

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA - VITERBO**

**TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE**

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

**FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo**

SCALA:

-

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

NR1J 01 D 29 CL FV0100 101 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	Usai <i>[Signature]</i>	10.2018	Passaro <i>[Signature]</i>	10.2018	Paoletti <i>[Signature]</i>	10.2018	Arduini 11.2019  ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Fabrizio Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 18392 del 4
B	Revisione	Usai <i>[Signature]</i>	11.2019	Passaro <i>[Signature]</i>	11.2019	Paoletti <i>[Signature]</i>	11.2019	
C	Revisione	Serrau <i>[Signature]</i>	05.2020	Monda <i>[Signature]</i>	05.2020	Paoletti <i>[Signature]</i>	05.2020	

File: NR1J00D29CLFV0100101C.doc

n. Elab.: 447.04

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	4
1.2	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
3	MATERIALI .....	7
3.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA.....	7
3.2	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI.....	8
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	9
5	ANALISI DEI CARICHI .....	10
5.1	PESO PROPRIO STRUTTURE .....	10
5.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	11
5.3	SOVRACCARICO ACCIDENTALE .....	11
5.4	SOVRACCARICO DI MANUTENZIONE .....	11
5.5	AZIONE DELLA NEVE .....	12
5.6	AZIONE DEL VENTO.....	13
5.7	AZIONE DEL VENTO CON AZIONE AERODINAMICA PER TRAFFICO FERROVIARIO.....	16
5.8	AZIONE TERMICA .....	17
5.9	AZIONE SISMICA .....	18
5.10	COMBINAZIONI DELLE AZIONI .....	30
6	MODELLO STRUTTURALE .....	33
7	VERIFICA DELLA STRUTTURA .....	36
7.1	ANALISI MODALE .....	36
7.2	DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI .....	38

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	3 di 102

7.3	VERIFICHE STRUTTURALI DI RESISTENZA DELLE MEMBRATURE .....	41
7.4	VERIFICHE STRUTTURALI DI DEFORMABILITÀ DELLE MEMBRATURE IN ACCIAIO .....	57
7.5	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI PIANO (DRIFT) PER CONDIZIONI DI CARICO NON SISMICHE .....	60
7.6	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI PIANO PER CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE .....	62
7.7	VERIFICA PIASTRA DI BASE PILASTRO.....	63
	<i>Verifica a taglio-trazione del tirafondo .....</i>	<i>65</i>
8	VERIFICA FONDAZIONI .....	69
8.1	DESCRIZIONE.....	69
8.2	MODELLO STRUTTURALE .....	69
8.3	TRAVI DI FONDAZIONE.....	72
8.4	SOLLECITAZIONI .....	73
8.5	VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU .....	76
	<i>Verifica a Presso-flessione .....</i>	<i>76</i>
	<i>Verifica a Taglio .....</i>	<i>82</i>
8.6	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE .....	84
	<i>Verifiche di fessurazione e tensioni di esercizio .....</i>	<i>84</i>
8.7	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE .....	93
9	INCIDENZA ARMATURA .....	102

