
 Co Nr Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la massima deformazione nell'acciaio e nel calcestruzzo per la verifica a flessione
 MxSdu Momento ultimo di calcolo asse vettore X (per le travi incrementato dalla traslazione del diagramma del momento flettente)
 MySdu Momento ultimo di calcolo asse vettore Y
 N Sdu Sforzo normale ultimo di calcolo
 x / d Rapporto fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione * 100.
 εf% εc% deformazioni massime nell'acciaio e nel calcestruzzo moltiplicate per 10.000.
 Valore limite per l'acciaio 100 (1%), valore limite nel calcestruzzo 35 (0.35%).
 Area Area del ferro in centimetri quadri; per le travi rispettivamente superiore ed inferiore, per i pilastri armature lungo la base e l'altezza della sezione
 Co Nr Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la minore sicurezza per le azioni taglianti e torcenti
 VxSdu Taglio ultimo di calcolo in direzione X
 VySdu Taglio ultimo di calcolo in direzione Y
 T Sdu Momento torcente ultimo di calcolo
 VxRdu Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione X
 VyRdu Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione Y
 TsRdu Momento torcente resistente ultimo delle staffe
 TIRdu Momento torcente resistente ultimo dell'armatura longitudinale
 Coe Cls Coefficiente per il controllo di sicurezza del cls alle azioni taglianti e torcenti * 100; la sezione e' verificata se detto valore e minore o uguale a 100
 Coe Staf Coefficiente per il controllo di sicurezza delle staffe alle azioni taglianti e torcenti *100; la sezione e' verificata se detto valore e minore o uguale a 100
 Alon Armatura longitudinale a torsione (Nelle travi rettangolari per le quali é stata effettuata la verifica a momento my in questo dato viene stampata anche l'armatura flessionale dei lati verticali).
 Staffe Passo staffe e lunghezza del tratto da armare
 σt Pressione di contatto sul terreno in Kg/cm² calcolata con i valori caratteristici delle azioni assumendo i coefficienti gamma pari ad uno. Nel caso di analisi sismica dinamica il valore dello spostamento sismico da combinare per il calcolo della pressione di contatto e' ottenuto come la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli spostamenti modali.
 Ac Coefficiente di amplificazione dei carichi statici per tenere in conto della verifica locale dell'asta a sisma verticale. Sostituisce il dato 'σt' per le aste di elevazione.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 23 di 64

VERIFICA ASTE S.L.E.

Filo Prima riga: n.ro filo del nodo iniziale, Seconda: n.ro filo del nodo finale
 Quota: Prima riga: n.ro quota del nodo iniziale. Seconda riga n.ro quota del nodo finale
 Tratto: Se una trave e' suddivisa in piu' tratti sulla prima riga e' riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
 Com Cari: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanenti. Questo indicatore vale sia per la verifica a fessurazione che per il calcolo delle frecce
 Fessu: Fessura limite e fessura di calcolo espressa in mm; se la trave non risulta fessurata l'ampiezza di calcolo sara' nulla
 Dist mm: Distanza fra le fessure
 Concio: Numero del concio in cui si e' avuta la massima fessura
 Combin: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si e' avuta la massima fessura
 Mf X: Momento flettente asse vettore X
 Mf Y: Momento flettente asse vettore Y
 N: Sforzo normale
 Frecce: Freccia limite e freccia massima di calcolo
 Combin: Numero della combinazione che ha prodotto la freccia massima
 Com Cari: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul cls, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul cls
 σ lim: Valore della tensione limite in Kg/cm²
 σ cal: Valore della tensione di calcolo in Kg/cm²
 Concio: Numero del concio in cui si e' avuta la massima tensione
 Combin: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si e' avuta la massima tensione
 Mf X: Momento flettente asse vettore X
 Mf Y: Momento flettente asse vettore Y
 N: Sforzo normale

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI - LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

7.3.3 Dati di input

Scavalco m.4.00

ARCHIVIO SEZIONI ASTE IN C.A.O.

Tipologia Rettangolare			
Sez. N.ro	Base (cm)	Altezza (cm)	Magrone (cm)
25	80.0	100.0	0.0

Tipologia Rettangolare			
Sez. N.ro	Base (cm)	Altezza (cm)	Magrone (cm)

CARATTERISTICHE STATICHE DELLE SEZIONI IN C.A.O.				
Sez. N.ro	Area (cm2)	I _{xg} (cm4)	I _{yg} (cm4)	I _p (cm4)
25	8000	6666666	4266666	10933332

CRITERI DI PROGETTO

IDEN	ASTE ELEVAZIONE														
Crit N.ro	Def Tag	%Scorr Staffe	P max. Staffe	P min. Staffe	τMtmin dN/cmq	Ferri parete	Elim cm	Tipo verif.	Fl. rett	DenX pos.	DenX neg.	DenY pos.	DenY neg.	%Mag car.	%Rid
1	si	100	30	10	3	no	200	Mx	1	0	0	0	0	0	100

IDENTIF.		CARATTERISTICHE DEL MATERIALE							DURABILITA'			CARATTER. COSTRUTTIVE					FLAG	
Crit N.ro	Elem.	% Rig Tors.	% Rig Fless	Classe CLS	Classe Acciaio	Mod. El kg/cmq	Pois son	Gamma kg/mc	Tipo Ambiente	Tipo Armatura	Toll. Copr.	Copr staf	Copr ferr	Fi min	Fi st	Lun sta	Li n.	App esi
1	ELEV.	60	100	C28/35	B450C	325880	0.20	2500	XF3	POCO SENS.	0.00	5.0	6.8	16	10	60	0	0

CRITERI PER IL CALCOLO AGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO																								
Cri N.ro	Tipo Elem	fck	fcd	rcd	fyk	ftk	fyd	Ey	ec0	ecu	eyu	At/ Ac	Mt/ Mtu	Wra mm	Wfr mm	Wpe mm	ocRar	ocPer	ofRar	Spo Rar	Spo Fre	Spo Per	Coe Vis	euk
1	ELEV.	280.0	158.7	158.7	4500	4500	3913	2100000	0.20	0.35	1.00	50	10	0.3	0.2	168.0	126.0	3600					2.0	0.08

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2016 - Lic. Nro: 16863

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI - LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

Scavalco m.4.00

COORDINATE DEI NODI

IDENT.	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
	Nodo3d N.ro	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)
1	0.00	0.00	0.00	1	0	0.60	0.60	0.60
2	0.60	0.00	0.00	2	0	2.00	2.00	2.00
3	2.00	0.00	0.00	3	0	4.90	4.90	4.90
4	2.40	0.00	0.00	4	0	3.00	3.00	3.00
5	5.00	0.00	0.00	5	0	8.30	8.30	8.30
6	7.60	0.00	0.00	6	0	3.00	3.00	3.00
7	8.00	0.00	0.00	7	0	4.90	4.90	4.90
8	9.40	0.00	0.00	8	0	2.00	2.00	2.00
9	10.00	0.00	0.00	9	0	0.60	0.60	0.60

DATI ASTE SPAZIALI

IDENTIFICAZIONE								GEOMETRIA				SCOST.INIZIALI			SCOST. FINALI			Cri Geo	Tipo Elemento ai fini sism.
Asta3d N.ro	Filo in.	Filo fin.	Q.iniz (m)	Q.fin. (m)	Nod3d iniz.	Nod3d fin.	Cr. Pr.	Sez. N.ro	Sigla Sezione	Magr. (cm)	Rot. Grd	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)		
1	1	2	0.00	0.00	1	2	1	25	Rett. 80 x 100	0	0	0	0	-50	0	0	-50	Secondario C.A	
2	2	3	0.00	0.00	2	3	1	25	Rett. 80 x 100	0	0	0	0	-50	0	0	-50	Trave telaio	
3	3	4	0.00	0.00	3	4	1	25	Rett. 80 x 100	0	0	0	0	-50	0	0	-50	Trave telaio	
4	4	5	0.00	0.00	4	5	1	25	Rett. 80 x 100	0	0	0	0	-50	0	0	-50	Trave telaio	
5	5	6	0.00	0.00	5	6	1	25	Rett. 80 x 100	0	0	0	0	-50	0	0	-50	Trave telaio	
6	6	7	0.00	0.00	6	7	1	25	Rett. 80 x 100	0	0	0	0	-50	0	0	-50	Trave telaio	
7	7	8	0.00	0.00	7	8	1	25	Rett. 80 x 100	0	0	0	0	-50	0	0	-50	Trave telaio	
8	8	9	0.00	0.00	8	9	1	25	Rett. 80 x 100	0	0	0	0	-50	0	0	-50	Secondario C.A	

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

Scavalco m.4.00

VINCOLI E CEDIMENTI NODALI

IDENTIFIC.		RIGIDEZZE TRASLANTI			RIGIDEZZE ROTAZIONALI			SCOSTAMENTI						VERSO SPOSTAMENTI UNILATERI					
Nodo3d N.ro	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Tr.X cm	Tr.Y cm	Tr.Z cm	Azim Grd	CoZe Grd	Ass. Grd	Tr.X	Tr.Y	Tr.Z	RotX	RotY	RotZ
2	P	1967	1967	100586	12366	12366	3014	0	0	0	0	0	0						
4	P	1967	1967	100586	12366	12366	3014	0	0	0	0	0	0						
6	P	1967	1967	100586	12366	12366	3014	0	0	0	0	0	0						
8	P	1967	1967	100586	12366	12366	3014	0	0	0	0	0	0						

CARICHI TERMICI/DISTRIBUITI/CONCENTRATI

CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 2 (p.p. + permanenti)						
IDENTI	FORZE CONCENTRATE			MOMENTI CONCENTRATI		
Nodo3d N.ro	Fx kN*10	Fy kN*10	Fz kN*10	Mx kN*10*m	My kN*10*m	Mz kN*10*m
3	0.0000	0.0000	-3.1040	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	-3.1040	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	-3.1040	0.0000	0.0000	0.0000

CARICHI TERMICI/DISTRIBUITI/CONCENTRATI

CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 3 (vento)						
IDENTI	FORZE CONCENTRATE			MOMENTI CONCENTRATI		
Nodo3d N.ro	Fx kN*10	Fy kN*10	Fz kN*10	Mx kN*10*m	My kN*10*m	Mz kN*10*m
3	0.0000	3.1500	0.0000	-11.0250	0.0000	0.0000
5	0.0000	3.1500	0.0000	-11.0250	0.0000	0.0000
7	0.0000	3.1500	0.0000	-11.0250	0.0000	0.0000

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI - LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

CARICHI TERMICI/DISTRIBUITI/CONCENTRATI

CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 4 (fatica)						
IDENTI	FORZE CONCENTRATE			MOMENTI CONCENTRATI		
Nodo3d N.ro	Fx kN*10	Fy kN*10	Fz kN*10	Mx kN*10*m	My kN*10*m	Mz kN*10*m
3	0.0000	0.4200	0.0000	-1.4700	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.4200	0.0000	-1.4700	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.4200	0.0000	-1.4700	0.0000	0.0000

COMBINAZIONI CARICHI - S.L.U.

DESCRIZIONI	1	2	3	4
Peso Strutturale	1.30	1.00	1.00	0.00
Perm.Non Strutturale	1.30	1.00	1.00	0.00
Esercizio	1.50	1.50	1.30	0.00
Fatica	0.00	0.00	0.00	2.00

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Esercizio	1.00
Fatica	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Esercizio	0.50
Fatica	0.00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Esercizio	0.00
Fatica	0.00

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI - LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 30 di 64

Scavalco m.4.00

SPOSTAMENTI NODALI COMBINAZIONE 1 - S.L.U.

