



Comune di Pianoro  
Bologna



UNIONE DEI COMUNI  
SAVENA - IDICE



CITTÀ  
METROPOLITANA  
DI BOLOGNA

# COMUNE DI PIANORO

CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA

## PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PERCORSO CICLOPEDONALE NEL PARCO FLUVIALE DEL TORRENTE SAVENA

### PROGETTISTI:

Ing. Pierpaolo Freo



Via San Donato 85  
40127 Bologna  
tel +39 051 331037  
studio@saperetecnico.it

### COLLABORATORI:

Dott. Ing. Ettore Volta Beccadelli Grimaldi

Via Carlo Goldoni 16  
40033 Casalecchio di Reno, Bologna  
+39 051 18899096  
evbg@fastwebnet.it - etторе.volta@unibo.it

Ing. Michela Campesato

Via del Piano 2758  
40059 Medicina, Bologna  
+39 333 8963201  
michela.campesato@gmail.com

Ing. Francesca Ricchiuto

Via San Donato 85  
40127 Bologna  
tel +39 051 331037  
studio@saperetecnico.it

Ing. Matteo Emmi

Via Cracovia 17/C  
40139 Bologna  
+39 347 2583580  
ing.emmi@fastwebnet.it

### COMMITTENTE:

Comune di Pianoro  
Piazza dei Martiri 1  
40065 Pianoro (BO)

### IL SINDACO:

Gabriele Minghetti

RESPONSABILE UNICO  
DEL PROCEDIMENTO:  
Arch. Loredana Maniscalco

COLLABORATORE:  
Geom. Fabio Guidetti

ELABORATO N.

PD\_ST

Relazione strutture

DATA:

MARZO 2018

SCALA:

-

### AGGIORNAMENTI

Data			
Tecnico			

Sostituisce dis.:

Sostituito da:

**DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN**  
Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna  
e-mail: [friedrich.drollmann@me.com](mailto:friedrich.drollmann@me.com) – fax: 051-399512 – tel: 051-399542

## **COMUNE DI PIANORO**

### **REALIZZAZIONE DI PASSERELLA CICLOPEDONALE NEL PARCO FLUVIALE DEL TORRENTE SAVENA**

#### **PROGETTO DEFINITIVO**

## **REL01**

### ***RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE STRUTTURALI***

**Il Committente:**

Comune di Pianoro  
Piazza dei Martiri n. 1, 40065 Pianoro (BO)

**Il tecnico incaricato:**

Dott. Ing. Friedrich Drollmann  
Via Ghiselli n. 6 – 40134 Bologna

**I collaboratori:**

Dott. Ing. Giada Gasparini

Bologna, febbraio 2018

## INDICE

1.	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	2
1.1	Definizione dell'organismo strutturale.....	2
1.2	Condizioni d'uso e livelli di sicurezza della costruzione.....	4
2.	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Norme di riferimento cogenti .....	5
2.2	Altre norme e documenti tecnici integrativi.....	5
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
3.1	Caratterizzazione geomorfologica del sito.....	8
4.	ANALISI DEI CARICHI.....	8
5.	LA PERICOLOSITA' SISMICA E GLI SPETTRI DI RIFERIMENTO UTILIZZATI NELLE ANALISI .....	9
6.	COMBINAZIONE DELL' AZIONE SISMICA CON I CARICHI STATICI.....	12
7.	LA MODELLAZIONE NUMERICA DELLA STRUTTURA .....	15
7.1	Metodologia di modellazione ed analisi .....	17
7.2	Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche e dei vincoli interni ed esterni... .....	18
7.3	Risultati dell'analisi modale.....	18
8.	PRINCIPALI RISULTATI: CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE EFFETTUATE.....	21
8.1	Verifica degli elementi strutturali in termini di resistenza allo SLV: struttura in elevazione.. .....	21
8.1.1	Correnti, diagonali e traversi in acciaio .....	21
8.2	Verifica degli elementi strutturali in termini di resistenza allo SLV: strutture di fondazione.. .....	25

## 1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione illustra i criteri di progetto che sono stati utilizzati per la concezione strutturale della Passerella Ciclopedonale da realizzarsi nel Parco Fluviale del Torrente Savena.

### 1.1 Definizione dell'organismo strutturale

La passerella ciclopedonale è classificata secondo il DM 14/01/2008 come ponte stradale di 3° Categoria:

#### **5.1.3.3.4 Categorie Stradali**

Sulla base dei carichi mobili ammessi al transito, i ponti stradali si suddividono nelle tre seguenti categorie:

1<sup>a</sup> Categoria: ponti per il transito dei carichi mobili sopra indicati con il loro intero valore;

2<sup>a</sup> Categoria: come sopra, ma con valori ridotti dei carichi come specificato nel seguito;

**3<sup>a</sup> Categoria: ponti per il transito dei soli carichi associati allo Schema 5 (passerelle pedonali).**

Sul manufatto dovrà essere applicato un contrassegno permanente, chiaramente visibile, indicante la categoria e l'anno di costruzione del ponte.

Il DM 17/01/2018 (Aggiornamento delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni) suddivide i ponti stradali in 2 categorie, facendo rientrare nella seconda i ponti ciclopedonali:

#### **5.1.3.3.4 Categorie Stradali**

Sulla base dei carichi mobili ammessi al transito, i ponti stradali si suddividono nelle due seguenti categorie:

ponti per il transito dei carichi mobili sopra indicati con il loro intero valore;

**ponti per il transito dei soli carichi associati allo Schema 5 (ponti pedonali).**

L'accesso ai ponti pedonali di carichi diversi da quelli di progetto deve essere materialmente impedito.

Lo Schema 5 di carico cui si riferiscono entrambe le norme tecniche è il carico dovuto alla folla, pari al valore nominale di  $500 \text{ daN/m}^2$  su tutte le campate e tutta la sede stradale.

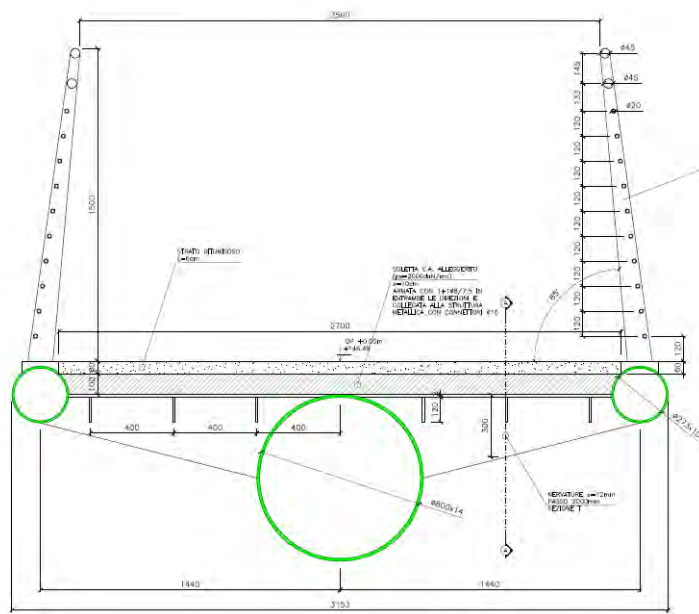
#### DM 14/01/2008

**Schema di Carico 5:** costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Il valore di combinazione è invece di  $2,5 \text{ kN/m}^2$ . Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.

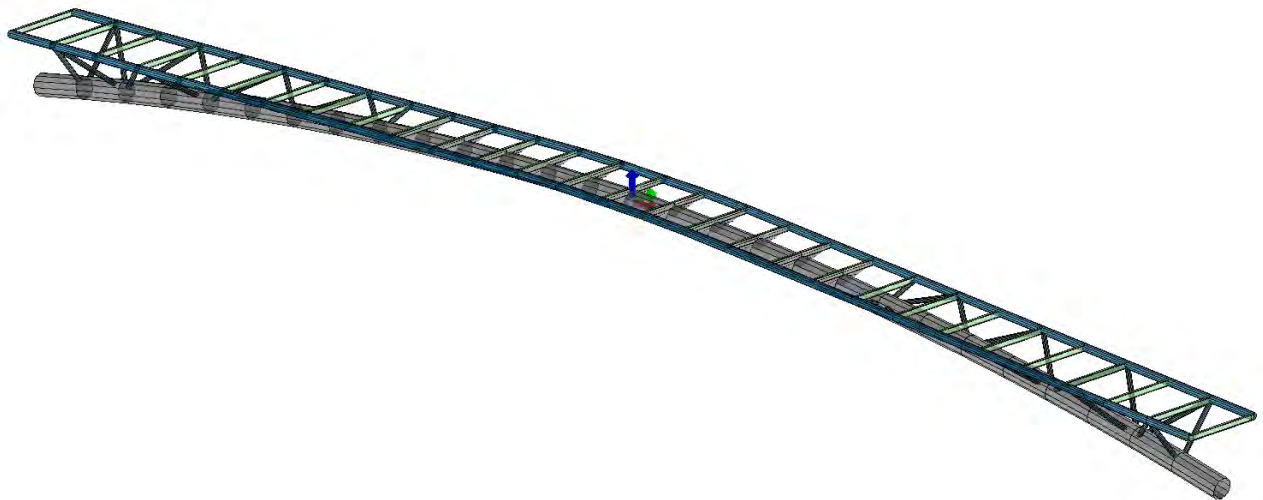
#### DM 17/01/2018

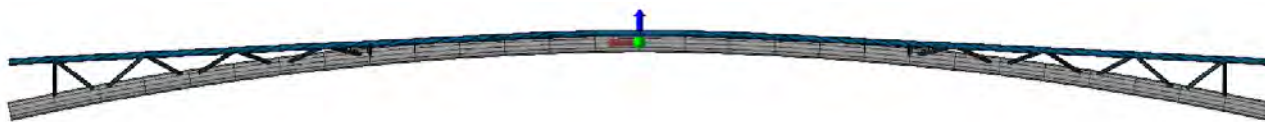
**Schema di Carico 5:** costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Il valore di combinazione è invece di  $2,5 \text{ kN/m}^2$ . Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.