## 1 PREMESSA

### 1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

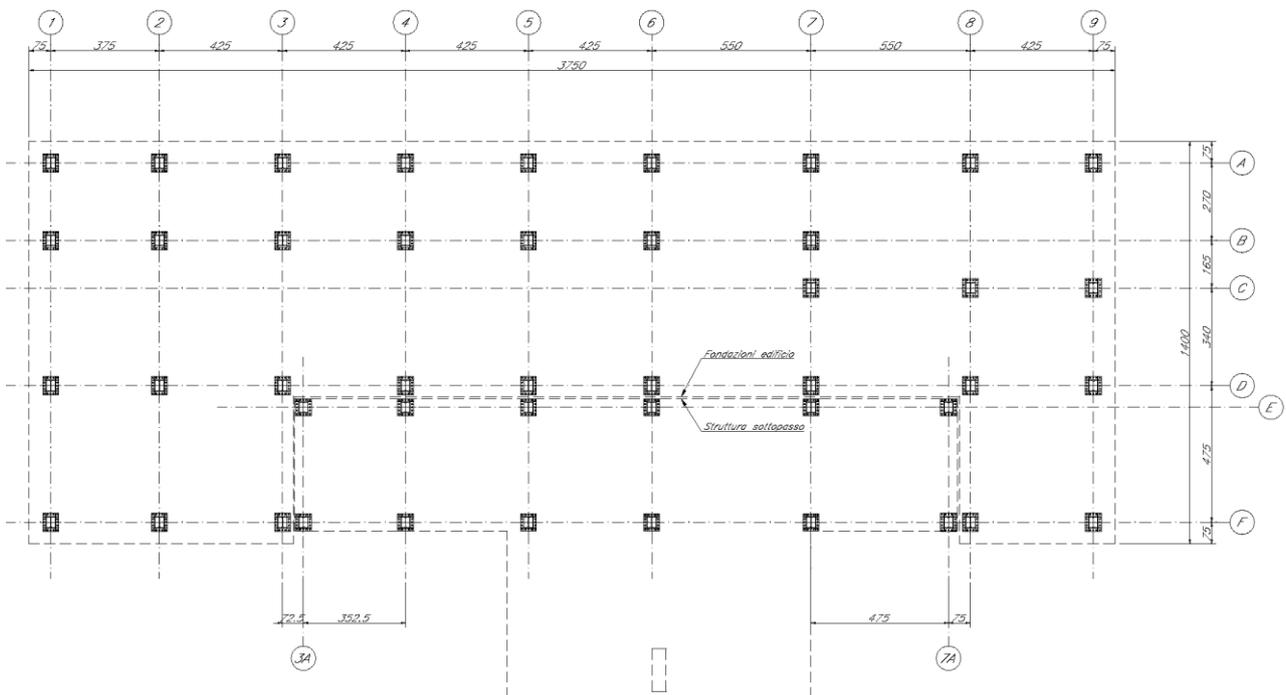
### 1.2 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

La presente relazione di calcolo ha per oggetto l'analisi e le verifiche strutturali del Fabbricato Viaggiatori della stazione di Anguillara Sabazia.

La struttura portante realizzata in carpenteria metallica, è costituita dai seguenti profili:

- Colonne costituite da HEB 400;
- Travi longitudinali costituita da IPE 400;
- Tiranti trasversali costituite da IPE 360;
- Travi di chiusura costituite da IPE220 su bordo lato strada e UPN220 su bordo lato binario;
- Arcarecci HEA160.

A completare la struttura sono poi presenti dei portali metallici costituiti da profili tubolari di sezione 300x150x5.



**Figura 1. Pianta fili fissi**



## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è stata svolta in conformità alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.. La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018
- Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC SI MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte I
- RFI DTC SI AM MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 1 – Ambiente
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili".
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18/11/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	7 di 102

### 3 MATERIALI

#### 3.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

##### S275 UNI EN 10025:

- Tipologia laminati: Laminati a caldo con profili a sezione aperta
- Spessore nominale elemento:  $t \leq 40\text{mm}$
- Dimensioni secondo UNI 5397
- Saldature con elettrodi secondo UNI 5132
- Struttura non protetta
- Temperatura minima del sito  $T_{md} = -25\text{ °C}$
- Temperatura di riferimento  $T_{Ed} = -25\text{ °C}$

Classe acciaio	Subgrade	$f_{tk}$ [MPa]	$E_s$ [MPa]	$\nu$	$G_s$ [MPa]	$f_{yk}$ [MPa]	$\gamma_{Rd}$	$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$	$\beta$	$\beta_1$	$\beta_2$
S 275 - UNI EN 10025-2 JR		430	210000	0.3	80769.2307692308	275	1.15	1.05	1.05	1.25	0.85	0.7	0.85

##### BULLONI CL. 8.8:

- Caratteristiche dimensionali conformi alle norme UNI EN ISO 4016:2011
- Viti conformi alla norma UNI EN ISO 898-1:2009
- Dadi conformi alla norma UNI EN 898-2:2012
- Rosette in acciaio C 50 UNI EN 10083-2:2006 temperato e rinvenuto HRC 32-40
- Piastrine in acciaio C 50 UNI EN 10083-2:2006 temperato e rinvenuto HRC 32-40

Classe bulloni	Classe dado	$f_{yb}$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_{tb}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_V$	$\gamma_{M2}$	$\gamma_{M3}$	$\gamma_{M6,ser}$	$\gamma_{M7}$
8.8	8	6 400	8 000	0.6	1.25	1.25	1.00	1.10

#### SALDATURE

Per le caratteristiche delle saldature e le modalità di esecuzione vale quanto indicato ai paragrafi §4.2.8.2 e §11.3.4.5 delle NTC/08.