Nodo spaz.	Sx (mm)	Sy (mm)	Sz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
1	0.000	1.585	-0.006	-.000912	0.000059	0.000149
2	0.000	1.674	-0.041	-.000912	0.000059	0.000149
3	0.000	1.880	-0.127	-.001121	0.000061	0.000130
4	0.000	1.929	-0.149	-.001094	0.000063	0.000119
5	0.000	2.116	-0.283	-.001378	0.000000	0.000000
6	0.000	1.929	-0.149	-.001094	-.000063	-.000119
7	0.000	1.880	-0.127	-.001121	-.000061	-.000130
8	0.000	1.674	-0.041	-.000912	-.000059	-.000149
9	0.000	1.585	-0.006	-.000912	-.000059	-.000149

SPOSTAMENTI NODALI COMBINAZIONE 2 - S.L.U.

Nodo spaz.	Sx (mm)	Sy (mm)	Sz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
1	0.000	1.585	-0.005	-.000912	0.000045	0.000149
2	0.000	1.674	-0.031	-.000912	0.000045	0.000149
3	0.000	1.880	-0.097	-.001121	0.000047	0.000130
4	0.000	1.929	-0.114	-.001094	0.000049	0.000119
5	0.000	2.116	-0.218	-.001378	0.000000	0.000000
6	0.000	1.929	-0.114	-.001094	-.000049	-.000119
7	0.000	1.880	-0.097	-.001121	-.000047	-.000130
8	0.000	1.674	-0.031	-.000912	-.000045	-.000149
9	0.000	1.585	-0.005	-.000912	-.000045	-.000149

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI - LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 31 di 64

SPOSTAMENTI NODALI COMBINAZIONE 3 - S.L.U.

Nodo spaz.	Sx (mm)	Sy (mm)	Sz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
1	0.000	1.374	-0.005	-.000791	0.000045	0.000129
2	0.000	1.451	-0.031	-.000791	0.000045	0.000129
3	0.000	1.630	-0.097	-.000972	0.000047	0.000113
4	0.000	1.672	-0.114	-.000948	0.000049	0.000103
5	0.000	1.834	-0.218	-.001194	0.000000	0.000000
6	0.000	1.672	-0.114	-.000948	-.000049	-.000103
7	0.000	1.630	-0.097	-.000972	-.000047	-.000113
8	0.000	1.451	-0.031	-.000791	-.000045	-.000129
9	0.000	1.374	-0.005	-.000791	-.000045	-.000129

SPOSTAMENTI NODALI COMBINAZIONE 4 - S.L.U.

Nodo spaz.	Sx (mm)	Sy (mm)	Sz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
1	0.000	0.282	0.000	-.000162	0.000000	0.000026
2	0.000	0.298	0.000	-.000162	0.000000	0.000026
3	0.000	0.334	0.000	-.000199	0.000000	0.000023
4	0.000	0.343	0.000	-.000194	0.000000	0.000021
5	0.000	0.376	0.000	-.000245	0.000000	0.000000
6	0.000	0.343	0.000	-.000194	0.000000	-.000021
7	0.000	0.334	0.000	-.000199	0.000000	-.000023
8	0.000	0.298	0.000	-.000162	0.000000	-.000026
9	0.000	0.282	0.000	-.000162	0.000000	-.000026

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI - LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 32 di 64

REAZIONI VINCOLARI COMBINAZIONE 1- S.L.U.

Nodo 3D	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mx (t*m)	My (t*m)	Mz (t*m)
2	0.000	-3.293	4.096	11.284	-0.731	-0.449
4	0.000	-3.795	14.957	13.523	-0.782	-0.358
6	0.000	-3.795	14.957	13.523	0.782	0.358
8	0.000	-3.293	4.096	11.284	0.731	0.449

REAZIONI VINCOLARI COMBINAZIONE 2- S.L.U.

Nodo 3D	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mx (t*m)	My (t*m)	Mz (t*m)
2	0.000	-3.293	3.151	11.284	-0.562	-0.449
4	0.000	-3.795	11.505	13.523	-0.602	-0.358
6	0.000	-3.795	11.505	13.523	0.602	0.358
8	0.000	-3.293	3.151	11.284	0.562	0.449

REAZIONI VINCOLARI COMBINAZIONE 3- S.L.U.

Nodo 3D	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mx (t*m)	My (t*m)	Mz (t*m)
2	0.000	-2.854	3.151	9.779	-0.562	-0.389
4	0.000	-3.289	11.505	11.720	-0.602	-0.310
6	0.000	-3.289	11.505	11.720	0.602	0.310
8	0.000	-2.854	3.151	9.779	0.562	0.389

REAZIONI VINCOLARI COMBINAZIONE 4- S.L.U.

Nodo 3D	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mx (t*m)	My (t*m)	Mz (t*m)
2	0.000	-0.585	0.000	2.006	0.000	-0.080
4	0.000	-0.675	0.000	2.404	0.000	-0.064
6	0.000	-0.675	0.000	2.404	0.000	0.064
8	0.000	-0.585	0.000	2.006	0.000	0.080

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI - LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 33 di 64

Scavalco m.4.00

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ELEVAZIONE

Filo Iniz. Fin. Ctgθ	Quota Iniz. Final AmpC	Tr a Alt	Sez Bas n	Co nc	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE							VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE													
					Co mb	M Exd (kN*10)*m	M Eyd	N Ed kN*10	x/ /d	ef% 100	ec% 100	Area sup inf	Co mb	V Exd kN*10	V Eyd kN*10	T Sdu kN10m	V Rxd kN*10	V Ryd kN*10	TRd (kN*10)*m	TRld	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	Staffe Pas Lun Fi	
1	0.00	25	1 1	-0.5	0.0	0.0	17	0	0	12.0	6.0	1	0.0	-0.8	0.0	40.2	102.4	35.0	0.0	0	1	0.0	25	30	10
2	0.00	80	3 1	-0.5	0.0	0.0	17	0	0	12.0	4.0	0	0.0	0.0	0.0	40.2	102.4	35.0	0.0	0	0	0.0	25	0	10
2.5	1.00	100	5 1	-0.5	0.0	0.0	17	0	0	12.0	6.0	1	0.0	-1.6	0.0	52.9	134.7	46.1	0.0	1	1	0.0	19	30	10
2	0.00	25	1 1	-1.2	-0.4	0.0	17	1	0	12.0	6.0	1	-3.3	2.5	11.3	52.9	134.7	46.1	11.3	30	31	19.2	19	70	10
3	0.00	80	3 1	-1.2	4.2	0.0	17	1	0	12.0	4.0	0	0.0	0.0	0.0	50.3	128.0	43.8	0.0	0	0	0.0	20	0	10
2.5	1.00	100	5 1	-0.4	4.2	0.0	17	0	0	12.0	6.0	1	-3.3	0.6	11.3	52.9	134.7	46.1	11.3	29	31	19.2	19	70	10
3	0.00	25	1 1	-2.5	4.2	0.0	17	1	0	12.0	6.0	1	1.4	-5.7	0.0	52.9	134.7	46.1	0.0	4	4	0.0	19	20	10
4	0.00	80	3 1	-2.5	4.2	0.0	17	1	0	12.0	4.0	0	0.0	0.0	0.0	40.2	102.4	35.0	0.0	0	0	0.0	25	0	10
2.5	1.00	100	5 1	-2.5	4.2	0.0	17	1	0	12.0	6.0	1	1.4	-6.1	0.0	52.9	134.7	46.1	0.0	4	5	0.0	19	20	10
4	0.00	25	1 1	-3.2	5.2	0.0	17	1	0	12.0	6.0	1	-2.4	8.8	8.3	179.5	182.8	42.5	8.3	26	24	14.1	19	93	10
5	0.00	80	3 1	10.8	8.9	0.0	17	5	1	12.0	12.0	1	-2.4	6.3	8.3	179.5	182.8	42.5	8.3	24	24	14.1	20	74	10
2.5	1.00	100	5 1	10.8	9.4	0.0	17	5	1	12.0	12.0	1	-2.4	4.3	8.3	179.5	182.8	42.5	8.3	23	22	14.1	19	93	10
5	0.00	25	1 1	10.8	9.4	0.0	17	5	1	12.0	12.0	1	2.4	-4.3	-8.3	179.5	182.8	42.5	8.3	23	22	14.1	19	93	10
6	0.00	80	3 1	10.8	8.9	0.0	17	5	1	12.0	12.0	1	2.4	-6.3	-8.3	179.5	182.8	42.5	8.3	24	24	14.1	20	74	10
2.5	1.00	100	5 1	-3.2	5.2	0.0	17	1	0	12.0	6.0	1	2.4	-8.8	-8.3	179.5	182.8	42.5	8.3	26	24	14.1	19	93	10
6	0.00	25	1 1	-2.5	4.2	0.0	17	1	0	12.0	6.0	1	-1.4	6.2	0.0	52.9	134.7	46.1	0.0	4	5	0.0	19	20	10
7	0.00	80	3 1	-2.5	4.2	0.0	17	1	0	12.0	4.0	0	0.0	0.0	0.0	40.2	102.4	35.0	0.0	0	0	0.0	25	0	10
2.5	1.00	100	5 1	-2.5	4.2	0.0	17	1	0	12.0	6.0	1	-1.4	5.6	0.0	52.9	134.7	46.1	0.0	4	4	0.0	19	20	10
7	0.00	25	1 1	-0.4	4.2	0.0	17	0	0	12.0	6.0	1	3.3	1.1	-11.3	52.9	134.7	46.1	11.3	29	31	19.2	19	70	10
8	0.00	80	3 1	-1.2	4.2	0.0	17	1	0	12.0	4.0	0	0.0	0.0	0.0	50.3	128.0	43.8	0.0	0	0	0.0	20	0	10
2.5	1.00	100	5 1	-1.2	-0.4	0.0	17	1	0	12.0	6.0	1	3.3	-0.8	-11.3	52.9	134.7	46.1	11.3	30	31	19.2	19	70	10
8	0.00	25	1 1	-0.5	0.0	0.0	17	0	0	12.0	6.0	1	0.0	1.6	0.0	52.9	134.7	46.1	0.0	1	1	0.0	19	30	10
9	0.00	80	3 1	-0.5	0.0	0.0	17	0	0	12.0	4.0	0	0.0	0.0	0.0	40.2	102.4	35.0	0.0	0	0	0.0	25	0	10
2.5	1.00	100	5 1	-0.5	0.0	0.0	17	0	0	12.0	6.0	1	0.0	0.7	0.0	40.2	102.4	35.0	0.0	0	1	0.0	25	30	10