La passerella di lunghezza 58,0m e larghezza stradale 3,0m (con larghezza utile 2,5m a causa del parapetto inclinato verso l'interno) è realizzata in acciaio, con un profilo tubolare inferiore ad arco, di sezione  $\phi 800 \times 14 \text{ mm}$  con freccia in mezzzeria pari a 3,4m. I due correnti superiori sono profili tubolari in acciaio di sezione  $\phi 273 \times 10 \text{ mm}$ ; i diagonalali sono profili tubolari in acciaio di sezione  $\phi 168,3 \times 5 \text{ mm}$ . I traversi dell'impalcato sono profili IPE200, posti ad interasse pari a 2,0m. L'impalcato stradale è realizzato con una soletta in c.a. di spessore 10cm di calcestruzzo alleggerito classe C28/35 ( $\gamma = 2000 \text{ daN} / \text{m}^3$ ).



**Sezione trasversale**





**Vista longitudinale**

Le spalle della passerella sono manufatti in c.a. di calcestruzzo classe C28/35, fondate ciascuna su 9 pali in c.a. di sezione circolare  $\phi 1000$  di lunghezza 16,0m.

## **1.2 Condizioni d'uso e livelli di sicurezza della costruzione**

La Passerella Ciclopedonale del Savena viene classificata come costruzione di Tipo 2 e di Classe II (secondo quanto specificato all'interno delle “*Norme Tecniche per la Costruzioni*” D.M. 14/01/2008 paragrafo 2.4.2). Poiché per gli edifici di Tipo 2 e Classe IV si ha  $V_N = 50\text{anni}$  (vita nominale della struttura) e  $C_U = 1,0$  (coefficiente d'uso), il periodo di riferimento per l'azione sismica (D.M. 14/01/2008 paragrafo 2.4.3) vale, quindi:  $V_R = V_N \cdot C_U = 50\text{anni}$ .

La Passerella Ciclopedonale del Savena è realizzata nel Comune di Pianoro, per cui, secondo la classificazione sismica allegata all'Ordinanza PCM n 3274 del 20/03/03 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” il Comune è situato in zona 3.

## **2.      NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO**

La progettazione delle strutture è stata sviluppata nel rispetto delle normative elencate:

### **2.1    Norme di riferimento cogenti**

L'analisi effettuata e il dimensionamento della struttura è stato sviluppato nel rispetto delle normative elencate:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Legge 5/11/71 n. 1086</b>  | - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale, precompresso e per le strutture metalliche.   |
| <b>D.M. 14/01/2008</b>        | - Norme Tecniche per le Costruzioni   |
| <b>OPCM 3274 del 20/03/03</b> | - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica: <i>Allegato 1 - classificazione sismica del territorio italiano</i> |
| <b>D.M. 17/01/2018</b>        | - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni   |

### **2.2    Altre norme e documenti tecnici integrativi**

Così come previsto nel Capitolo 1 del D.M. 14/01/2008, circa le indicazioni applicative per l'ottenimento delle prescritte prestazioni, per quanto non espressamente specificato nel D.M. stesso, ci si è potuti riferire alle indicazioni riportate nei seguenti documenti tecnici, ciascuno per i propri ambiti di applicazione:

- |   |   |
|---|---|
| <b>Circolare n. 617 del<br/>02/02/2009</b>            | - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008   |
| <b>CNR 10011/1997</b>                                 | - Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione il collaudo e la manutenzione.  |
| <b>Eurocodice 8<br/>prEN1998-1<br/>UNI 11104:2004</b> | - Design of structures for earthquake resistance.<br>Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings<br>Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1 |
| <b>EUROCODICI<br/>strutturali</b>                     | pubblicati dal CEN con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN  |

Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI

Istruzioni del consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Linee guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

***DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN***  
*Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna*  
*e-mail: friedrich.drollmann@me.com – fax: 051-399512 – tel: 051-399542*

Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.)

Possono essere utilizzati anche altri codici internazionali, purché sia dimostrato che il livello di sicurezza garantito non sia inferiore a quello dei codici sopra citati.



### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

FE B450C

Tensione caratteristica a snervamento  $f_{yk} = 4500 daN / cm^2$

Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} = 5400 daN / cm^2$

#### Conglomerato per opere di fondazione (impalcato, spalle e pali)

Classe di resistenza C28/35 -  $R_{ck} \geq 35 N/mm^2$

Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 165 daN / cm^2$

Classe di esposizione 2b

Classe di consistenza S4-S5

Dimensione inerte max 15-20 mm

#### Acciaio da carpenteria

UNI EN 10025-2 S355 ( $t \leq 40mm$ ) laminati a caldo con profili a sezione aperta

UNI EN 10210-1 S355H ( $t \leq 40mm$ ) laminati a caldo con profili a sezione cava

Resistenza a snervamento  $f_{yk} = 3550 daN / cm^2$

Resistenza a rottura  $f_{tk} = 5100 daN / cm^2$

#### Bulloni

ad alta resistenza di classe minima 8.8

Resistenza a snervamento  $f_{yb} = 6490 daN / cm^2$

Resistenza a rottura  $f_{tb} = 8000 daN / cm^2$

### 3.1 Caratterizzazione geomorfologica del sito

Le indagini sismiche sul suolo di fondazione sono riportate all'interno della relazione "Studio geologico-tecnico dei terreni del primo sottosuolo di un'area situata tra Via Nenni e Via del Savena, sulla quale è in progetto la realizzazione di una passerella ciclopedonale" effettuata dal Laboratorio Geoprobe di Bologna, recante data febbraio 2018.

I risultati sono riportati nel seguito:

- terreno di tipo C

Come riportato nella relazione sismica allegata, i terreni del primo sottosuolo con riferimento al p.c., presentano una  $V_{s30}$ , pari a 288 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria C, che comprende "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < C_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine").

## 4. ANALISI DEI CARICHI

Per quanto concerne i carichi verticali, ai fini dell'analisi complessiva e delle varie combinazioni da considerare, sono stati applicati i seguenti carichi:

impalcato stradale (soletta in c.a. di spessore  $s=10$ cm)

p.p. soletta (cls alleggerito)	200	daN/m <sup>2</sup>
carico permanente (bitume)	100	daN/m <sup>2</sup>
carico variabile (folla uniformemente distribuita)	500	daN/m <sup>2</sup>
<u>carico complessivo</u>	<u>800</u>	<u>daN/m<sup>2</sup></u>

Si evidenzia che per le verifiche SLU si sono considerate le sollecitazioni derivanti dalla deformazione termica che nascono dall'applicazione di un gradiente di temperatura (azione indiretta) pari a  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$ .

## 5. LA PERICOLOSITA' SISMICA E GLI SPETTRI DI RIFERIMENTO UTILIZZATI NELLE ANALISI

La Passerella Ciclopedonale del Savena è realizzata nel Comune di Pianoro, per cui, secondo la classificazione sismica allegata all'Ordinanza PCM n 3274 del 20/03/03 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* il Comune è situato in zona 3.

La Passerella Ciclopedonale del Savena viene classificata come costruzione di Tipo 2 e di Classe II (secondo quanto specificato all'interno delle *“Norme Tecniche per la Costruzioni”* D.M. 14/01/2008 paragrafo 2.4.2). Poiché per gli edifici di Tipo 2 e Classe IV si ha  $V_N = 50\text{anni}$  (vita nominale della struttura) e  $C_U = 1,0$  (coefficiente d'uso), il periodo di riferimento per l'azione sismica (D.M. 14/01/2008 paragrafo 2.4.3) vale, quindi:  $V_R = V_N \cdot C_U = 50\text{anni}$ .

La pericolosità sismica del sito definiscono le azioni sismiche sulla base delle quali effettuare la progettazione; i parametri sismici legati alla zona di costruzione sono sotto riportati:


**EdiLus-MS**  
Mappe Sismiche

Available on the  
App Store

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "Contrada Rosole, 13 BAGNOLI IRPINO"

Mappe Satellite



Google

<http://www.acca.it/edilus-ms> 44.39818882, 11.33330127

Lattitudine (WGS84)  
44.39625891

Longitudine (WGS84)  
11.33747842

Lattitudine (ED50)  
44.388014

Longitudine (ED50)  
11.338609

Altitudine (mt)  
0

Classe dell'edificio  
II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Vita Nominale Struttura  
50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica  
50

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_y/g$ [-]	$F_a$ [-]	$T_e$ [s]
Operatività	30	0.058	2.477	0.260
Danno	50	0.072	2.463	0.270
Salvaguardia Vita	475	0.169	2.475	0.300
Prevenzione Collasso	975	0.211	2.497	0.310

[Termini e Condizioni di utilizzo di EdiLus-MS](#)

**ACCA**  
ACCA SOFTWARE  
Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35  
P.IVA 01883740647 - E-mail: [info@acca.it](mailto:info@acca.it)

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Ai fini del D.M. 14/01/2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito

$F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale (valore minimo pari a 2,2)

$T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono sotto riportate /Tabella 3.2.I del D.M. 14/01/2008):

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

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del sisma vale:

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

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

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

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

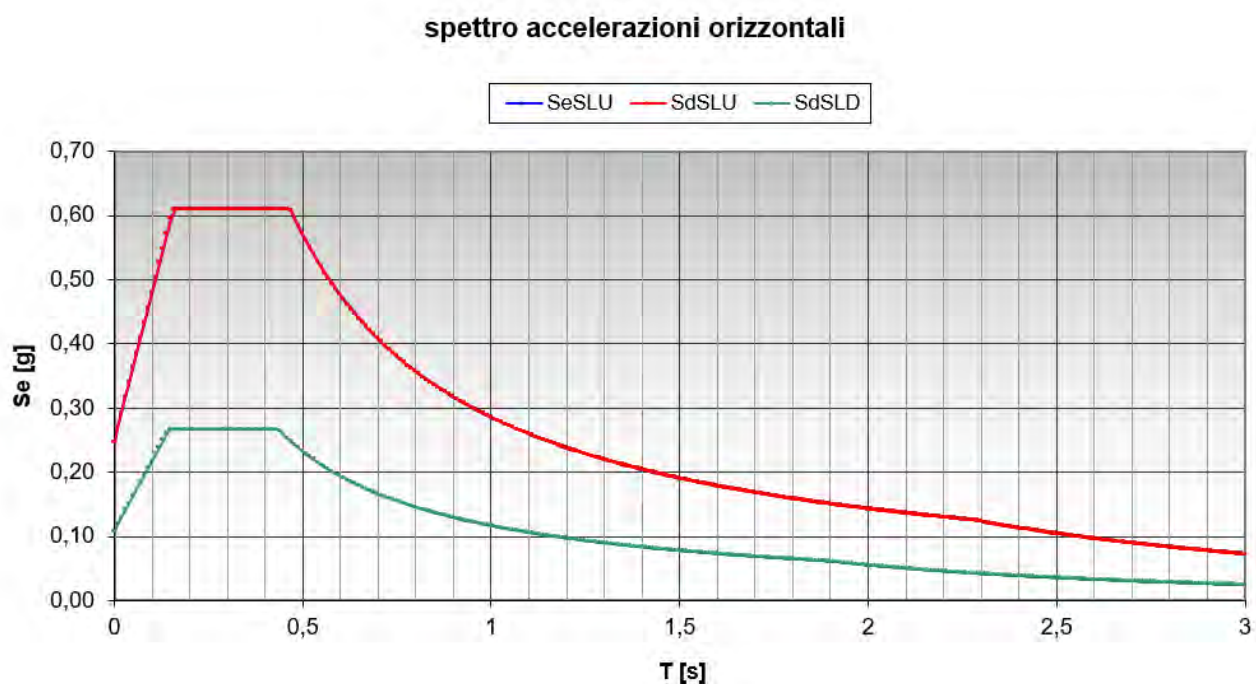
I valori che si ottengono per lo spettro di risposta della componente orizzontale del sisma, per lo Stato Limite di Danno SLD utilizzato per l'analisi dell'edificio vale

$$a_g = 0,072g \quad F_0 = 2,463 \quad T_C^* = 0,270\text{sec}$$

I valori che si ottengono per lo spettro di risposta della componente orizzontale del sisma, per lo Stato Limite Ultimo SLV utilizzato per l'analisi dell'edificio sono i seguenti:

$$a_g = 0,170g \quad F_0 = 2,475 \quad T_C^* = 0,300\text{sec}$$

A favore di sicurezza, si considera per le analisi un fattore di struttura unitario (struttura con comportamento in campo elastico)  $q = 1,0$ . Dalla relazione geologica si evince, inoltre, che la classe sismica del terreno è la classe C. La figura seguente riporta lo spettro di progetto per lo SLD (verde) e per lo SLV (rosso) uguale allo spettro elastico.



L'accelerazione massima di progetto nel plateau vale  $S_{d-\max} = 0,609g$

(periodi di vibrazione del plateau:  $T_b = 0,16\text{sec}$ ,  $T_c = 0,46\text{sec}$ ).

## 6. COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON I CARICHI STATICI

La combinazione delle azioni dei carichi statici è stata effettuata in conformità a quanto previsto al cap. 2.5.3 del D.M. 14/01/2008; le azioni variabili sono state combinate utilizzando i coefficienti di combinazione desunti dalla tabella 2.5.1 ( $\psi_0 = 0,7$ ,  $\psi_1 = 0,7$ ,  $\psi_2 = 0,6$ ).

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza sono desunti dalla tabella 2.6.1 in conformità all'Approccio 2 per stati limiti strutturali e geotecnici ( $\gamma_{G1} = 1,3$ ,  $\gamma_{G2} = 1,3$ ,  $\gamma_Q = 1,5$ ).

Le azioni sismiche necessarie per la combinazione sismica sono state valutate in conformità al cap. 3.2 del D.M. 14/01/2008.

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

dove:

$G_1, G_2$  rappresentano i pesi propri (permanenti) degli elementi strutturali e non strutturali,

$E$  azione sismica per lo stato limite in esame

$\psi_{2i}$  rappresenta il coefficiente di combinazione delle azioni variabili (quasi permanente);

$Q_{K1}, Q_{K2}$  carichi variabili (valore caratteristico)

Sono state analizzate le seguenti combinazioni di carico per gli edifici:

In definitiva sono state utilizzati i seguenti casi di carico elementari (cdc):

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (pp soletta + permanente)	
3	Qsk	CDC=Qsk (variabile folla)	
4	Qtk	CDC=Qtk (carico termico) dT= 15.00	variazione termica:15.00
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. R)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (pp soletta + permanente)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=Qsk (variabile folla)
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. R)	come precedente CDC sismico
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) verticale	come precedente CDC sismico
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. R)	come precedente CDC sismico
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. R)	come precedente CDC sismico
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) verticale	come precedente CDC sismico

Essi sono stati combinati nel modo seguente (la prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa, la seconda tabella riporta il peso nella combinazione, assunto per ogni caso di carico):

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 pp+perm	
2	SLU	Comb. SLU A1 solo folla	
3	SLU	Comb. SLU A1 solo temp 15°	
4	SLU	Comb. SLU A1 folla + temp (2)	
5	SLU	Comb. SLU A1 folla (2) + temp	
6	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 6	

**DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN**

Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna

e-mail: [friedrich.drollmann@me.com](mailto:friedrich.drollmann@me.com) – fax: 051-399512 – tel: 051-399542

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
7	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 7	
8	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 8	
9	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 9	
10	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 10	
11	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 11	
12	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33	
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34	
35	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 35	
36	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 36	
37	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 37	
38	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 38	
39	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 39	
40	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 40	
41	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 41	
42	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 42	
43	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 43	
44	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 44	
45	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 45	
46	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 46	
47	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 47	
48	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 48	
49	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 49	
50	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 50	
51	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 51	
52	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 52	
53	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	
54	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	
55	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	
56	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	
57	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	
58	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	
59	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	
60	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	
61	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 61	
62	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 62	
63	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 63	
64	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 64	
65	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 65	
66	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 66	
67	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 67	
68	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 68	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.35	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	1.35	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	1.35	1.35	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				



**DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN**

Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna

e-mail: [friedrich.drollmann@me.com](mailto:friedrich.drollmann@me.com) – fax: 051-399512 – tel: 051-399542

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
4	1.35	1.35	1.50	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
5	1.35	1.35	0.90	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
6	1.00	1.00	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
7	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
8	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
9	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
10	1.00	1.00	0.75	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
11	1.00	1.00	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
12	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
13	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	-0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0				
14	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.30	0.0	0.0	0.0				
15	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0				
16	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.30	0.0	0.0	0.0				
17	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	-0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0				
18	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.30	0.0	0.0	0.0				
19	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0				
20	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.30	0.30	0.0	0.0	0.0				
21	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	-0.30				
22	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.30				
23	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	-0.30				
24	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.30				
25	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	-0.30				
26	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.30				
27	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	-0.30				
28	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.30				
29	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0				
30	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0				
31	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0				
32	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0				
33	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0				
34	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0				
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0				
36	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0				
37	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30				
38	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.30				
39	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30				
40	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30				
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30				
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.30				
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30				
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30				
45	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0				
46	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0				
47	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0				
48	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0				
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0				
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0				
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0				
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0				
53	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0				
54	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0				
55	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0				
56	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0				
57	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0				
58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0				
59	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0				
60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0				
61	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0	-1.00				
62	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0	1.00				
63	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.30	0.0	0.0	0.0	-1.00				
64	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.30	0.0	0.0	0.0	1.00				
65	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0	-1.00				
66	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0	1.00				
67	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.30	0.0	0.0	0.0	-1.00				
68	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.30	0.0	0.0	0.0	1.00				



## **7. LA MODELLAZIONE NUMERICA DELLA STRUTTURA**

La struttura della passerella è stata studiata utilizzando appositi codici di calcolo ad elementi finiti (F.E.M.). Sono stati elaborati diversi modelli di calcolo ad elementi finiti al fine di considerare le differenti situazioni limite per un dimensionamento a favore di sicurezza e cautelativo dei vari elementi strutturali. Le aste tese e compresse sono state simulate mediante elementi finiti monodimensionali, mentre per la soletta dell'impalcato si sono utilizzati elementi finiti tipo lastra.

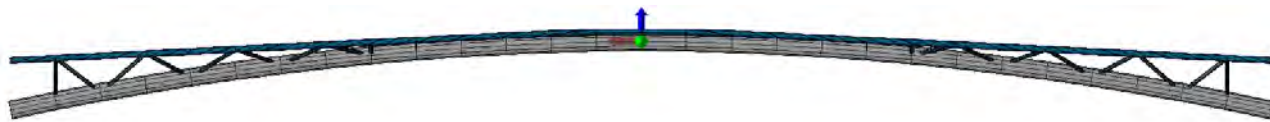
Il codice di calcolo adottato è ALGOR SUPERSAP prodotto dalla ALGOR INTERACTIVE SYSTEMS, Inc. Pittsburgh, PA, USA. Il programma SUPERSAP applica il metodo degli elementi finiti per strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, nell'ambito del comportamento lineare delle stesse. La risoluzione del sistema  $K * u = F$  è condotta con l'algoritmo di Gauss modificato sulla matrice K globale suddivisa in blocchi. La risoluzione delle equazioni del moto, ed in particolare l'applicazione dell'analisi dinamica prevista per il calcolo in zona sismica è condotta con il metodo dello spettro di risposta. Si sottolinea che il solutore ALGOR SUPERSAP è stato sottoposto, con esito positivo e relativa certificazione, ai test N.A.F.E.M.S. (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards in Inghilterra). Si sottolinea inoltre che il solutore ALGOR SUPERSAP è soggetto ad attività di controllo ai sensi della Q.A. (quality assurance), condizione essenziale per l'utilizzo dei codici di calcolo nell'ambito della progettazione nucleare ed off-shore.

Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2011-06-155)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi2249 - dsi2250

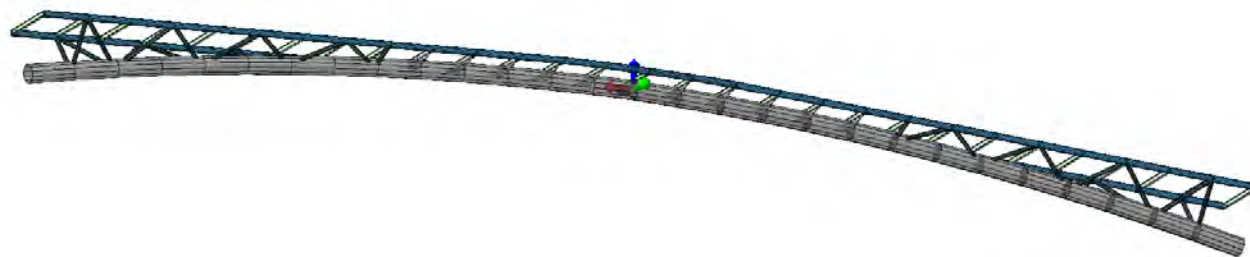
Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

<b>Affidabilità dei codici utilizzati</b>
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <a href="http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm">http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm</a>

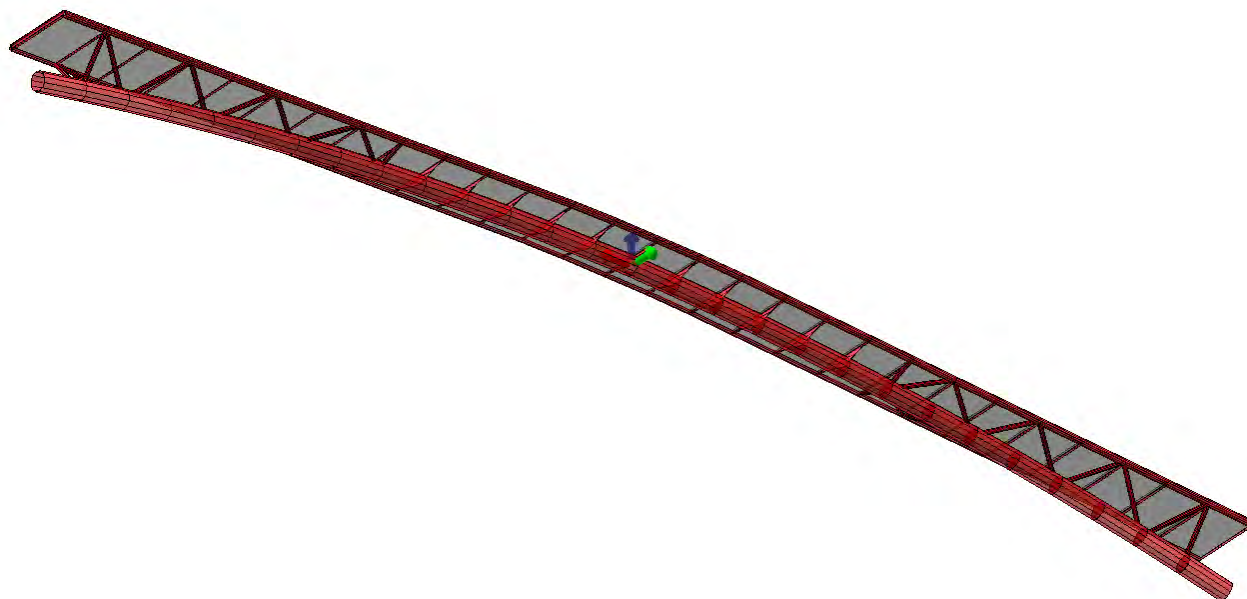
Le figure seguenti riportano la visualizzazione della rappresentazione solida del modello FEM elaborato.



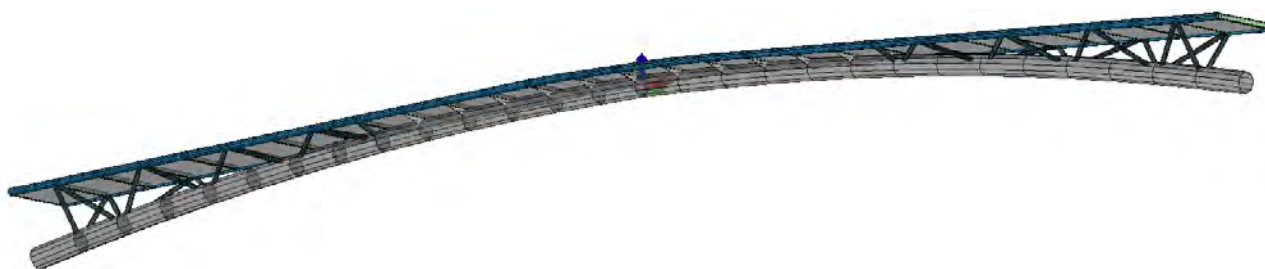
**Modello FEM: vista 1 con impalcati**



**Modello FEM: vista 2 senza impalcati**



**Modello FEM: vista 3 con impalcati**



**Modello FEM: vista 4 con impalcati**

## 7.1 Metodologia di modellazione ed analisi

L'analisi sismica globale deve utilizzare, per quanto possibile, metodi di analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza che la duttilità disponibile. L'impiego di metodi di calcolo lineari richiede un'opportuna definizione del fattore di struttura in relazione alle caratteristiche meccaniche globali e locali della struttura in esame. Come riportato nella C8.7.2.4 della CM617 (Metodi di analisi e criteri verifica), è possibile effettuare qualunque tipo di analisi (statica lineare con spettro elastico o con fattore  $q$ , dinamica modale con spettro elastico o con fattore  $q$ , statica non lineare, dinamica non lineare) prevista dal D.M. 14/01/2008.

Si è deciso di adottare una analisi dinamica modale con spettro di progetto con fattore  $q$ : è, infatti, possibile utilizzare lo spettro di progetto, definito nel paragrafo 3.2.3 del D.M. 14/01/08, che si ottiene dallo spettro elastico riducendone le ordinate con l'uso del fattore di struttura  $q$ . Nel caso di uso del fattore di struttura, tutti gli elementi strutturali duttili devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza. Tutti gli elementi strutturali fragili devono, invece, soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta per  $q = 1,5$  sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.

Per l'analisi delle strutture di fondazione su pali con platea in c.a., è stato utilizzato un coefficiente di reazione orizzontale pari a  $k_o = 1,0 \text{ daN} / \text{cm}^3$  e rigidità verticale pari a  $K_v = 200000 \text{ daN} / \text{cm}$ .

La capacità resistente delle sezioni degli elementi in acciaio è valutata con il metodo elasto-plastico e l'analisi globale della struttura (al fine di individuare le sollecitazioni di progetto) è effettuata con il metodo elastico.

Tipo di analisi strutturale	
Statica lineare	SI
Statica non lineare	NO
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

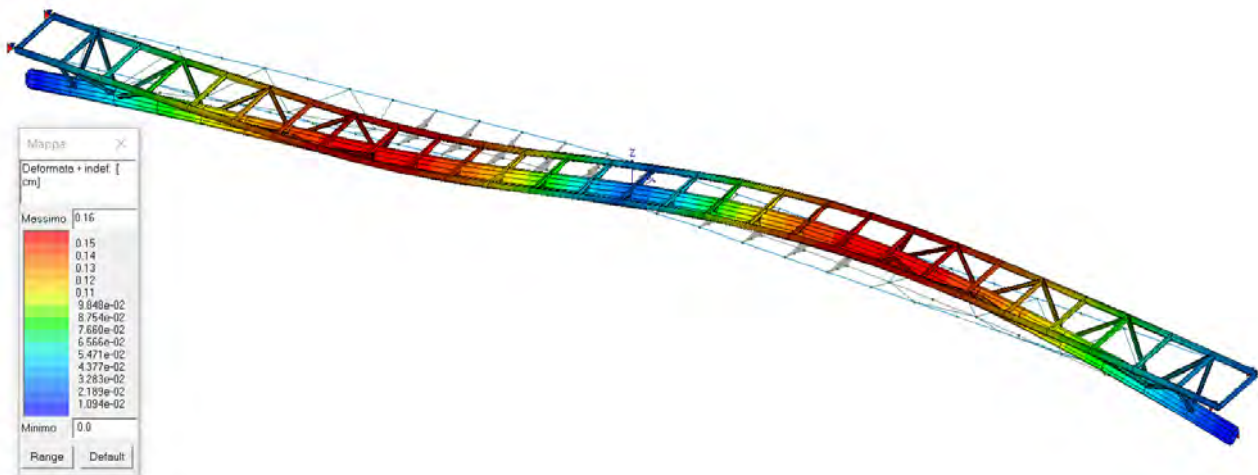
## 7.2 Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche e dei vincoli interni ed esterni