### 3.2 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI

#### Classe C28/35

$R_{ck} =$	35.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	37.05	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	16.46	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	2.84	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.40	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1.98	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,60 f_{ck} =$	17.43	MPa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §4.1.2.2.5.1 [1])
$\sigma_c = 0,45 f_{ck} =$	13.07	MPa	Tensione in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §4.1.2.2.5.1 [1])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	32588	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13578	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie		
Classe di esposizione =	XC2		

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbriato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	9 di 102

#### 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riportano i modelli geotecnici considerati riportati nella relazione geotecnica generale allegata NR1J00D29GEGE0005001A.

- 3° Modello – Stazione di Anguillara

Modello geotecnico 3 tra le pk 30+100 e pk 31+700

Unità geotecnica	Descrizione	z inizi (m)	z fin (m)	spessore (m)	z media (m da b.f.)	Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Tipo di terreno	Densità relativa (%)	Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ piccolo (°)	Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ cv (°)	C' (kPa)	Cu (kPa)	Modulo elastico E (MPa)	Modulo edometrico M (MPa)	RQD (%)	GSI	Resistenza a compressione (MPa)	K rilevata (cm/s)	K media (cm/s)
U2a	Limo argilloso sabbioso	0	4	4	2	17	GG	45	26	26	10	60	15-30	22-39	-	-	-	1,48*10 <sup>7</sup> /9,88*10 <sup>5</sup>	4,95*10 <sup>4</sup>
		4	10,5	6,5	3,25	17	GG	50	25	25									
U3b	PVL-Depositi vulcanici: sabbia limosa molto consistente con presenza di clasti litici di tufo debolmente litoidi	10,5	15,5	5	2,5	20	GG	55	28	25	0	0	35	45	-	-	-	-	-
U4a	Rocce basaltica	15,5	18,5	3	1,5	27	R	-	42	-	-	-	4800	-	70	65	67	-	-
U3b	PVL-Depositi vulcanici - Sabbia limosa con presenza di ghiaia	18,5	29	3	1,5	16	GG	65	30	25	0	0	30	39	-	-	-	-	-
U4b	Rocce debolmente alterata e fratturata con livelli di piroclastite alterata	29	30	10,5	5,25	27	R	-	40	-	-	-	4500	-	20	25	35	-	-

**Profondità della falda: 9.98 m da p.c.**

**Categoria di suolo C**

## 5 ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC 2018, sono state considerate agenti sulla struttura le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali:

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali dovuti alla schermatura di rivestimento;
- sovraccarico variabile da manutenzione;
- azione del vento con effetto aerodinamico da passaggio treno;
- azione della neve;
- azione termica;
- azione sismica.

### 5.1 PESO PROPRIO STRUTTURE

Il peso proprio degli elementi strutturali in elevazione viene calcolato considerando il peso specifico dell'acciaio:

$$\gamma = 78,50 \text{ kN/m}^3$$

Il peso proprio degli elementi strutturali in fondazione viene calcolato considerando il peso specifico del cemento armato:

$$\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$$

## 5.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Il carico permanente non strutturale corrisponde al carico associato al rivestimento orizzontale, compresa sottostruttura è pari a:

$$g_{2k}=1,5 \text{ kN/m}^2$$

## 5.3 SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Il fabbricato rientra nella cat. C3 - Aree d'accesso ad atri di stazione ferroviarie secondo Tab.3.1.II delle NTC2018:

$$q_{5k}=5 \text{ kN/m}^2$$

## 5.4 SOVRACCARICO DI MANUTENZIONE

Si adotta il carico distribuito di cat. H, tipico delle coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione, definito secondo la Tab.3.1.II delle NTC2018:

$$q_{3k}=0.5 \text{ kN/m}^2$$

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	12 di 102

## 5.5 AZIONE DELLA NEVE

NEVE (Q4)			
zona		III	
$a_s$	170,00	m	altitudine del sito

	I-Alpina	I-Med	II	III
$a_s \leq 200$	1,50	1,50	1,00	0,60
$a_s > 200$	1,47	1,46	0,96	0,57