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 34 di 64

Scavalco m.4.00

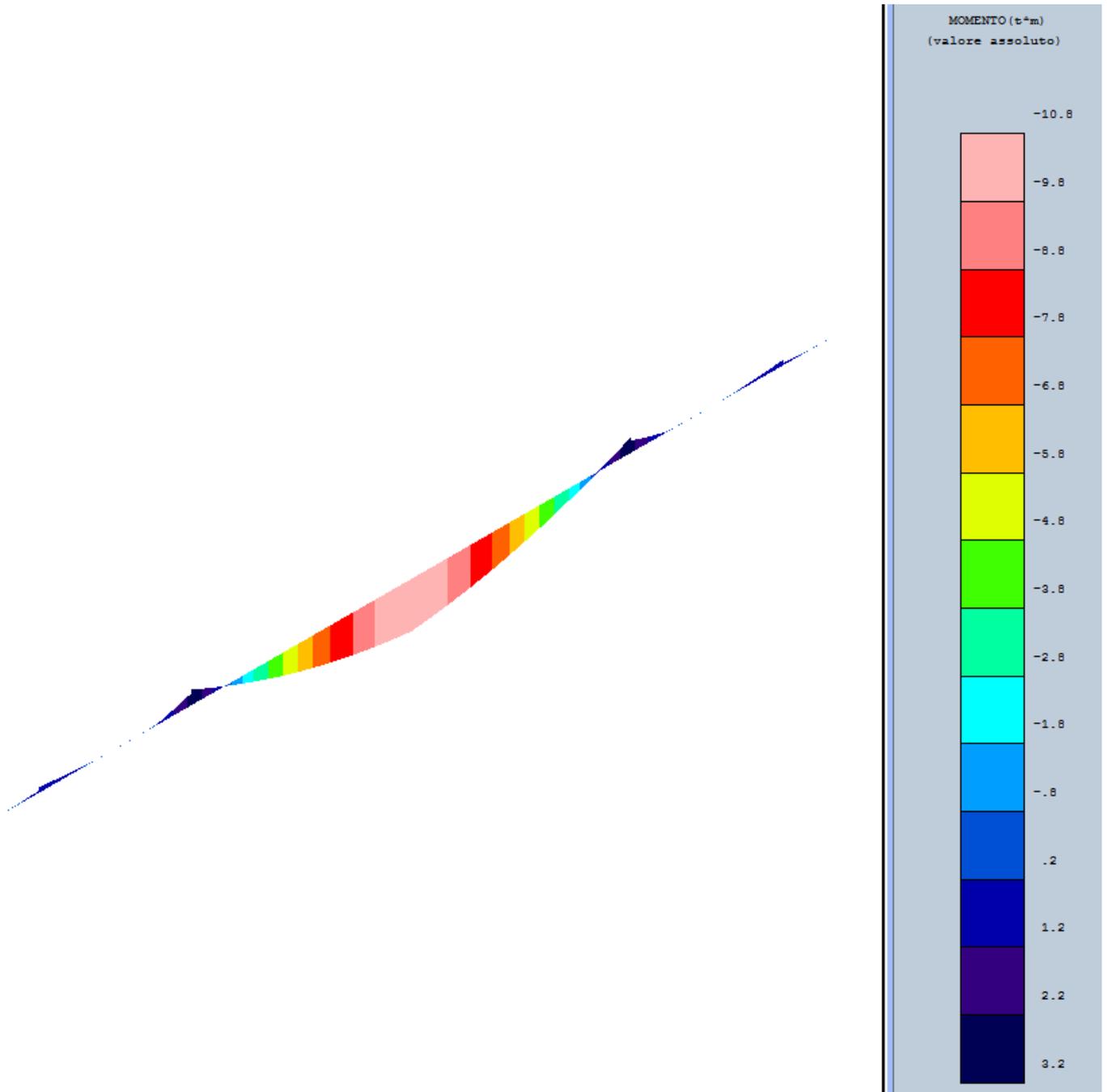
STAMPA VERIFICHE S.L.E. ELEVAZIONE

			FESSURAZIONE									FRECCHE			TENSIONI								
Filo N.ro	Quota (m)	Tra Nro	Combi Caric	Fessu. lim	mm cal	dist mm	Con cio	Com bin	Mf X (kN*10)*m	Mf Y (kN*10)*m	N kN*10	Frecce limite	mm calc	Com bin	Combinaz Carico	σ lim. -- daN/cm ² --	σ cal. --	Co nc	Comb	Mf X (kN*10)*m	Mf Y (kN*10)*m	N kN*10	
1	0.00		Rara												Rara cls	168.0	0.7	5	1	-0.4	0.0	0.0	
2	0.00		Freq	0.3	0.000	0	5	1	-0.4	0.0	0.0				Rara fer	3600	34	5	1	-0.4	0.0	0.0	
			Perm	0.2	0.000	0	5	1	-0.4	0.0	0.0				Perm cls	126.0	0.7	5	1	-0.4	0.0	0.0	
2	0.00		Rara												Rara cls	168.0	1.9	1	1	-0.9	-0.3	0.0	
3	0.00		Freq	0.3	0.000	0	5	1	-0.2	1.4	0.0				Rara fer	3600	86	1	1	-0.9	-0.3	0.0	
			Perm	0.2	0.000	0	1	1	-0.9	0.0	0.0				Perm cls	126.0	1.9	1	1	-0.9	0.0	0.0	
3	0.00		Rara												Rara cls	168.0	3.8	5	1	-1.9	2.4	0.0	
4	0.00		Freq	0.3	0.000	0	5	1	-1.9	1.2	0.0				Rara fer	3600	177	5	1	-1.9	2.4	0.0	
			Perm	0.2	0.000	0	5	1	-1.9	0.0	0.0				Perm cls	126.0	3.8	5	1	-1.9	0.0	0.0	
4	0.00		Rara												Rara cls	168.0	16.4	5	1	8.3	6.2	0.0	
5	0.00		Freq	0.3	0.000	0	5	1	8.3	3.1	0.0				Rara fer	3600	775	5	1	8.3	6.2	0.0	
			Perm	0.2	0.000	0	5	1	8.3	0.0	0.0				Perm cls	126.0	16.4	5	1	8.3	0.0	0.0	
5	0.00		Rara												Rara cls	168.0	16.4	1	1	8.3	6.2	0.0	
6	0.00		Freq	0.3	0.000	0	1	1	8.3	3.1	0.0				Rara fer	3600	775	1	1	8.3	6.2	0.0	
			Perm	0.2	0.000	0	1	1	8.3	0.0	0.0				Perm cls	126.0	16.4	1	1	8.3	0.0	0.0	
6	0.00		Rara												Rara cls	168.0	3.8	1	1	-1.9	2.4	0.0	
7	0.00		Freq	0.3	0.000	0	1	1	-1.9	1.2	0.0				Rara fer	3600	177	1	1	-1.9	2.4	0.0	
			Perm	0.2	0.000	0	1	1	-1.9	0.0	0.0				Perm cls	126.0	3.8	1	1	-1.9	0.0	0.0	
7	0.00		Rara												Rara cls	168.0	1.9	5	1	-0.9	-0.3	0.0	
8	0.00		Freq	0.3	0.000	0	1	1	-0.2	1.4	0.0				Rara fer	3600	86	5	1	-0.9	-0.3	0.0	
			Perm	0.2	0.000	0	5	1	-0.9	0.0	0.0				Perm cls	126.0	1.9	5	1	-0.9	0.0	0.0	
8	0.00		Rara												Rara cls	168.0	0.7	1	1	-0.4	0.0	0.0	
9	0.00		Freq	0.3	0.000	0	1	1	-0.4	0.0	0.0				Rara fer	3600	34	1	1	-0.4	0.0	0.0	
			Perm	0.2	0.000	0	1	1	-0.4	0.0	0.0				Perm cls	126.0	0.7	1	1	-0.4	0.0	0.0	