<b>Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:</b>	
nodi	131
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	160
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	33
elementi solaio	28
elementi solidi	0
<b>Dimensione del modello strutturale [cm]:</b>	
X min =	-2800.00
Xmax =	2800.00
Ymin =	-150.00
Ymax =	150.00
Zmin =	-305.00
Zmax =	40.00
<b>Strutture verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	NO
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO
<b>Strutture non verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
<b>Orizzontamenti:</b>	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	NO
<b>Tipo di vincoli:</b>	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

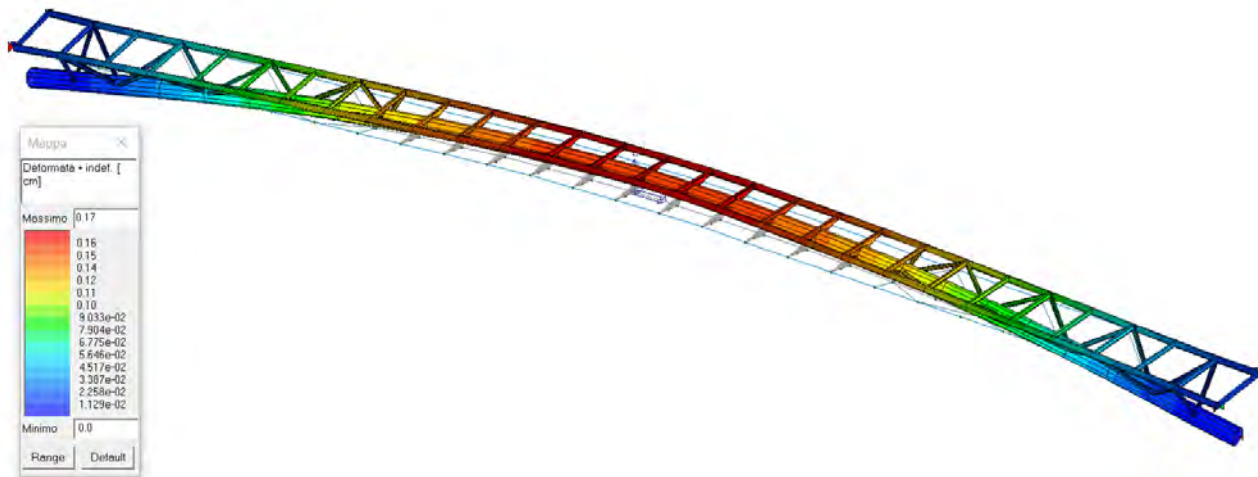
## 7.3 Risultati dell'analisi modale

In accordo con la recente zonizzazione sismica del territorio nazionale, ed in conformità alla normativa vigente, sono stati tenuti in conto gli effetti delle azioni sismiche effettuando un'analisi dinamica spaziale delle strutture, con il metodo dell'analisi modale, considerando un numero di modi di vibrare (pari a 12) sufficiente ad assicurare l'eccitazione di circa il 95% della massa totale della struttura (così come richiesto da normativa). La sovrapposizione dei modi per il calcolo di sollecitazioni e spostamenti complessivi è stata effettuata adottando una Combinazione Quadratica Completa (CQC).

Il periodo relativo al primo modo di vibrare è  $T_1 = 0,63\text{sec}$  (rotazionale), il modo che attiva una massa significativa in direzione y è il secondo, con un periodo pari a  $T_2 = 0,56\text{sec}$  (traslazionale lungo y). Il modo di vibrare che attiva una massa significativa in direzione x è il nono con periodo pari a  $T_9 = 0,51\text{sec}$  (la passerella è vincolata rigidamente alle estremità e pertanto è difficile attivare il modo lungo x).



**Deformata associata al primo modo di vibrare ( $T_1 = 0,63\text{ sec}$ ) – rotazionale**



**Deformata associata al secondo modo di vibrare ( $T_2 = 0,56\text{ sec}$ ) – traslazionale lungo y**

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. R)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.448
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.607 g
			angolo di ingresso: 0.0
			eccentricità aggiuntiva: rapida
			periodo proprio T1: 0.051 sec.
			fattore di struttura q: 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000

**DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN**

Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna

e-mail: [friedrich.drollmann@me.com](mailto:friedrich.drollmann@me.com) – fax: 051-399512 – tel: 051-399542

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 12
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	m	m	m	m	m	m			
0.40	6291.58	0.0	0.0	0.20	0.15	0.0	0.0	1.131	0.0	0.0
0.35	4199.31	0.0	0.0	0.40	0.15	0.0	0.0	1.622	0.0	0.0
0.27	10.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.25	23.22	0.0	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.25	4199.71	0.0	0.0	0.60	0.15	0.0	0.0	1.680	0.0	0.0
0.20	23.61	0.0	0.0	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.20	18.72	0.0	0.0	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.18	41.29	0.0	0.0	0.20	0.07	0.0	0.0	1.622	0.0	0.0
0.15	4201.25	0.0	0.0	0.80	0.15	0.0	0.0	1.702	0.0	0.0
0.13	41.97	0.0	0.0	0.40	0.07	0.0	0.0	1.702	0.0	0.0
0.11	22.87	0.0	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.05	4205.83	0.0	0.0	1.00	0.15	0.0	0.0	1.713	0.0	0.0
0.03	40.65	0.0	0.0	0.60	0.07	0.0	0.0	1.719	0.0	0.0
0.0	568.89	0.0	0.0	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.04	1091.82	0.0	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.05	4228.09	0.0	0.0	1.20	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.07	42.02	0.0	0.0	0.80	0.07	0.0	0.0	1.724	0.0	0.0
-0.10	1092.42	0.0	0.0	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.11	25.92	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.15	4394.36	0.0	0.0	1.40	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.18	1092.67	0.0	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.20	46.09	0.0	0.0	1.00	0.07	0.0	0.0	1.727	0.0	0.0
-0.25	4153.98	0.0	0.0	1.60	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.30	1093.99	0.0	0.0	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.35	4403.12	0.0	0.0	1.80	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.44	1096.37	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.45	4153.98	0.0	0.0	2.00	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.55	4419.39	0.0	0.0	2.20	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.61	1275.00	0.0	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.65	4153.98	0.0	0.0	2.40	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.75	4400.70	0.0	0.0	2.60	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.82	1084.88	0.0	0.0	1.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.85	2143.68	0.0	0.0	2.80	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.05	1329.48	0.0	0.0	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.31	1088.72	0.0	0.0	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.60	1345.43	0.0	0.0	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.91	1093.52	0.0	0.0	2.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.26	1371.51	0.0	0.0	2.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.64	1210.93	0.0	0.0	2.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	7.572e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	1.589	0.629	0.453	4665.15	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.790	0.559	0.510	0.0	0.0	5.809e+04	76.7	1.32e-05	0.0
3	2.888	0.346	0.607	0.0	0.0	0.01	1.36e-05	2.966e+04	39.2
4	4.962	0.202	0.607	0.0	0.0	0.04	5.19e-05	3.414e+04	45.1
5	5.922	0.169	0.607	1.62e-06	0.0	1992.55	2.6	0.08	1.11e-04
6	7.183	0.139	0.568	2055.14	2.7	2.18e-05	0.0	0.0	0.0
7	10.543	0.095	0.465	0.0	0.0	6.88e-03	9.09e-06	7503.48	9.9
8	14.223	0.070	0.408	0.50	6.56e-04	5706.47	7.5	0.03	3.58e-05
9	19.689	0.051	0.363	3.864e+04	51.0	39.44	5.21e-02	0.02	3.05e-05
10	20.544	0.049	0.358	3.10	4.10e-03	0.43	5.74e-04	1530.07	2.0
11	22.500	0.044	0.348	2.062e+04	27.2	1126.24	1.5	0.41	5.44e-04
12	23.664	0.042	0.343	6581.70	8.7	2069.82	2.7	0.43	5.74e-04
Risulta				7.257e+04		6.903e+04		7.284e+04	
In percentuale				95.84		91.14		96.19	

## 8. PRINCIPALI RISULTATI: CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE EFFETTUATE

### 8.1 Verifica degli elementi strutturali in termini di resistenza allo SLV: struttura in elevazione

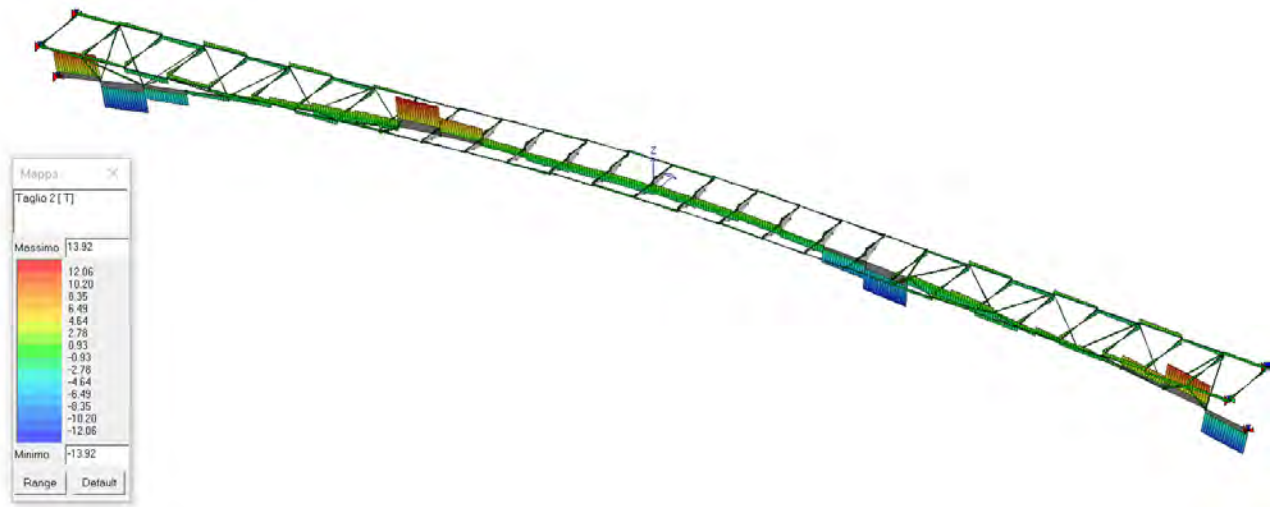
Di seguito si riportano, sotto forma di mappe di colore, i risultati ottenuti dall'analisi effettuata in termini di capacità degli elementi strutturali, nell'ottica del rispetto del criterio di capacity design che si consegue applicando il principio della gerarchia delle resistenze.