$q_{sk}$	=	0,60	kN/mq	valore caratteristico di riferimento
$c_t$	=	1,00	-	coefficiente termico
classi		Normale	-	classe di topografia
$n^\circ$		1,00		numero falde
$c_E$	=	1,00		coefficiente di esposizione
$\alpha_1$	=	0,00	°	angolo inclinazione
$\mu_1$	=	0,80	-	coeff. di forma
$q_{sk4.1}$	=	0,5	kN/mq	carico da neve falda 1

## 5.6 AZIONE DEL VENTO

### NTC 2018 - CALCOLO CARICO DA VENTO

**VELOCITA' BASE DI RIFERIMENTO** = **27** m/s

$$V_b = V_{b0} \times C_a$$

$V_{b0}$  = velocità base di riferimento al livello del mare - tab. 3.3.1

$C_a$  = coefficiente di altitudine

$$C_a = 1 \quad \text{per} \quad a_s \leq a_0$$

$$C_a = 1 + k_r (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per} \quad a_0 < a_s \leq 1500\text{m}$$

**Altitudine zona di installazione** = **170** m.s.m.

Valori dei parametri

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

vb0 [m/]	a0 [m]	ks
27	500	0.37

Coefficiente di altitudine 1

**VELOCITA' DI RIFERIMENTO** = **27** m/s

$$V_r = V_b \times C_r$$

$V_b$  = velocità base di riferimento

$C_r$  = coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritornodi progetto  $T_r$

COEFFICIENTE DI RITORNO

$$C_r = 0,75 \times \text{RADQ} (1 - 0,2 \times \text{LN}(-\text{LN}(1 - 1/T_r))) = 1$$

**TEMPO DI RITORNO** = **50** anni

per fasi di costruzione con durata prevista in sede di progetto superiore a un anno si assumerà  $TR \geq 50$  anni;

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	14 di 102

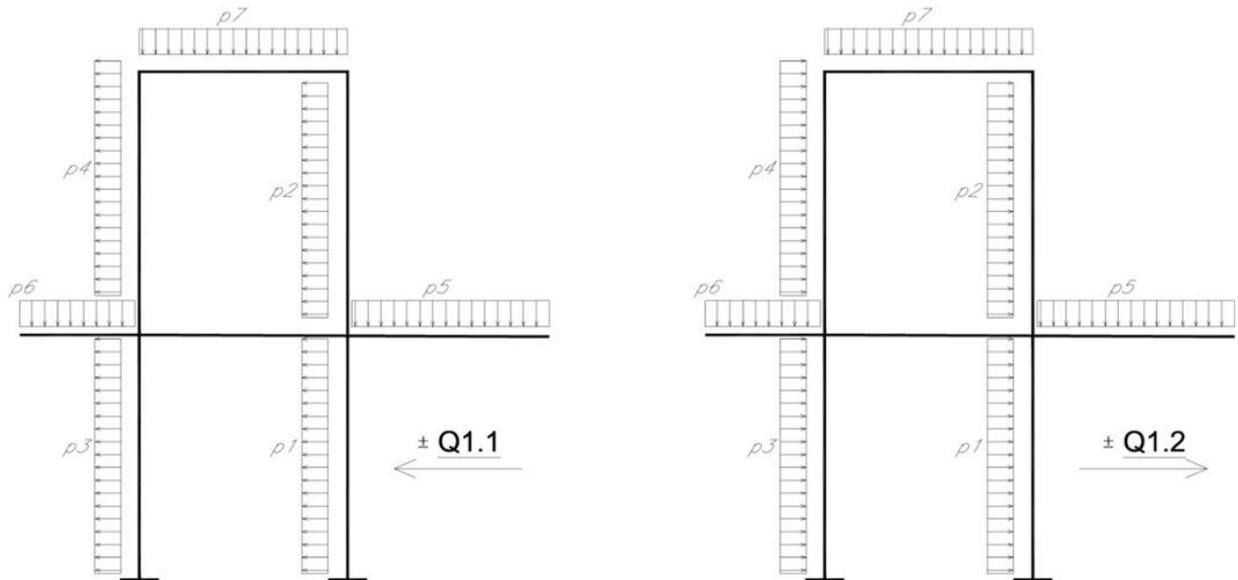
<b>PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO</b>	=	<b>455.625</b>	<b>N/mq</b>
$q_r$	=	$0,5 \times \rho \times v_r^2$	
$v_r$	=	velocità di riferimento	
$\rho$	=	1.25 kg/mc	densità dell'aria
<b>COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE</b>	=	<b>2.138</b>	
<b>CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO</b>			
Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive			
<b>DISTANZA DALLA COSTA / ALTITUDINE</b>			
terra da 10 a 30 km dalla costa			
<b>CATEGORIA DI ESPOSIZIONE AL SITO</b>	=	<b>III</b>	
<b>ALTEZZA STRUTTURA</b>	=	<b>10</b>	<b>m</b>
<b>COEFFICIENTE DI PRESSIONE</b>	=	<b>1</b>	
<b>COEFFICIENTE DINAMICO</b>	=	<b>1</b>	
<b>PRESSIONE DEL VENTO</b>	=	<b>0.97</b>	<b>kN/mq</b>