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 35 di 64

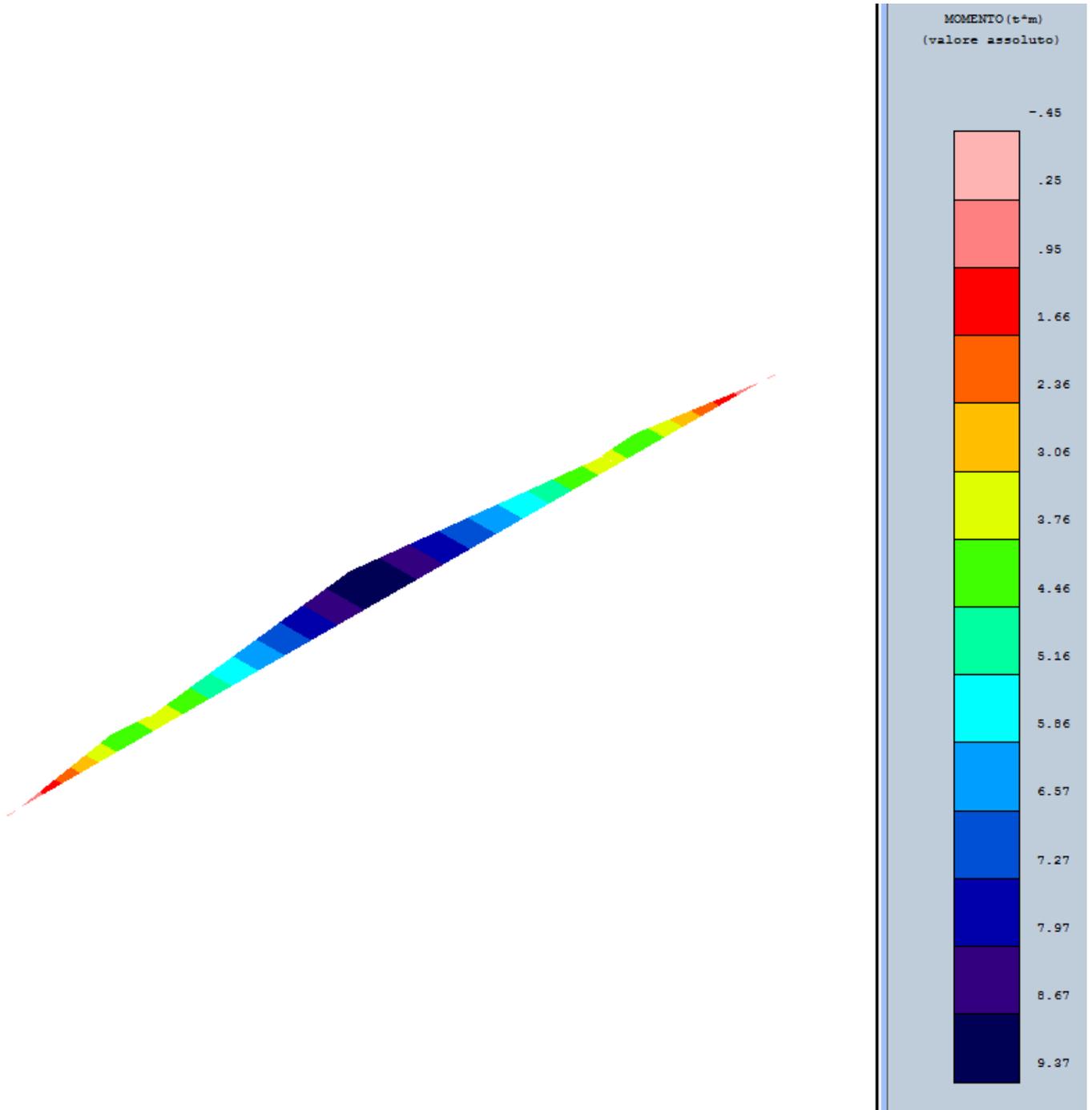
7.3.5 Diagrammi di sollecitazione

7.3.5.1 Inviluppo momenti flettenti Mx



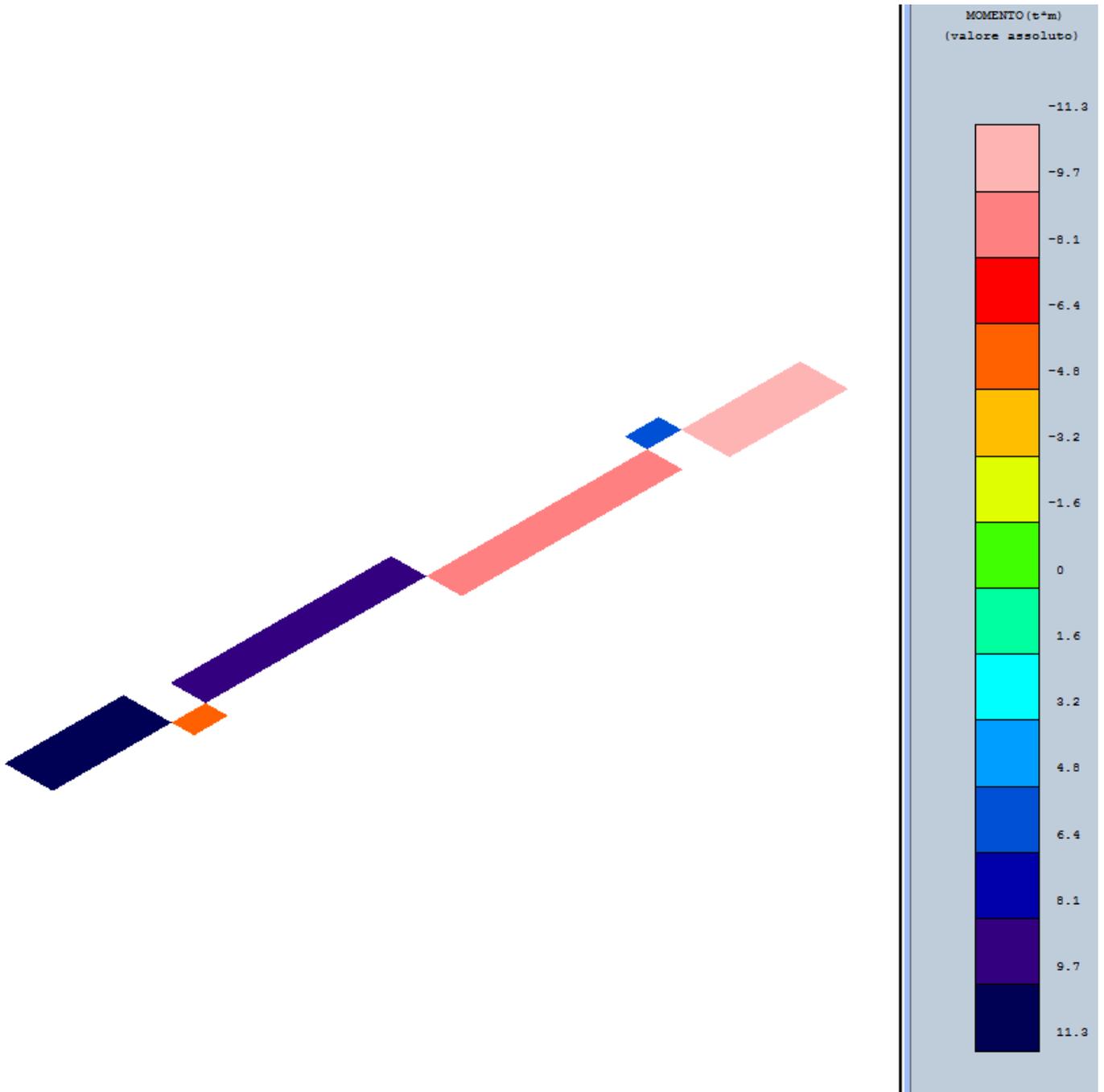
<p>S.T.E. srl Italiana Sistemi srl</p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m</p>	<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>INOG</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>RI 00 00 003</td> <td>B</td> <td>36 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 003	B	36 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 003	B	36 di 64								

7.3.5.2 Inviluppo momenti flettenti My



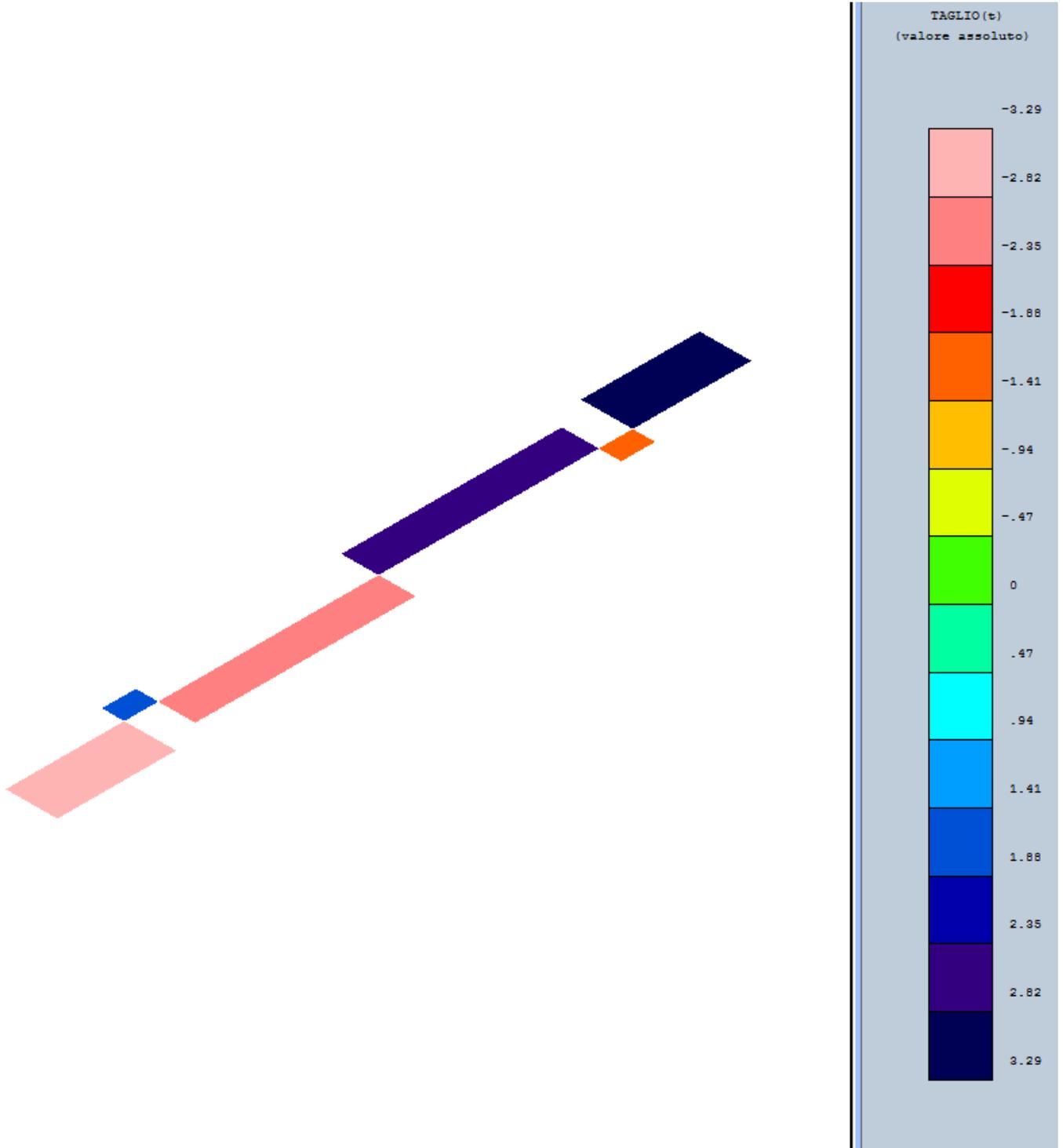
S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 37 di 64

7.3.5.3 Inviluppo momenti torcenti



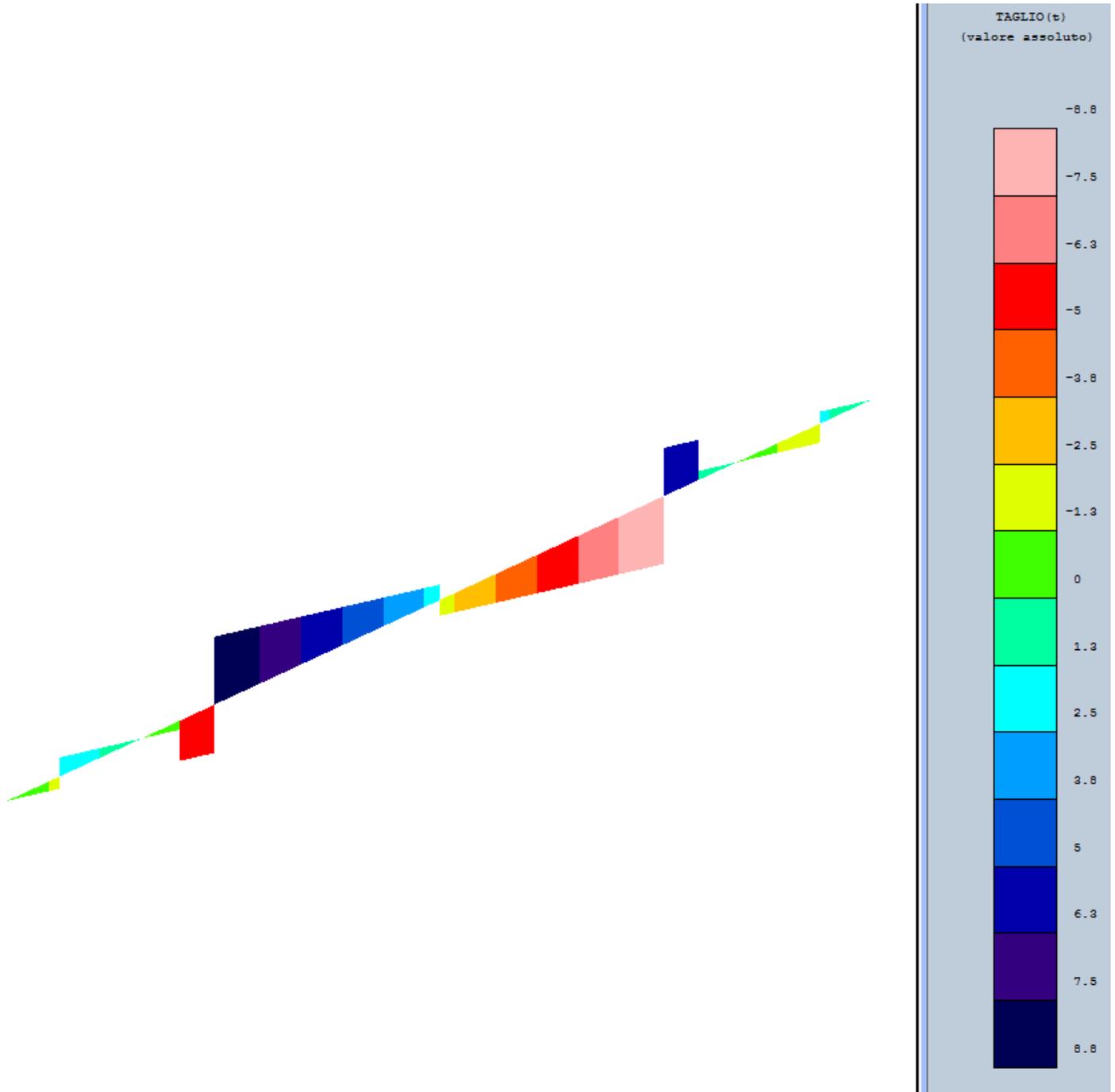
<p>S.T.E. srl Italiana Sistemi srl</p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</p>					
<p>RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m</p>	<p>COMMESSA INOG</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ CL</p>	<p>DOCUMENTO RI 00 00 003</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 38 di 64</p>

7.3.5.4 Inviluppo sforzi di taglio Tx



<p>S.T.E. srl Italiana Sistemi srl</p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m</p>	<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>INOG</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>RI 00 00 003</td> <td>B</td> <td>39 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 003	B	39 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 003	B	39 di 64								

7.3.5.5 Inviluppo sforzi di taglio Ty



<p>S.T.E. srl Italiana Sistemi srl</p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</p>					
<p>RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m</p>	<p>COMMESSA INOG</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ CL</p>	<p>DOCUMENTO RI 00 00 003</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 40 di 64</p>

7.4 Riepilogo

Sulla base dell'analisi effettuata si stabilisce la seguente armatura in piena sicurezza:

Ferri longitudinali superiori: da tabulato 12.00 cm², armatura effettiva: 6 ϕ 20

Ferri longitudinali inferiori: da tabulato 6.00 cm², armatura effettiva: 6 ϕ 20

Ferri di parete: da tabulato 19.2 cm², armatura effettiva 5+5 ϕ 16 = 20.1 cm²

Staffe a 4 braccia: da tabulato ϕ 10 / 19, armatura effettiva ϕ 10 / 15

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 41 di 64

7.5 Verifica a fatica

La verifica a fatica viene condotta in conformità alla Istruzione 44F: “Verifiche a fatica dei ponti ferroviari”. Poichè l'azione ciclica da fatica può agire indifferentemente nelle due direzioni, allora l'incremento totale di tensione coincide con il doppio dell'azione ciclica di progetto.