#### 8.1.1 Correnti, diagonali e traversi in acciaio

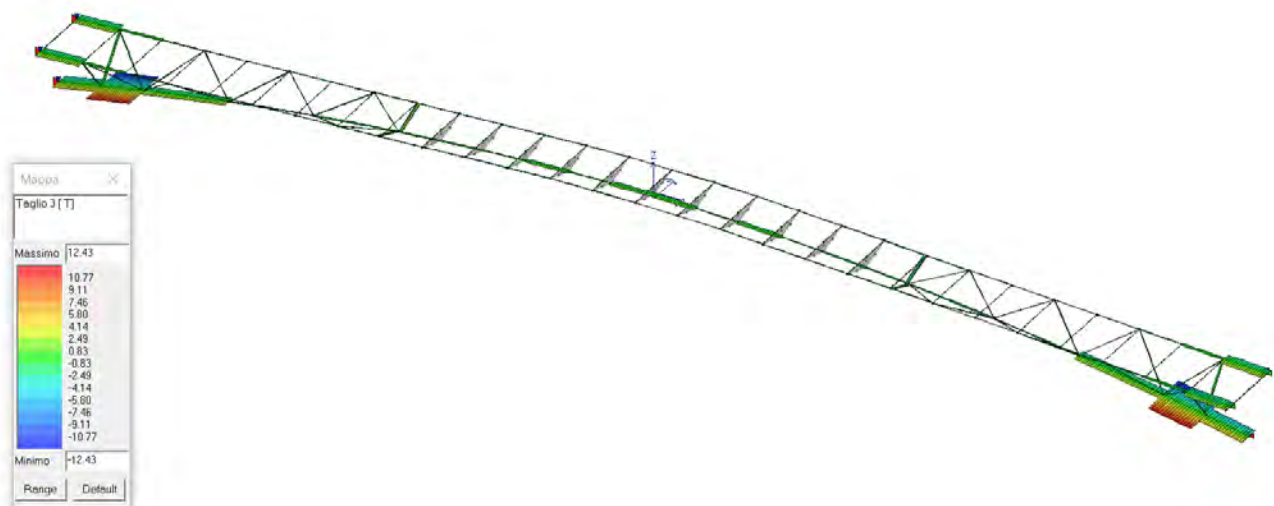
I valori delle sollecitazioni e delle verifiche SLV per le aste in acciaio della passerella (tutte soddisfatte) sono riportati sotto forma di mappe di colore, illustrate nelle seguenti figure:



**Sforzo normale massimo N = 450t**

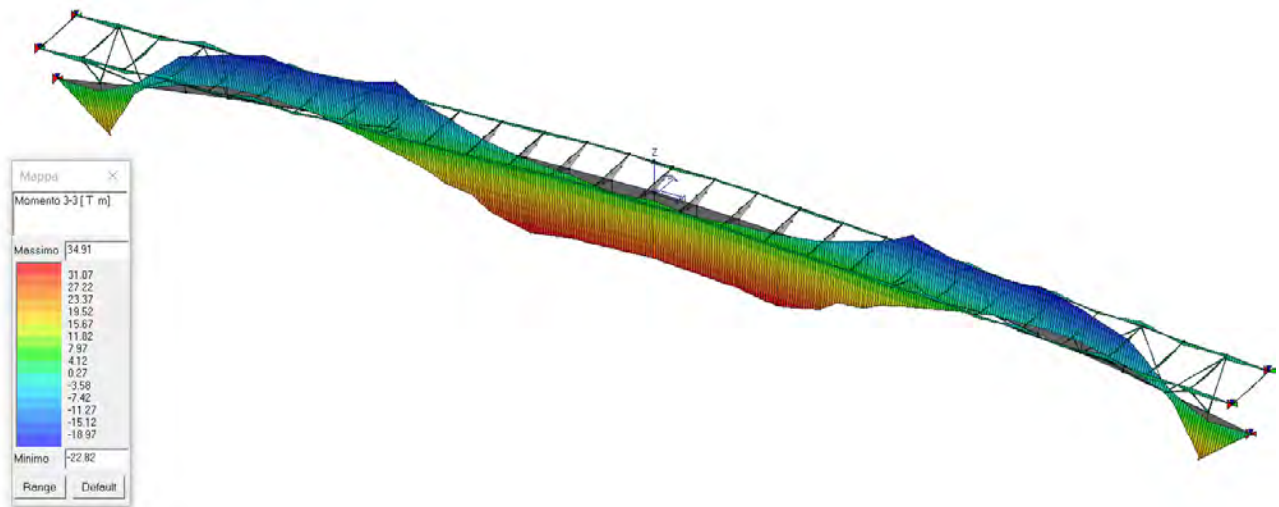


**Taglio massimo  $T_x = 14t$**

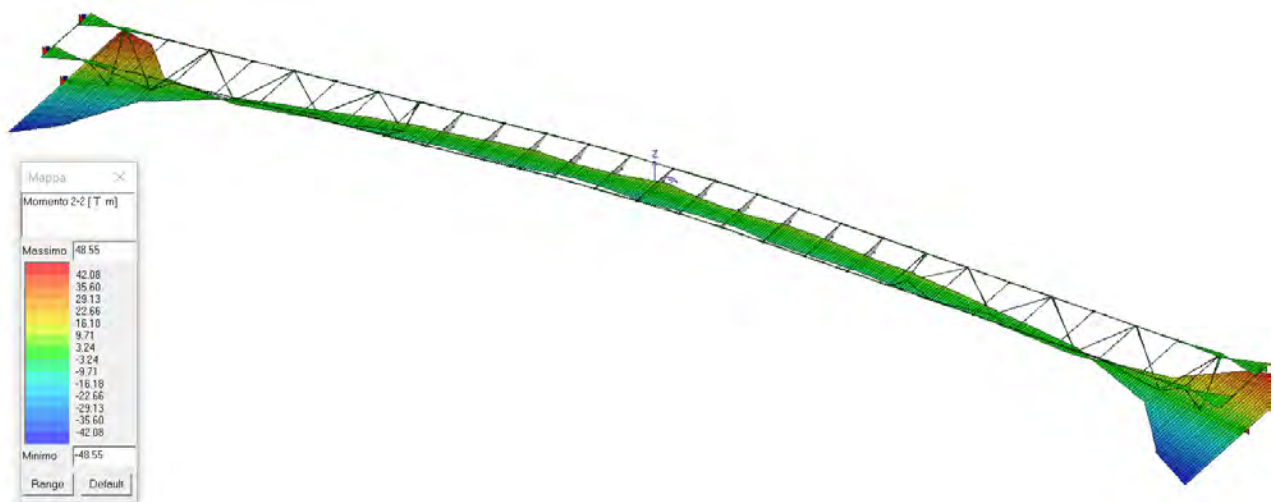


**Taglio massimo  $T_y = 13t$**

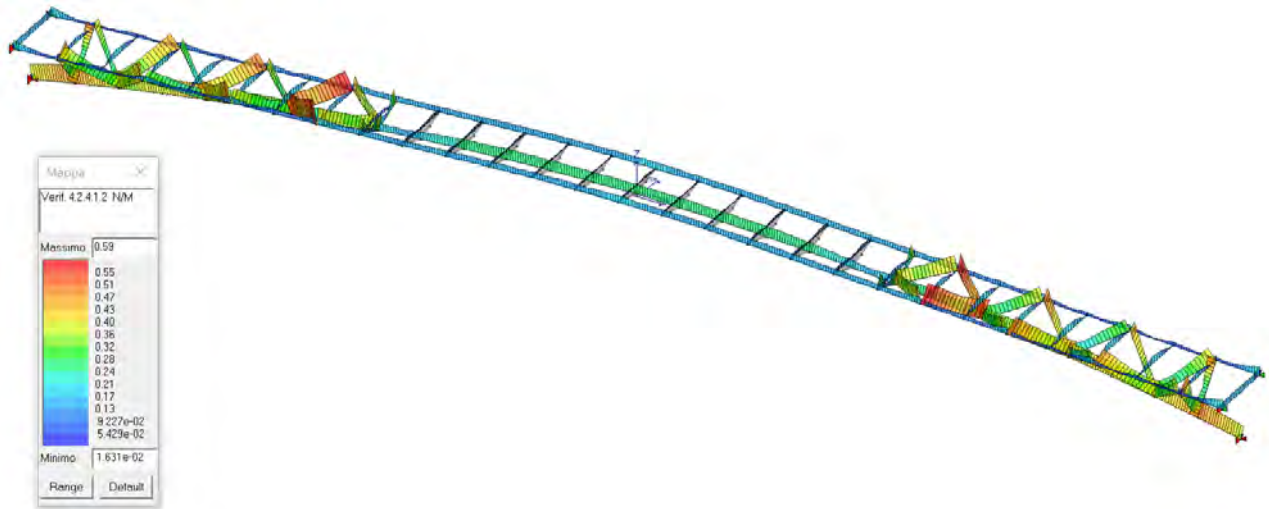




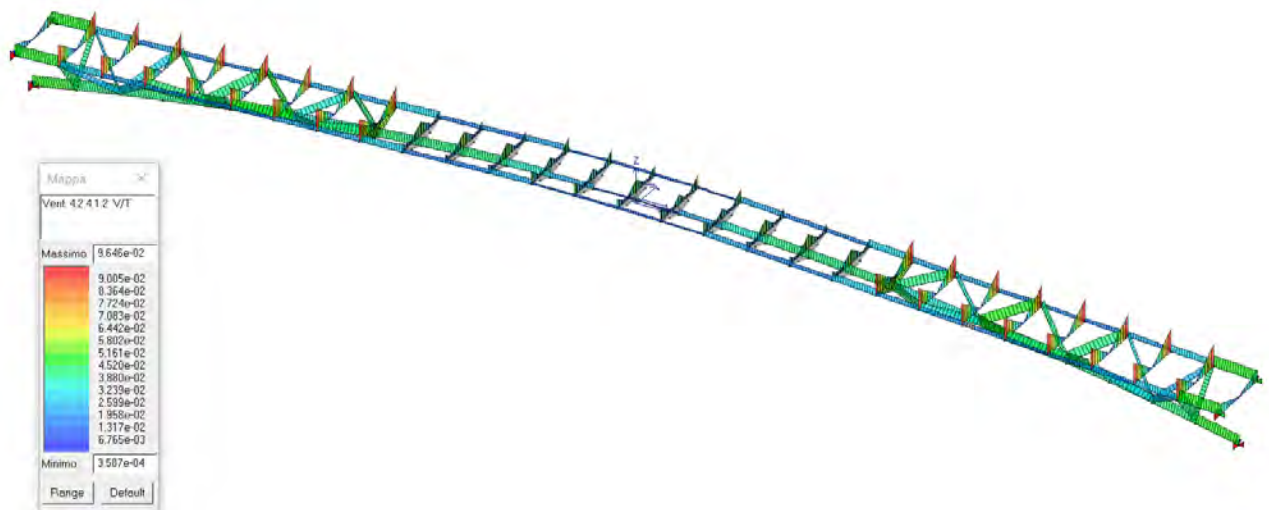
**Momento massimo  $M_y = 35\text{tm}$**



**Momento massimo  $M_x = 50\text{tm}$**



**Verifica N/M:  $0,59 < 1,0$**



**Verifica N/M con instabilità:  $0,1 < 1,0$**

## **8.2 Verifica degli elementi strutturali in termini di resistenza allo SLV: strutture di fondazione**

Il sistema di fondazione è costituito da spalle in c.a. poggianti su pali  $\phi 1000mm$  (l'azione orizzontale viene affidata ai pali di fondazione).

I pali in oggetto rispettano le prescrizioni di normativa sia per i limiti geometrici che meccanici degli elementi dimensionati (sono rispettati i requisiti minimi riportati all'interno del D.M. 14/01/08, ovvero sono armati per uno sviluppo a partire dalla testa del palo di almeno 10 diametri con una armatura longitudinale pari all' 1% di quella del calcestruzzo e pari allo 0,3% su tutta la lunghezza, con armatura perimetrale di confinamento costituita da una spirale continua).

**DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN**  
Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna  
e-mail: [friedrich.drollmann@me.com](mailto:friedrich.drollmann@me.com) – fax: 051-399512 – tel: 051-399542

## **COMUNE DI PIANORO**

### **REALIZZAZIONE DI PASSERELLA CICLOPEDONALE NEL PARCO FLUVIALE DEL TORRENTE SAVENA**

#### **PROGETTO DEFINITIVO**

#### **REL02**

#### ***RELAZIONE SUI MATERIALI***

**Il Committente:**

Comune di Pianoro  
Piazza dei Martiri n. 1, 40065 Pianoro (BO)

**Il tecnico incaricato:**

Dott. Ing. Friedrich Drollmann  
Via Ghiselli n. 6 – 40134 Bologna

**I collaboratori:**

Dott. Ing. Giada Gasparini

Bologna, febbraio 2018

## INDICE

1.	RELAZIONE SUI MATERIALI .....	2
1.1	Elenco dei materiali impiegati e valori di calcolo .....	2

## **1. RELAZIONE SUI MATERIALI**

### **1.1 Elenco dei materiali impiegati e valori di calcolo**

#### Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

FE B450C

Tensione caratteristica a snervamento  $f_{yk} = 4500 daN / cm^2$

Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} = 5400 daN / cm^2$

#### Conglomerato per opere di fondazione (impalcato, spalle e pali)

Classe di resistenza C28/35 -  $R_{ck} \geq 35 N/mm^2$

Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 165 daN / cm^2$

Classe di esposizione 2b

Classe di consistenza S4-S5

Dimensione inerte max 15-20 mm

#### Acciaio da carpenteria

UNI EN 10025-2 S355 ( $t \leq 40mm$ ) laminati a caldo con profili a sezione aperta

UNI EN 10210-1 S355H ( $t \leq 40mm$ ) laminati a caldo con profili a sezione cava

Resistenza a snervamento  $f_{yk} = 3550 daN / cm^2$

Resistenza a rottura  $f_{tk} = 5100 daN / cm^2$

#### Bulloni

ad alta resistenza di classe minima 8.8

Resistenza a snervamento  $f_{yb} = 6490 daN / cm^2$

Resistenza a rottura  $f_{tb} = 8000 daN / cm^2$

Per le prescrizioni esecutive di messa in opera dei materiali si rimanda a quanto contenuto negli elaborati grafici di progetto.

Di seguito si enunciano alcune regole generali e indicative per una corretta esecuzione della messa in opera del calcestruzzo e delle barre di armatura:

***DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN***

*Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna*

*e-mail: friedrich.drollmann@me.com – fax: 051-399512 – tel: 051-399542*

- sovrapporre i ferri nelle riprese per almeno 60 diametri;
- impiegare distanziatori in plastica o pasta di cemento per garantire un copriferro (misurato dall'esterno ferro e non dal baricentro ferro ) di almeno cm 2,5 per le travi e cm 3 per i pilastri (a meno di prescrizioni superiori per esigenze di REI);
- estendere la rete nella soletta dei solai fino all'esterno cordolo o travi;
- sovrapporre le reti di cui sopra per almeno cm 20;
- ancorare i ferri aggiuntivi superiori dei solai all'esterno delle travi di bordo, curando di tenere il baricentro a circa 2,5 cm dal filo superiore del getto della caldana del solaio;
- nella giunzione per sovrapposizione dei ferri, non legare i due ferri fra loro, ma tenerli distanziati di almeno 2cm (interferro).

***DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN***  
*Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna*  
*e-mail: friedrich.drollmann@me.com – fax: 051-399512 – tel: 051-399542*

## **COMUNE DI PIANORO**

### **REALIZZAZIONE DI PASSERELLA CICLOPEDONALE NEL PARCO FLUVIALE DEL TORRENTE SAVENA**

#### **PROGETTO DEFINITIVO**

#### **REL03**

#### ***PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA***

**Il Committente:**

Comune di Pianoro  
Piazza dei Martiri n. 1, 40065 Pianoro (BO)

**Il tecnico incaricato:**

Dott. Ing. Friedrich Drollmann  
Via Ghiselli n. 6 – 40134 Bologna

**I collaboratori:**

Dott. Ing. Giada Gasparini

Bologna, febbraio 2018



## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	2
3. MANUALE D'USO .....	3
4. MANUALE DI MANUTENZIONE .....	5

## **1. PREMESSA**

Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione è costituito dai seguenti documenti operativi:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione comprensivo del programma di manutenzione.

## **2. DESCRIZIONE DELL'OPERA**

L'opera è una passerella ciclopedonale in acciaio, sito tra Via Nenni e via Del Savena a Pianoro, (prov. di BO).

Tipologia costruttiva: manufatto in acciaio.

Destinazione d'uso: pubblico

### **3. MANUALE D'USO**

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti dell'opera, con particolare riferimento alle parti che possono generare rischi per un uso scorretto. Il manuale d'uso contiene informazioni sulla collocazione delle parti interessate nell'intervento, la loro rappresentazione grafica, descrizione e modalità di uso corretto.

#### **Struttura n. 1 - Travi e Aste in acciaio**

Descrizione: Strutture orizzontali o inclinate che trasferiscono i carichi a pilastri o pareti

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Modalità d'uso corretto: Trasferire i carichi dei solai alle strutture verticali.

#### **Struttura n. 2 - Plinti di fondazione**

Descrizione: Strutture di fondazione localizzate alla base dei pilastri.

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Modalità d'uso corretto: Trasferimento delle sollecitazioni statiche e sismiche della struttura al terreno, entro i limiti di pressioni e cedimenti imposti dal progetto.

#### **Struttura n. 3 - Travi di fondazione**

Descrizione: Strutture di fondazione organizzate in grigliati di travi poste a diretto contatto con il terreno.

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Modalità d'uso corretto: Trasferimento delle sollecitazioni statiche e sismiche della struttura al terreno, entro i limiti di pressioni e cedimenti imposti dal progetto.

#### **Struttura n. 4 - Plinti di fondazione su pali**

Descrizione: Fondazioni profonde.

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Modalità d'uso corretto: Trasferimento delle sollecitazioni statiche e sismiche della struttura al terreno, entro i limiti di pressioni e cedimenti imposti dal progetto.

### **Struttura n. 5 - Travi di fondazione su pali**

Descrizione: Fondazioni profonde collegate in sommità da travi in c.a.

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Modalità d'uso corretto: Trasferimento delle sollecitazioni statiche e sismiche della struttura al terreno, entro i limiti di pressioni e cedimenti imposti dal progetto.

#### **4. MANUALE DI MANUTENZIONE**

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti dell'intervento. Esso contiene il livello minimo accettabile delle prestazioni, le anomalie riscontrabili, le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente e quelle che non lo sono.