La pressione del vento a meno del coefficiente  $C_p$  vale 0,97 kN/m<sup>2</sup>. I coefficienti di forma per vento sui pannelli di copertura sono stati determinati in accordo con le indicazioni della Circolare 617/2009 delle NTC 2018.

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	15 di 102

Scenari di carico da vento:



### COEFFICIENTE DI FORMA

	Q1.1	Q1.2	
$c_{p1}$	1,00	0,60	coefficiente di forma pareti laterali sopravento (Q1.1)/sottovento (Q1.2)
$c_{p2}$	1,00	0,60	coefficiente di forma pareti laterali sopravento (Q1.1)/sottovento (Q1.2)
$c_{p3}$	0,60	1,00	coefficiente di forma pareti laterali sottovento (Q1.1)/sopravento (Q1.2)
$c_{p4}$	0,60	1,00	coefficiente di forma pareti laterali sottovento (Q1.1)/sopravento (Q1.2)
$c_{p5}$	1,20	1,20	coefficiente di forma per carico in copertura
$c_{p6}$	1,20	1,20	coefficiente di forma per carico in copertura
$c_{p7}$	1,20	1,20	coefficiente di forma per carico in copertura
$p1$	0,97	0,58	kN/mq coefficiente di forma pareti laterali
$p2$	0,97	0,58	kN/mq coefficiente di forma pareti laterali
$p3$	0,58	0,97	kN/mq coefficiente di forma pareti laterali
$p4$	0,58	0,97	kN/mq coefficiente di forma pareti laterali
$p5$	1,16	1,16	kN/mq pressione in copertura
$p6$	1,16	1,16	kN/mq pressione in copertura
$p7$	1,16	1,16	kN/mq pressione in copertura

## 5.7 AZIONE DEL VENTO CON AZIONE AERODINAMICA PER TRAFFICO FERROVIARIO

In accordo al 5.2.2.7 delle NTC 2018 si prevede un carico addizionale dovuto all'effetto aerodinamico causato dal passaggio del treno in base alla distanza dall'asse del binario. In accordo con quanto previsto in RFI DTC-SI-PS MA IFS 001 C, si considera l'effetto aerodinamico associato al passaggio dei treni. Tali prescrizioni si riscontrano anche al punto 5.2.2.7 delle NTC 2018 relativo ai ponti ferroviari. Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno. Nel determinare l'intensità della pressione generata dal passaggio del convoglio sono stati considerati diversi scenari, quali:

- Caso con superfici orizzontali adiacenti il binario;
- Caso con superfici verticali parallele al binario;
- Caso con strutture con superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate.

### AERODINAMICA (Q2) - §5.2.2.7.3 NTC18

Superfici orizzontali adiacenti il binario

$a_{g,min}$	=	1,50	m	distanza minima
$a_{g,max0}$	=	5,30	m	distanza massima reale
$V$	=	200,00	Km/h	velocità treno
$q_{3k,(max)}$	=	0,60	kN/mq	caratteristica fig. 5.2.10 §5.2.2.7.3 NTC18
$q_{3k,(min)}$	=	0,15	kN/mq	caratteristica fig. 5.2.10 §5.2.2.7.3 NTC18
$hg$	=	4,95	m	distanza P.F. intradosso pensilina
$K_3$	=	0,69		coef riduttivo
$q2_{(max)}$	=	0,41	kN/mq	
$q2_{(min)}$	=	0,10	kN/mq	
$q2_{(med)}$	=	0,26	kN/mq	valore medio
$q2_{Ed}$	=	0,41	kN/mq	valore di calcolo