Tale combinazione coincide con la combinazione n.4 dell'analisi strutturale F.E.M. sopra riportata.

La verifica a fatica viene effettuata per le armature e il calcestruzzo, considerando le sollecitazioni di flessione, taglio e torsione.

7.5.1 Staffe

Sono date le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche:

Dimensione della trave trasversale alla direzione dello sforzo da fatica	b =	100	cm
Dimensione della trave nella direzione dello sforzo da fatica	h =	80	cm
Copriferro armatura	c =	6	cm
Staffatura 4 ϕ 10 passo 15	$A_{st} =$	20.94	cm ² /m
Inclinazione del puntone compresso	cotg $\theta =$	2.50	

Si determinano le tensioni come da indicazioni del D.M.2008, art. 4.1.2.1.3.2 e 4.1.2.1.4:

Tensione da Torsione: $\sigma_T = T / (2 \cdot A \cdot A_{st} \cdot \cotg \theta) = 3.21 \text{ Mpa}$

essendo:

Sforzo di torsione (da tabulato di calcolo strutturale, comb.4) $T = 20.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 Area della sezione del profilo periferico $A = (b-2c) \cdot (h-2c) = 5984 \text{ cm}^2$

Tensione da Taglio: $\sigma_V = V / (0.9 \cdot d \cdot A_{st} \cdot \cotg \theta) = 1.69 \text{ Mpa}$

essendo:

Sforzo di taglio Tx (da tabulato di calcolo strutturale, comb.4) $V = 5.90 \text{ kN}$
 Altezza utile della sezione $d = h-c = 74 \text{ cm}$

Tensione di verifica a fatica: $\Delta\sigma_s = \sigma_V + \sigma_T = 4.90 \text{ Mpa}$

La tensione è inferiore a 70 Mpa, come prescritto dalle Istruzioni 44F, pertanto la verifica è soddisfatta.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 42 di 64

7.5.2 Armatura longitudinale

Sono date le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche:

Dimensione della trave trasversale alla direzione dello sforzo da fatica	b =	100	cm
Dimensione della trave nella direzione dello sforzo da fatica	h =	80	cm
Copriferro armatura	c =	6	cm
Armatura inferiore e superiore	2 x	6	ϕ 20
Armatura laterale	2 x	5	ϕ 16

Si determinano le tensioni come da indicazioni del D.M.2008, art. 4.1.2.2.5 e 4.1.2.1.4:

Tensione da Torsione:	$\sigma_T = T \cdot u \cdot \cotg \theta / (2 \cdot A \cdot A_I) =$	22.66	Mpa
essendo:			
Sforzo di torsione (da tabulato di calcolo strutturale, comb.4)	T =	20.10	kN·m
Area della sezione del profilo periferico	A = (b-2c)·(h-2c) =	5984	cm ²
Perimetro della sezione anulare	u = 2 · [(b-2c)+(h-2c)] =	312	cm
Inclinazione del puntone compresso	cotg θ =	2.50	
Armatura longitudinale complessiva	A _I =	57.81	cm ²

Tensione da Flessione laterale: (verifica a flessione semplice)	$\sigma_M =$	15.48	Mpa
essendo:			
Flessione My (da tabulato di calcolo strutturale, comb.4)	M =	16.70	kN·m

Tensione di verifica a fatica:	$\Delta\sigma_s = \sigma_V + \sigma_T =$	38.14	Mpa
--------------------------------	--	-------	-----

La tensione è inferiore a 70 Mpa, come prescritto dalle Istruzioni 44F, pertanto la verifica è soddisfatta.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 43 di 64

7.5.3 Calcestruzzo

Sono date le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche:

Dimensione della trave trasversale alla direzione dello sforzo da fatica	b =	100 cm
Dimensione della trave nella direzione dello sforzo da fatica	h =	80 cm
Copriferro armatura	c =	6 cm
Inclinazione del puntone compresso	cotg θ =	2.50

Si determinano le tensioni come da indicazioni del D.M.2008, art. 4.1.2.1.3.2, 4.1.2.2.5 e 4.1.2.1.4:

Tensione da Torsione:	$\sigma_{c,T} = T / [2 \cdot A \cdot t \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta)] =$	0.41 Mpa
essendo:		
Sforzo di torsione (da tabulato di calcolo strutturale, comb.4)	T =	20.10 kN·m
Area della sezione del profilo periferico	A = (b-2c)·(h-2c) =	5984 cm ²
Spessore sezione anulare a torsione:	t =	12 cm

Tensione da Taglio:	$\sigma_{c,V} = V / [0.9 \cdot d \cdot b \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta)] =$	0.03 Mpa
essendo:		
Sforzo di taglio Tx (da tabulato di calcolo strutturale, comb.4)	V =	5.90 kN
Altezza utile della sezione	d = h-c =	74 cm

Tensione da Flessione laterale: (verifica a flessione semplice)	$\sigma_{c,M} =$	0.28 Mpa
essendo:		
Flessione My (da tabulato di calcolo strutturale, comb.4)	M =	16.70 kN·m

Tensione di verifica a fatica:	$\sigma_{c,max} = \sigma_{c,V} + \sigma_{c,T} + \sigma_{c,M} =$	0.71 Mpa
--------------------------------	---	----------

La tensione va confrontata con il valore ammissibile prescritto dalle Istruzioni 44F, calcolato come segue:

$$\sigma_{c,amm} = (0.5 + 0.45 \cdot \sigma_{c,min} / f_{cd,fat}) \cdot f_{cd,fat} \cdot v = 0.9 \cdot f_{cd,fat} = 2.93 \text{ Mpa}$$

essendo:

Tensione minima a fatica:	$\sigma_{c,min} =$	0 Mpa
	$f_{cd,fat} = 0.85 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot (1 - f_{ck}/250) =$	10.84 Mpa
Fattore riduttivo per carico applicato prima dei 28 gg.	$\beta_{cc}(t_0) =$	1
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo (C25/30)	$f_{ck} =$	25 Mpa
Resistenza di calcolo del calcestruzzo	$f_{cd} =$	14.17 Mpa
Fattore per presenza di bielle compresse a taglio	$v = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250) =$	0.54

Poiché la tensione a fatica $\sigma_{c,max}$ risulta inferiore a quella ammissibile $\sigma_{c,amm}$, la verifica è soddisfatta.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

7.5.4 Verifica di deformabilità

Alla deformabilità del montante metallico, calcolata e descritta nell'apposita relazione di calcolo dei montanti, bisogna aggiungere quella dovuta alla torsione sulla trave.

Dal tabulato di calcolo strutturale otteniamo una rotazione massima dell'asse trave $R_z = 0.000129$ rad, che dividendo per il coefficiente 1.5, moltiplicativo agli S.L.U., fornisce la rotazione in esercizio: $\vartheta = 0.000099$ rad, che comporta uno spostamento in testa al montante pari a :

$$s_{tors} = \vartheta \cdot (H_{trave} / 2 + L_{mont}) = 0.000099 \cdot (100/2 + 700) = 0.07 \text{ cm}$$

Lo spostamento del montante, dalla relazione di calcolo della struttura metallica, è pari a $s_{fless} = 3.7$ cm, per cui lo spostamento complessivo risulta:

$$s_{tot} = s_{tors} + s_{fless} = 0.07 + 3.7 = 3.77 \text{ cm.}$$

Poichè lo spostamento ammissibile è $s_{amm} < H/150 = 4.6$ cm, la verifica di deformabilità è soddisfatta.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

8 FONDAZIONI

8.1 Metodologia di analisi geotecnica e strutturale

8.1.1 Analisi ad elementi finiti

I pali di fondazione delle barriere, essendo prevalentemente sollecitati da carichi orizzontali, vengono calcolati mediante analisi agli elementi finiti, schematizzando il palo come trave su suolo Winkler, avente come coefficiente di sottofondo il modulo di reazione orizzontale del terreno.

In questo modo, invece di introdurre ipotesi arbitrarie sulla pressione passiva, viene preso in conto l'effettivo meccanismo resistente, che dipende dall'interazione tra il palo e il terreno circostante.

Per quanto riguarda la determinazione del modulo di reazione orizzontale del terreno, variabile con la profondità', si applica la formulazione di Bowles:

$$k_w(z) = 40 \cdot (c g_c N_c + q g_q N_q + 0,5 \gamma_t N_\gamma)$$

essendo N_c , N_q , N_γ i coefficienti di portanza di Brinch-Hansen:

$$N_c = (N_q - 1) / \tan\phi \quad \text{per } \phi > 0$$

$$N_q = \tan^2(\pi/4 + \phi/2) \cdot e^{\pi \tan\phi}$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan\phi$$

e g_c e g_q i coefficienti correttivi per l'inclinazione del terreno:

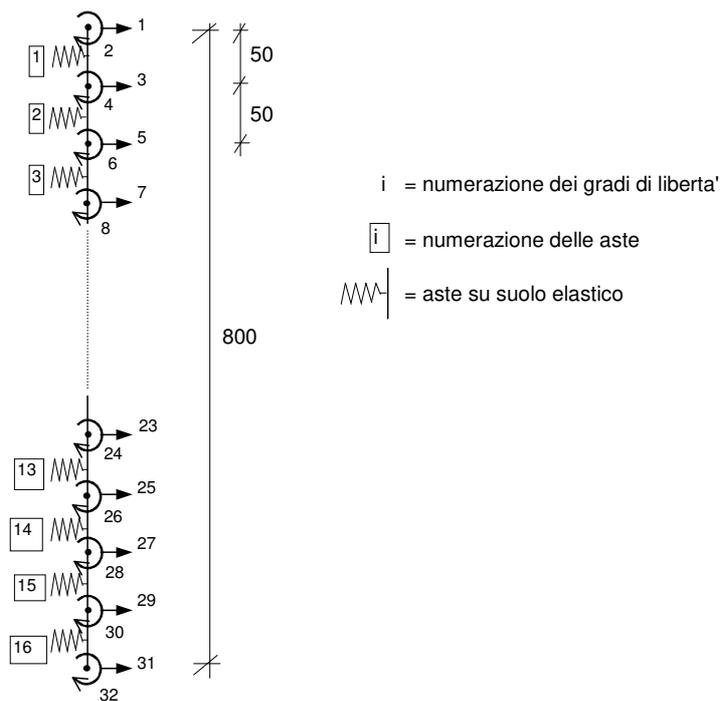
$$g_c = g_q = (1 - \tan\beta)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$\beta = \text{inclinazione del terreno } [^\circ]$$

La determinazione delle sollecitazioni, note le caratteristiche geometriche, meccaniche e di carico, viene condotta con i consueti criteri della scienza delle costruzioni, applicando il metodo degli spostamenti.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 46 di 64

Si riporta la schema statico adottato per pali da m.8.00, con mesh da m.0,50, con l'indicazione delle aste e dei gradi di libertà adottati e i valori di calcolo dei moduli di reazione orizzontale.