Il programma di manutenzione fissa delle manutenzioni e dei controlli da eseguire in seguito a scadenze preventivamente fissate.

##### **Struttura n. 1 - Travi e Aste in acciaio**

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Livello minimo delle prestazioni: Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con acciaio conforme dalle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili: Bolle o screpolature dello strato protettivo con pericolo di corrosione.

Tipo di controllo: Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore: Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento: Applicazione di prodotti antiruggine e ripristino dello strato protettivo.

Periodicità degli interventi e operatore: Quando necessario, effettuato dall'utente

##### **Struttura n. 2 - Plinti di fondazione**

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Livello minimo delle prestazioni: Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con materiali con caratteristiche definite dalle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili: Cedimenti, lesioni alla sovrastruttura, causati da mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc.

Tipo di controllo: Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore: Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento: Opere di consolidamento del terreno o della struttura da decidersi dopo indagini specifiche.

Periodicità degli interventi e operatore: Quando necessario, effettuato da personale specializzato

### **Struttura n. 3 - Travi di fondazione**

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Livello minimo delle prestazioni: Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con materiali con caratteristiche definite dalle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili: Cedimenti, lesioni alla sovrastruttura, causati da mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc.

Tipo di controllo: Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore: Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento: Opere di consolidamento del terreno o della struttura da decidersi dopo indagini specifiche.

Periodicità degli interventi e operatore: Quando necessario, effettuato da personale specializzato

### **Struttura n. 4 - Plinti di fondazione su pali**

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Livello minimo delle prestazioni: Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con materiali con caratteristiche definite dalle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili: Cedimenti, lesioni alla sovrastruttura, causati da mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc.

Tipo di controllo: Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore: Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento: Opere di consolidamento del terreno o della struttura da decidersi dopo indagini specifiche.

Periodicità degli interventi e operatore: Quando necessario, effettuato da personale specializzato

**Struttura n. 5 - Travi di fondazione su pali**

Collocazione: Vedi tavole disegni esecutivi

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi

Livello minimo delle prestazioni: Resistenza alle sollecitazioni di progetto. Realizzazione con materiali con caratteristiche definite dalle prescrizioni di progetto.

Anomalie riscontrabili: Cedimenti, lesioni alla sovrastruttura, causati da mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc.

Tipo di controllo: Controllo a vista

Periodicità dei controlli e operatore: Ogni anno, effettuato dall'utente

Tipo di intervento: Opere di consolidamento del terreno o della struttura da decidersi dopo indagini specifiche.

Periodicità degli interventi e operatore: Quando necessario, effettuato da personale specializzato

**DOTT. ING: FRIEDRICH DROLLMANN**  
Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna  
e-mail: [friedrich.drollmann@me.com](mailto:friedrich.drollmann@me.com) – fax: 051-399512 – tel: 051-399542

## **COMUNE DI PIANORO**

### **REALIZZAZIONE DI PASSERELLA CICLOPEDONALE NEL PARCO FLUVIALE DEL TORRENTE SAVENA**

#### **PROGETTO DEFINITIVO**

#### **REL04**

#### ***VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA***

**Il Committente:**

Comune di Pianoro  
Piazza dei Martiri n. 1, 40065 Pianoro (BO)

**Il tecnico incaricato:**

Dott. Ing. Friedrich Drollmann  
Via Ghiselli n. 6 – 40134 Bologna

**I collaboratori:**

Dott. Ing. Giada Gasparini

Bologna, febbraio 2018



INDICE

1. RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO E SPETTRI UTILIZZATI NELLE ANALISI .....	2
---	---

## 1. RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO E SPETTRI UTILIZZATI NELLE ANALISI

La Passerella Ciclopedonale del Savena è realizzata nel Comune di Pianoro, per cui, secondo la classificazione sismica allegata all'Ordinanza PCM n 3274 del 20/03/03 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* il Comune è situato in zona 3.

La Passerella Ciclopedonale del Savena viene classificata come costruzione di Tipo 2 e di Classe II (secondo quanto specificato all'interno delle *“Norme Tecniche per la Costruzioni”* D.M. 14/01/2008 paragrafo 2.4.2). Poiché per gli edifici di Tipo 2 e Classe IV si ha  $V_N = 50\text{anni}$  (vita nominale della struttura) e  $C_U = 1,0$  (coefficiente d'uso), il periodo di riferimento per l'azione sismica (D.M. 14/01/2008 paragrafo 2.4.3) vale, quindi:  $V_R = V_N \cdot C_U = 50\text{anni}$ .

La pericolosità sismica del sito definiscono le azioni sismiche sulla base delle quali effettuare la progettazione; i parametri sismici legati alla zona di costruzione sono sotto riportati:


**EdiLus-MS**  
Mappe Sismiche

Available on the App Store

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "Contrada Rosole, 13 BAGNOLI IRPINO"

Mappe Satellite



44.39818882, 11.33330127

Latitudine (WGS84)  Longitudine (WGS84)

Latitudine (ED50)  Longitudine (ED50)

Altitudine (mt)


Classe dell'edificio  
II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Vita Nominale Struttura

Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a/g$ [-]	$F_a$ [-]	$T_e$ [s]
Operatività	30	0.058	2.477	0.260
Danno	50	0.072	2.463	0.270
Salvaguardia Vita	475	0.169	2.475	0.300
Prevenzione Collasso	975	0.211	2.497	0.310

[Termini e Condizioni di utilizzo di EdilLus-MS](#)



ACCA SOFTWARE  
Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35  
P.IVA 01883740647 - E-mail: [info@acca.it](mailto:info@acca.it)

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Ai fini del D.M. 14/01/2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

*Passerella Ciclopedonale, Comune di Pianoro - Progetto Definitivo*  
*- REL04: Pericolosità sismica -*

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito

$F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale (valore minimo pari a 2,2)

$T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono sotto riportate /Tabella 3.2.I del D.M. 14/01/2008):

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

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del sisma vale:

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

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

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

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

I valori che si ottengono per lo spettro di risposta della componente orizzontale del sisma, per lo Stato Limite di Danno SLD utilizzato per l'analisi dell'edificio vale

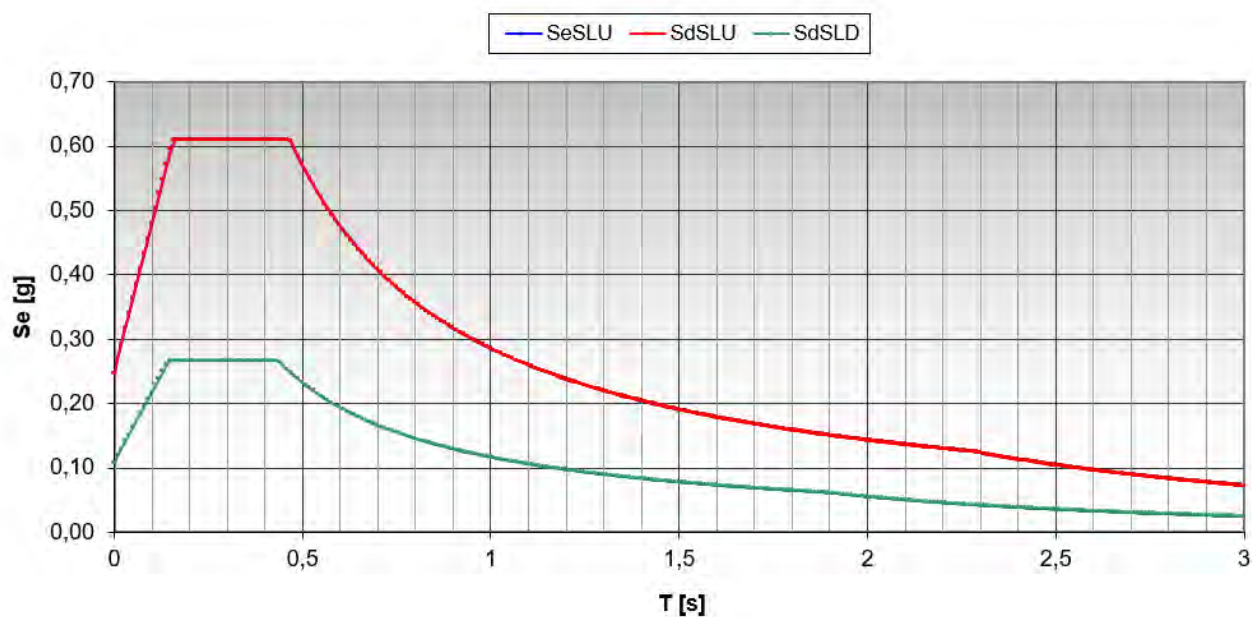
$$a_g = 0,072g \quad F_0 = 2,463 \quad T_C^* = 0,270\text{sec}$$

I valori che si ottengono per lo spettro di risposta della componente orizzontale del sisma, per lo Stato Limite Ultimo SLV utilizzato per l'analisi dell'edificio sono i seguenti:

$$a_g = 0,170g \quad F_0 = 2,475 \quad T_C^* = 0,300\text{sec}$$

A favore di sicurezza, si considera per le analisi un fattore di struttura unitario (struttura con comportamento in campo elastico)  $q = 1,0$ . Dalla relazione geologica si evince, inoltre, che la classe sismica del terreno è la classe C. La figura seguente riporta lo spettro di progetto per lo SLD (verde) e per lo SLV (rosso) uguale allo spettro elastico.

**spettro accelerazioni orizzontali**



L'accelerazione massima di progetto nel plateau vale  $S_{d-\max} = 0,609g$

(periodi di vibrazione del plateau:  $T_B = 0,16\text{sec}$ ,  $T_C = 0,46\text{sec}$ ).