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	17 di 102

### AERODINAMICA (Q2) - §5.2.2.7.1 NTC18

Superfici verticali parallele al binario

$a_{g,max0} = 5,30$  m distanza asse binario struttura  
 $V = 200,00$  Km/h velocità treno  
 $q_{1k} = 0,25$  kN/mq caratteristica fig. 5.2.8 §5.2.2.7.1 NTC18  
 $k_1 = 1,00$  coef riduttivo forma treno  
 $K_2 = 1,00$  coef amplificativo geometria ostacolo  
 $q_2 = 0,25$  kN/mq di calcolo

### AERODINAMICA (Q2) - §5.2.2.7.4 NTC18

Azione sulle superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate

$a_{g,min} = 1,50$  m distanza minima  
 $a_{g,max0} = 5,30$  m distanza massima reale  
 $a_{g,max} = 5,30$  m distanza massima da considerare  
 $a'_{g,max} = 3,02$  m distanza fittizia  
 $V = 200,00$  Km/h velocità treno  
 $q_{4k} = 0,41$  kN/mq caratteristica fig. 5.2.8 §5.2.2.7.1 NTC18  
 $k_1 = 1,00$  coef riduttivo forma treno  
 $K_2 = 1,00$  coef amplificativo geometria ostacolo  
 $q_2 = 0,41$  kN/mq di calcolo

In accordo alle Istruzioni FS (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A Parte II sezione 1 cap. 1.5.4.3) si assume un minimo carico da vento con effetto aerodinamico pari a:

$$q_{v,tot,k} = \pm 1.50 \text{ kN/m}^2$$

## 5.8 AZIONE TERMICA

In accordo con il paragrafo 3.5.5 delle NTC 2018, relativamente al caso di strutture in acciaio esposte, è stata considerata un'azione termica uniforme pari a:

$$\Delta T = \pm 25^\circ C$$

Tale azione è stata applicata in combinazione alle altre azioni.

## 5.9 AZIONE SISMICA

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni) per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento  $V_R$  in funzione dello stato limite, considerato:

- la vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera;
- la classe d'uso;
- il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.

Per l'opera in esame si considera:

$V_N$	<b>75</b>	vita nominale dell'opera (anni)
$C_U$	<b>1.0</b>	coefficiente d'uso (classe II)
$V_R$	<b>75</b>	periodo di riferimento (anni)

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE

LATITUDINE

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ➔

Variabilità dei parametri ➔

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ➔

Reticolo di riferimento



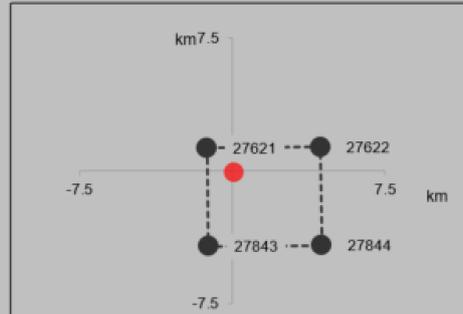
Controlli sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata ▼

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

### Valori di progetto

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

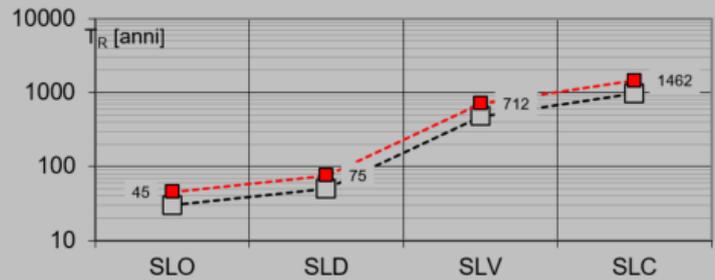
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	Valore
SLO - $P_{VR} = 81\%$	45
SLD - $P_{VR} = 63\%$	75
Stati limite ultimi - SLU	Valore
SLV - $P_{VR} = 10\%$	712
SLC - $P_{VR} = 5\%$	1462

### Elaborazioni

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

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

**FASE 2**

FASE 3

Di seguito i parametri dell'azione sismica differenziata per i vari Stati Limite.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	45	0.038	2.654	0.252
SLD	75	0.044	2.669	0.276
SLV	712	0.074	2.941	0.351
SLC	1462	0.086	3.020	0.384