Inclinazione della scarpata a valle paratia: 34 °
 Profondità finale della scarpata a valle paratia: 2.5 m
 Diametro del palo D = 0.6 m

quota da fondo scavo [m]	coesione [t/m ²]	peso spec. [t/mc]	ang. attr. [°]	q [t/m ²]	N _c	N _q	N _γ	g _c , g _q	k _w [kg/cm ³]
0.00	0	1.9	30	0	30.14	18.401	22.402	0.1059447	0.5108
0.25	0	1.9	30	0.475	30.14	18.401	22.402	0.1059447	0.5478
0.75	0	1.9	30	1.425	30.14	18.401	22.402	0.1059447	0.6219
1.25	0	1.9	30	2.375	30.14	18.401	22.402	0.1059447	0.6960
1.75	0	1.9	30	3.325	30.14	18.401	22.402	0.1059447	0.7701
2.25	0	1.9	26	4.275	22.254	11.854	12.539	0.1059447	0.5006
2.75	0	1.9	26	5.225	22.254	11.854	12.539	1	2.7634
3.25	0	1.9	26	6.175	22.254	11.854	12.539	1	3.2139
3.75	0	1.9	26	7.125	22.254	11.854	12.539	1	3.6643
4.25	0	1.9	26	8.075	22.254	11.854	12.539	1	4.1148
4.75	0	1.9	26	9.025	22.254	11.854	12.539	1	4.5653
5.25	0	1.9	26	9.975	22.254	11.854	12.539	1	5.0157
5.75	0	1.9	26	10.925	22.254	11.854	12.539	1	5.4662
6.25	0	1.9	30	11.875	30.14	18.401	22.402	1	9.2513
6.75	0	1.9	30	12.825	30.14	18.401	22.402	1	9.9506
7.25	0	1.9	30	13.775	30.14	18.401	22.402	1	10.6498
7.75	0	1.9	30	14.725	30.14	18.401	22.402	1	11.3490
8.25	0	1.9	30	15.675	30.14	18.401	22.402	1	12.0483
8.75	0	1.9	30	16.625	30.14	18.401	22.402	1	12.7475
9.25	0	1.9	30	17.575	30.14	18.401	22.402	1	13.4468
9.75	0	1.9	30	18.525	30.14	18.401	22.402	1	14.1460

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 47 di 64

8.1.2 Calcolo della profondità di infissione

Per la valutazione della profondità di infissione del palo, si è assunto come criterio guida la minimizzazione dello spostamento a fondo scavo.

A tale scopo, per ogni tipologia di fondazione, si effettua una analisi per varie lunghezze di pali, diagrammando lo spostamento a fondo scavo in funzione della lunghezza di infissione.

In generale, lo spostamento si riduce al crescere della lunghezza di infissione, mentre la variazione dello spostamento tende ad azzerarsi in corrispondenza di una determinata lunghezza che sarà assunta come la lunghezza di infissione di progetto del palo, a meno di uno scarto di circa il 10 %.

8.1.3 Portanza per carichi laterali

Data la prevalenza dei carichi orizzontali sul palo, si effettua la verifica di capacità portante orizzontale, secondo la teoria di Reese e Broms.

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati della lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili sono indicati come “palo corto” (non si raggiunge il momento di plasticizzazione nel palo), “palo intermedio” (si raggiunge il momento di plasticizzazione nel palo all’attacco tra palo e cordolo, solo per palo con rotazione in testa impedita), “palo lungo” (il momento di plasticizzazione viene raggiunto anche in una sezione intermedia del palo).

Per pali liberi in testa di ruotare:

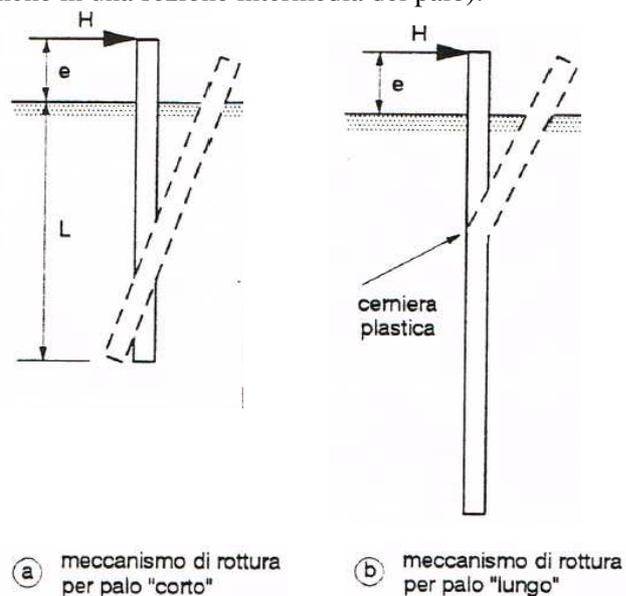


Figura 8-1: Meccanismi di rottura del palo

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 48 di 64

Definiti i seguenti parametri:

H_{lim} = azione orizzontale limite

K_p = coefficiente di spinta passiva

γ = peso specifico del terreno

d = diametro del palo

e = tratto di testa non reagente

L = tratto di palo infisso

M_y = momento di plasticizzazione del palo

si riporta la formulazione per palo libero in testa, in terreni incoerenti:

- palo corto:

$$\frac{H_{lim}}{k_p \gamma' d^3} = \frac{d}{2(e+L)} \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^3$$

- palo lungo:

$$\frac{H_{lim}}{k_p \gamma' d^3} \cdot \left(\frac{e}{d} + 0.544 \sqrt{\frac{H}{k_p \gamma' d^3}}\right) = \frac{M_y}{k_p \gamma' d^4}$$

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 49 di 64

8.1.4 Portanza per carichi verticali

La portanza resistente del palo a compressione risulta:

$$R_p = (Q_{punta} / \gamma_b + Q_{later} / \gamma_s) / \xi - 1.3 P'_{palo}$$

dove:

γ_b = coefficiente di sicurezza del palo per resistenza di punta

γ_s = coefficiente di sicurezza del palo per resistenza laterale

ξ = fattore di correlazione, funzione del numero di verticali indagate

Il fattore ξ è pari a ξ_3 per valori medi della resistenza del terreno, e ξ_4 per valori minimi della resistenza del terreno. Nel caso specifico si applica esclusivamente il valore ξ_4 , in quanto i parametri meccanici di progetto adottati si attestano già sui valori minimi riportati in Relazione Geotecnica.

Q_{punta} : Resistenza alla punta

In terreni incoerenti (secondo Berezantzev) :

$$Q_{punta} = \sigma'_v \cdot \alpha_q \cdot N_q \cdot A_p$$

α_q = coeff. di riduzione per effetto silos in funzione di L/D

L = lunghezza del palo

N_q = calcolato con ϕ^* secondo Kishida:

$$\phi^* = \phi' - 3^\circ \quad \text{per pali trivellati}$$

Q_{later} : Resistenza laterale

In terreni incoerenti:

$$Q_{later} = K \cdot \sigma'_v(z) \cdot \mu \cdot A_s$$

$\sigma'_v(z)$ = tensione verticale efficace lungo il fusto del palo

$K = (1 - \sin \phi')$ coefficiente di spinta per pali trivellati

$\mu = \tan \phi'$ coefficiente di attrito

P'_{palo} = Peso del palo, al netto del peso di terreno asportato

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

8.2 Dati di carico

I carichi trasmessi ai pali vengono desunti dall'analisi strutturale della trave, nel tabulato di calcolo "Reazioni vincolari", adottando i valori dei pali più sollecitati.

Sollecitazioni S.L.U.:

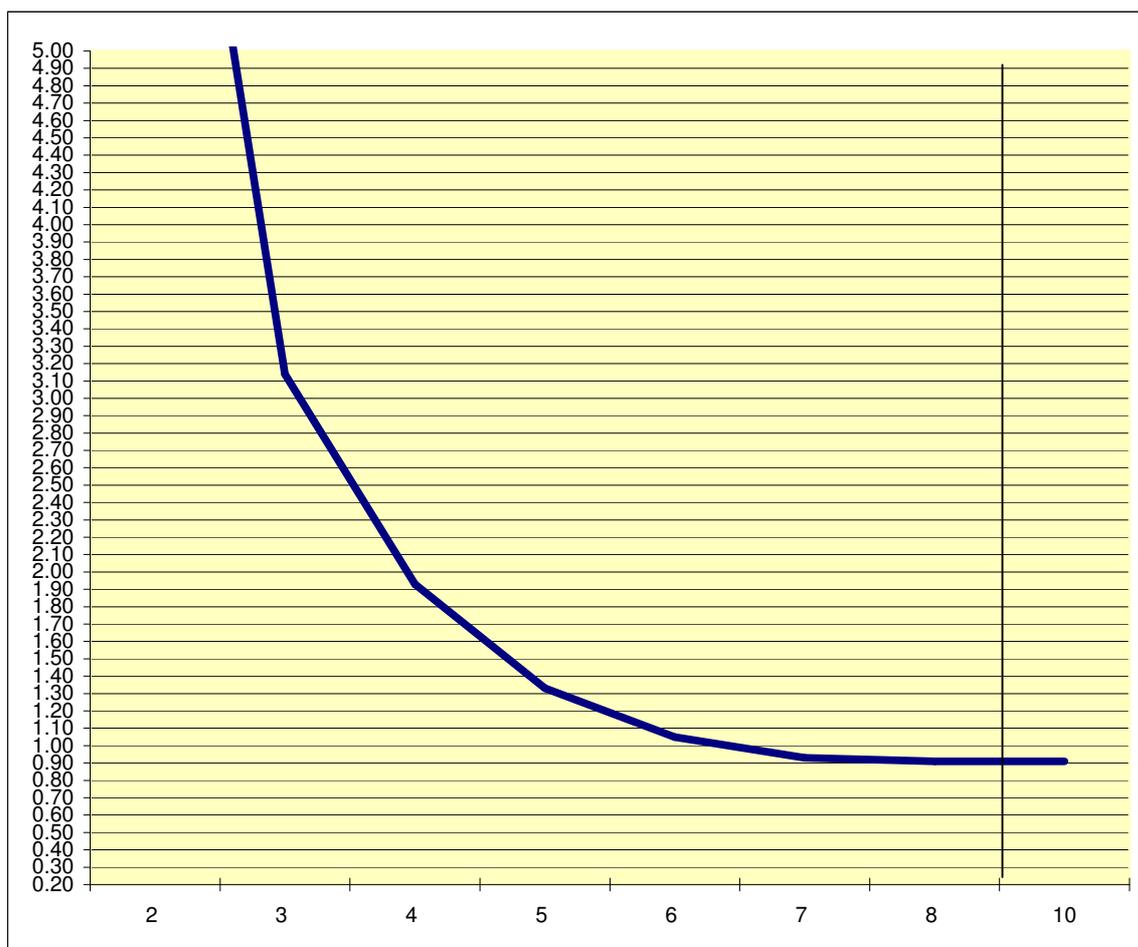
	N	V	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
C1	149.57	37.95	135.23
C2	115.05	37.95	135.23
C3	115.05	32.89	117.20

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 51 di 64

8.3 Calcolo profondità di infissione

Si riportano sinteticamente i risultati dell'analisi F.E.M. per varie lunghezze di palo, in termini di spostamento in testa alla fondazione (grado di libertà n.1), sottoposto ai carichi C1, assumendo come lunghezza di progetto quella per cui lo spostamento abbia uno scarto rispetto al minimo spostamento (palo di massima lunghezza) prossimo al 10%.

Lpali [m]	2	3	4	5	6	7	8	10
d_testa [cm]	7.84	3.14	1.93	1.33	1.05	0.93	0.91	0.91
scarto %	761.54	245.05	112.09	46.15	15.38	2.20	0.00	0.00



Lunghezza di progetto del palo
 Spostamento in testa alla fondazione

Lp = 8.00 m
 d_fs = 0.91 cm

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 52 di 64

8.4 Portanza a carichi orizzontali

Data la presenza della scarpata, si considerano inefficace il primo metro di terreno a valle.

Si effettua la verifica per la combinazione C3 che risulta la più penalizzante.

Angolo di attrito interno efficace	$\phi' =$	26 °
Peso specifico efficace	$\gamma' =$	19.00 kN/mc
Coefficiente di spinta passiva	$K_p =$	2.56
Rotazione in testa: 0: libera, 1:impedita		0
Quota di applicazione del carico da testa palo	$e_1 =$	3.56
Spessore di terreno superficiale non collaborante	$e_2 =$	1.00
Eccentricità effettiva del carico in testa	$e = e_1 + e_2 =$	4.56 m
Lunghezza efficace palo	$L =$	7.00 m
Diametro del palo	$d =$	0.6 m
Rapporto L/d	$L/d =$	11.667
Rapporto e/d	$e/d =$	7.6056
Armatura		20 ϕ 20
Momento di plasticizzazione	$M_y =$	556.6 kN·m
Rapporto di capacità portante orizzontale:	$H_{lim} / (K_p \gamma' d^3) =$	9.50 (palo lungo)
Carico limite orizzontale:	$H_{lim} =$	99.85 kN
Fattore di correlazione	$\xi_4 =$	1.21
Fattore riduttivo della resistenza:	$\gamma_T =$	1.6
Carico resistente orizzontale:	$H_R = H_{lim} / (\xi_4 \cdot \gamma_T) =$	51.58 kN
Coefficiente di sicurezza:	$H_R / V =$	1.57 > 1

La verifica è pertanto soddisfatta

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 53 di 64

8.5 Portanza a carichi verticali

Quota testa pali rispetto al piano di campagna 0 m

Coefficiente di sicurezza di $\tan\phi'$ per SLU M1 : $\gamma_M = 1$

Coefficiente di riduzione della resistenza	base	$\gamma_b =$	R1 1	R2 1.7
	laterale	$\gamma_s =$	1	1.45

Fattore di correlazione $\xi_4 = 1.21$

Strato	z max [m]	spessore [m]	ϕ' [°]	ϕ'_{SLU} [°]	γ' [kN/m ³]	σ'_v [kN/m ²]	$\sigma'_{v\text{ medio}}$ [kN/m ²]	K	tens.media palo [t/mq]
1	2	2	30	30	19	38	19	0.50	1.9
2	6	4	26	26	19	114	76	0.56	7.6
3	10	4	30	30	19	190	152	0.50	13.3
4	50	40	30	30	9	550	370	0.50	19

Lunghezza palo 8.00 m
 Diametro palo 0.6 m
 Rapporto L/D 13.33
 Palo iniettato a pressione (1: sì, 0: no) 0
 Inclinazione palo rispetto alla verticale 0 °
 Profondità punta palo 8.00 m

Angolo di attrito terreno alla punta 27.00 °
 Coefficiente di capacità portante N_q 21.19
 Coefficiente di riduzione α_q 0.59
 Pressione verticale alla punta 152 kN/m²
 Portata alla punta $Q_{punta} =$ 535.07 kN
 Portata laterale $Q_{later} =$ 322.38 kN
 Peso efficace del del palo $P'_{palo} =$ 13.57 kN

Coefficiente di efficienza di gruppo $E_g = 1$

	Combinazione:	C1	C2	C3
Portanza resistente	R_p [kN] =	691.00	691.00	426.23
Azione verticale	N [kN] =	149.57	115.05	115.05
Coefficiente di sicurezza		4.62	6.01	3.70

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 54 di 64

8.6 Verifica strutturale

8.6.1 Analisi delle sollecitazioni S.L.U.

Si analizza la combinazione C2 che risulta più gravosa per le verifiche strutturali.

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per scavalco L400**

Dati generali

Modulo elastico: 314470 kg/cm²
 Larghezza base travi Winkler: 60 cm

Coordinate e gradi di liberta' dei nodi

Nodo	X [cm]	Y [cm]	u	v	ϕ
1	0.0	0.0	0	1	2
2	50.0	0.0	0	3	4
3	100.0	0.0	0	5	6
4	150.0	0.0	0	7	8
5	200.0	0.0	0	9	10
6	250.0	0.0	0	11	12
7	300.0	0.0	0	13	14
8	350.0	0.0	0	15	16
9	400.0	0.0	0	17	18
10	450.0	0.0	0	19	20
11	500.0	0.0	0	21	22
12	550.0	0.0	0	23	24
13	600.0	0.0	0	25	26
14	650.0	0.0	0	27	28
15	700.0	0.0	0	29	30
16	750.0	0.0	0	31	32
17	800.0	0.0	0	33	34

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 55 di 64

Caratteristiche geometriche delle aste

Asta	tipo	A[cm ²]	J[cm ⁴]	Kw[kg/cm ³]	Nodo1	Nodo2	Inclin.[°]	Lungh.[cm]	K1	K2
1	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	1	2	0.00	50.0		
2	fondaz.	2827.0	636173.0	0.6	2	3	0.00	50.0		
3	fondaz.	2827.0	636173.0	0.7	3	4	0.00	50.0		
4	fondaz.	2827.0	636173.0	0.8	4	5	0.00	50.0		
5	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	5	6	0.00	50.0		
6	fondaz.	2827.0	636173.0	2.8	6	7	0.00	50.0		
7	fondaz.	2827.0	636173.0	3.2	7	8	0.00	50.0		
8	fondaz.	2827.0	636173.0	3.7	8	9	0.00	50.0		
9	fondaz.	2827.0	636173.0	4.1	9	10	0.00	50.0		
10	fondaz.	2827.0	636173.0	4.6	10	11	0.00	50.0		
11	fondaz.	2827.0	636173.0	5.0	11	12	0.00	50.0		
12	fondaz.	2827.0	636173.0	5.5	12	13	0.00	50.0		
13	fondaz.	2827.0	636173.0	9.2	13	14	0.00	50.0		
14	fondaz.	2827.0	636173.0	10.0	14	15	0.00	50.0		
15	fondaz.	2827.0	636173.0	10.6	15	16	0.00	50.0		
16	fondaz.	2827.0	636173.0	11.4	16	17	0.00	50.0		

Carichi applicati

Combinazione di carico n. 1: C2

Nodo	Fh[kg]	Fv[kg]	M[kg·cm]
1	0	3795	-1352300

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 56 di 64

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per scavalco L400**

Spostamenti nodali [cm],[rad]

Combinazione di carico n. 1: C2

d (1) =	0.9149
d (2) =	-0.0037
d (3) =	0.7363
d (4) =	-0.0034
d (5) =	0.5764
d (6) =	-0.0030
d (7) =	0.4365
d (8) =	-0.0026
d (9) =	0.3169
d (10) =	-0.0022
d (11) =	0.2176
d (12) =	-0.0018
d (13) =	0.1379
d (14) =	-0.0014
d (15) =	0.0766
d (16) =	-0.0011
d (17) =	0.0320
d (18) =	-0.0007
d (19) =	0.0015
d (20) =	-0.0005
d (21) =	-0.0174
d (22) =	-0.0003
d (23) =	-0.0275
d (24) =	-0.0001
d (25) =	-0.0313
d (26) =	0.0000
d (27) =	-0.0309
d (28) =	0.0000
d (29) =	-0.0282
d (30) =	0.0001
d (31) =	-0.0245
d (32) =	0.0001
d (33) =	-0.0205
d (34) =	0.0001

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 57 di 64

Sollecitazioni nelle aste

Convenzione sui segni delle sollecitazioni:

Momenti flettenti: positivi se tendono le fibre inferiori di aste orizzontali, o se tendono le fibre sinistre di aste verticali

Sforzi normali : positivi se di compressione

Combinazione di carico n. 1:

Asta	N1 [kg]	T1 [kg]	M1 [kg·cm]	N2 [kg]	T2 [kg]	M2 [kg·cm]	z [cm]	Mz [kg·cm]	σ [kg/cm ²]
1	0	-3793	-1352294	0	-2459	-1507632	48.0	-1504515	0.49
2	0	-2459	-1507656	0	-1241	-1599003	48.0	-1597416	0.46
3	0	-1241	-1599012	0	-196	-1633529	48.0	-1633261	0.40
4	0	-197	-1633555	0	670	-1620350	8.0	-1634462	0.34
5	0	670	-1620366	0	1068	-1576333	0.0	-1619515	0.16
6	0	1067	-1576321	0	2526	-1483689	0.0	-1574930	0.60
7	0	2526	-1483675	0	3545	-1329397	0.0	-1480475	0.44
8	0	3545	-1329401	0	4127	-1135573	0.0	-1324944	0.28
9	0	4127	-1135568	0	4320	-922817	0.0	-1130398	0.13
10	0	4320	-922818	0	4199	-708740	48.0	-713997	0.01
11	0	4199	-708740	0	3852	-506813	48.0	-511641	
12	0	3852	-506813	0	3363	-326171	48.0	-330391	
13	0	3363	-326170	0	2494	-179771	48.0	-182916	
14	0	2494	-179770	0	1609	-77513	48.0	-79551	
15	0	1609	-77514	0	766	-18608	48.0	-19591	
16	0	766	-18608	0	0	0	48.0	-21	

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 58 di 64

8.6.2 Verifica a pressoflessione

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - **Palo diametro cm.60 scavalco L400**

Dati generali

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm²]: 450.0
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm²]: 30.0

Geometria della sezione

Diametro della sezione [cm]: 60.0

Armature della sezione

Copriferro delle armature [cm]: 7
 Armatura complessiva : 20 ø 20

Sollecitazioni di progetto

Combinazione	N [kN]	Mx [kN·cm]	My [kN·cm]
1 C2	115.05	16344.00	0.00

Verifiche

Comb.	λ_{min}	Nd [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Nlim [kN]	μ_N	Mxd [kN·cm]	Mmin [kN·cm]	Mmax [kN·cm]	μ_{Mx}
1	395	115.05	-1713.31	5554.65	5796.21	48.28	16689.15	-47398.38	47398.38	2.84

S.T.E. srl
Italiana Sistemi srl

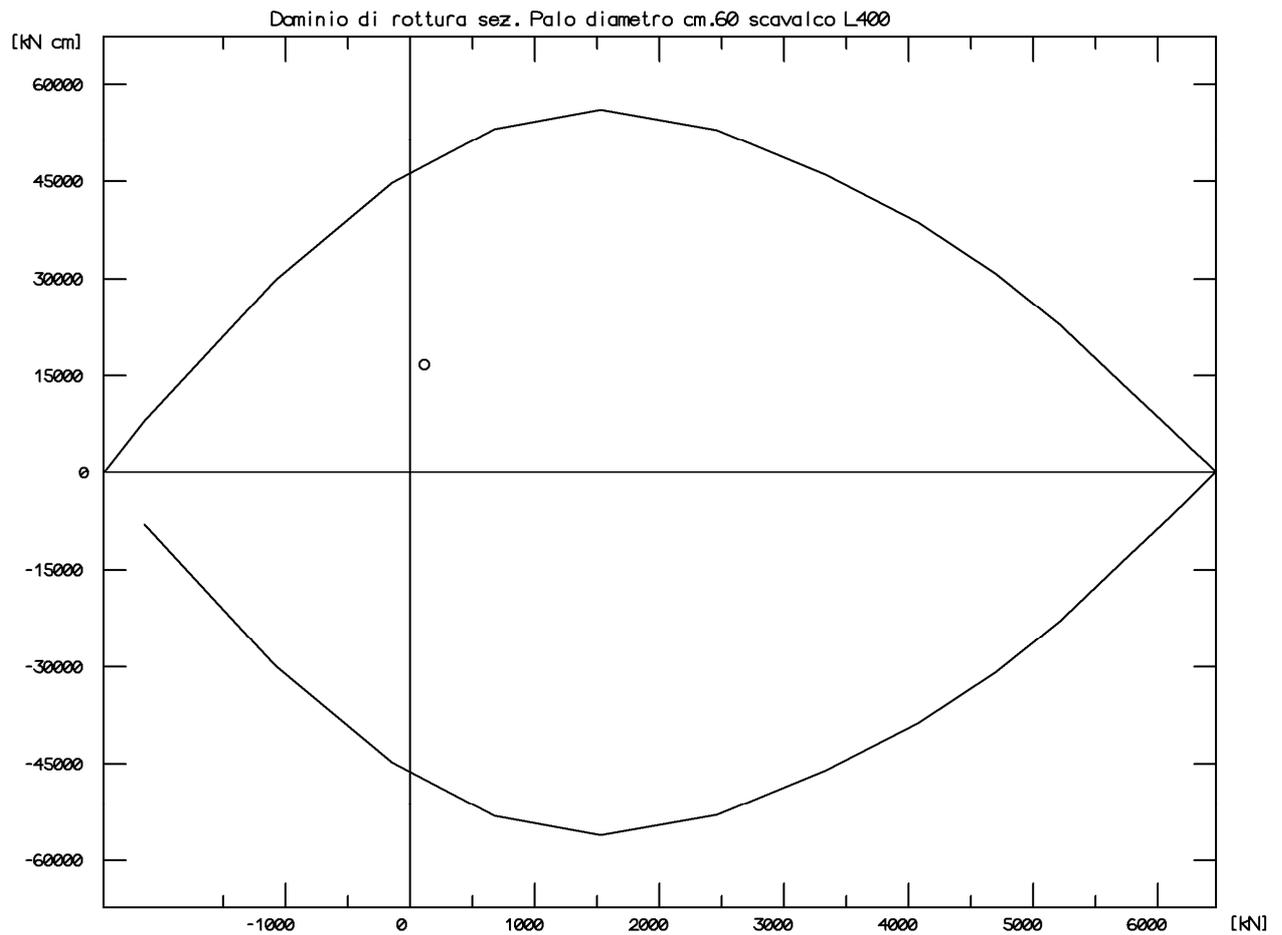
LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

PROGETTO ESECUTIVO

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI –
LUCE DA 4.00m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 003	B	59 di 64



S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 60 di 64

8.6.3 Verifica a fessurazione

Il procedimento adottato è quello indicato dalla Circolare M.LL.PP. 02/02/2009, art. 4.1.2.2.4.6.

La sollecitazione flettente di calcolo allo S.L.E. frequente si determina dal momento di calcolo allo S.L.U. adottato per la verifica a pressoflessione, moltiplicato per il fattore $0.5 / 1.5 = 0.334$.

Dati geometrici e meccanici

Diametro della sezione	D =	60 cm
Diametro della barra:	\varnothing =	2 cm
Area della barra equivalente:	ω_b =	3.14 cm ²
Ricoprimento armatura:	c =	5 cm
Copriferro medio d'armatura:	c_f =	6 cm
Numero totale delle barre	n_{tot} =	20
Distanza tra le barre:	s =	7.5 cm
Resistenza caratteristica del calcestruzzo:	R_{ck} =	30 N/mm ²
Resistenza media a compressione del calcestruzzo	$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$ =	32.9 N/mm ²
Resistenza media a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot (0.83 R_{ck})^{2/3}$ =	2.56 N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo:	$E_c = 22'000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ =	31447 N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio:	E_s =	210000 N/mm ²
Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo:	α_c =	6.6779

Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura: ε_{sm}

Combinazione frequente:	
Sforzo normale di calcolo: (da verifica a pressoflessione)	N = 115.05 kN
Momento flettente di calcolo: (da verifica a pressoflessione x 0.334)	M = 5458.90 kN·cm
Tensione di lavoro dell'acciaio:	σ_s = 42.2 N/mm ²
Asse neutro, da bordo inferiore	x' = 33.1 cm
Asse neutro, da bordo superiore	x = 26.9 cm
Spessore di calcestruzzo efficace:	$h_{c,eff}$ = 11.0 cm
Angolo al centro del segmento circolare efficace:	α = 101.571 °
Area di calcestruzzo efficace:	$A_{c,eff}$ = 357 cm ²
Angolo al centro della corda circolare di armatura entro l'area efficace	α_1 = 75.577 °
Lunghezza della corda circolare di armatura:	lcc = 63.32 cm
Area di acciaio nell'area di calcestruzzo efficace:	A_s = 26.38 cm ²
Rapporto tra acciaio e area di cls efficace	$\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff}$ = 0.07392
Coefficiente di durata dei carichi:	k_t = 0.6
Deformazione unitaria media dell'armatura: $\varepsilon_{sm} = [(\sigma_s \cdot k_t \cdot f_{ctm} \cdot (1 + \alpha_c \cdot \rho_{eff}) / \rho_{eff}) / E_s]$	= 0.00012

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 61 di 64

Calcolo della distanza massima tra le fessure: Δ_{smax}

Coefficiente di aderenza delle barre: $k_1 = 0.8$

Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni: $k_2 = 0.5$

Combinazione frequente:

Distanza massima tra le fessure: $\Delta_{smax} = 3.4 \cdot c + 0.425 \cdot k_1 k_2 \cdot \sigma / \rho_{eff} = 21.60 \text{ cm}$

Calcolo della larghezza caratteristica delle fessure: w_k

Combinazione frequente:

Larghezza caratteristica delle fessure: $w_k = 1.7 \cdot \Delta_{smax} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0443 \text{ mm}$

Valore limite imposto alla larghezza delle fessure: $w_{max} = 0.40 \text{ mm}$

Essendo w_k inferiore a w_{max} , la verifica è pienamente soddisfatta.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 62 di 64

8.6.4 Verifica a taglio

Resistenza caratteristica cubica, a 28 giorni:	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Resistenza di calcolo per S.L.U. di taglio e torsione	$f_{cd} =$	14.11	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} =$	7.06	N/mm ²

Diametro palo:	$D =$	60	cm
Larghezza del quadrato equivalente:	$b_w =$	51.21	cm
Copriferro armature:	$c =$	5	cm
Altezza utile della sezione:	$d =$	46.21	cm
Lunghezza del palo:	$L_p =$	800	cm

Verifica di resistenza delle bielle di conglomerato compresso:			
Inclinazione del puntone compresso	$\cotg \theta =$	2.50	
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$			
		518.19	kN

Sollecitazione di taglio massimo:	$V_{Ed} =$	43.20	kN
-----------------------------------	------------	-------	----

$$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$$A_{staffe} = \text{Area staffe di progetto} > A_{min}$$

Staffatura minima:	$A_{min} =$	7.68	cm ² /m
--------------------	-------------	------	--------------------

V_{Ed}	A_{sw}	bracci	ϕ	passo "s"	A_{staffe}	V_{Rwd}
kN	cm ² /m	n.	mm	cm	cm ² /m	kN
43.20	1.06	2	10	20	7.85	307.33

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA IN0G	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B

9 CONCLUSIONI E CONFRONTI

Nel presente capitolo viene riportato il confronto, in termini di coefficienti di sicurezza nei riguardi della stabilità delle opere di fondazione dello scavalco oggetto della presente Relazione.

Analogamente a quanto fatto nella Relazione di Calcolo delle fondazioni (IN0G00EZZCLRI0000001C) si mettono dunque a confronto i coeff. di sicurezza relativi alla soluzione con micropali adottata dal PD per le fondazioni dello scavalco L=4.00 m e la soluzione su mediopali $\phi 600$ che il PE adotta per tutti gli scavalchi previsti nel PE

Nella tabella a seguire sono riportati e messi a confronto i valori dei coefficienti di sicurezza della soluzione di PD (micropali) e quelli della soluzione di PE; i primi desunti dalla relazione di calcolo dello scavalco L=4.00 m del PD (IN4104D26CLRI0000003B) i secondi dalla presente Relazione di Calcolo.

Le verifiche messe a confronto sono:

- la verifica alla portanza orizzontale
- la verifica alla portanza verticale
- la verifica strutturale del palo o del micropalo

Altezza barriere	Soluzione del PD (micropali)			Soluzione del PE (pali $\phi 60$)					
	portanza ai carichi orizzontali	portanza ai carichi verticali	Verifica strutturale micropalo	portanza a carichi orizzontali		portanza a carichi verticali		verifica strutturale (presso flessione)	
	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	pag.	coeff.	pag.	coeff.	pag.
H6.5	1.75	1.67	1,14	1,57	51	3,70	52	2,84	57

Dalla tabella si evince chiaramente che i meccanismi di rottura rispetto a quali i coefficienti di sicurezza assumono valori minimi sono diversi per le due soluzioni: la verifica critica per i micropali è la verifica strutturale del micropalo, mentre la verifica critica delle fondazione su mediopali, è quella relativa alla portanza orizzontale. Per entrambe le soluzioni i coefficienti di sicurezza sono sensibilmente superiori al minimo di norma.

Mettendo a confronto i coefficienti di sicurezza minimi per le due soluzioni, e quindi quelli relativi alla verifica strutturale per i micropali e quelli relativi alla verifica alla portanza orizzontale per i pali, si riscontra un aumento dei coefficienti di sicurezza minimi nel passare dalla soluzione di PD alla soluzione di PE.

S.T.E. srl Italiana Sistemi srl	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA					
RELAZIONE DI CALCOLO ATTRAVERSAMENTI – LUCE DA 4.00m	COMMESSA INOG	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 003	REV. B	FOGLIO 64 di 64

In definitiva la soluzione per lo scavalco L=4.00 m su mediopali del PE è caratterizzata da un margine di sicurezza maggiore nei riguardi della stabilità rispetto alla soluzione su micropali del PD dello scavalco di pari luce.

A conclusione dei raffronti sopra riportati è opportuno evidenziare i due seguenti ulteriori aspetti

- le altre verifiche strutturali dei pali di fondazione (taglio, torsione, ecc.), seppur riportate nella presente relazione, non sono state messe a confronto con le soluzioni di PD in quanto, essendo caratterizzate da coeff. di sicurezza molto maggiori rispetto ai minimi di norma, non risultano significative.
- come esplicitato al Capitolo 6, le verifiche di cui alla presente Relazione sono state condotte assumendo una stratigrafia più conservativa rispetto a quella del PD, di conseguenza anche il confronto riportato in tabella risulta essere conservativo, nel senso che il calcolo di PE ripetuto con la stratigrafia di PD restituirebbe valori dei coeff. di sicurezza certamente maggiori rafforzando la conclusione per la quale la soluzione su pali del PE è caratterizzata da un maggior margine di sicurezza alla stabilità rispetto alla soluzione su micropali