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	20 di 102

I parametri di risposta sismica locale sono:

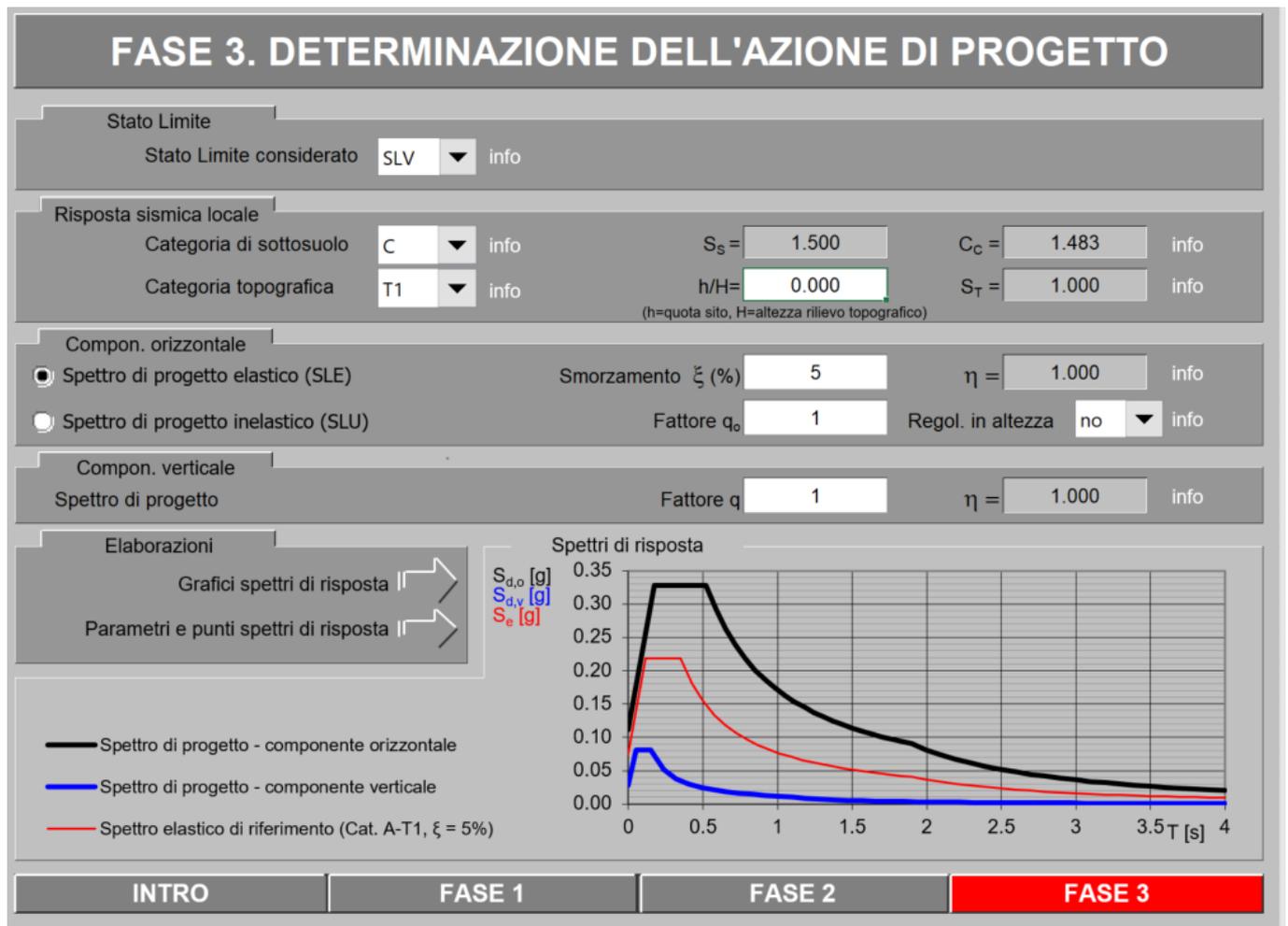
- Categoria del sottosuolo **C**
- Categoria topografica **T<sub>1</sub>**

In relazione allo schema statico della struttura in esame il fattore di struttura  $q$  considerato nel calcolo delle azioni sismiche è pari a 1 per lo SLV è pari a 1.0 per lo SLD.

La valutazione degli effetti del sisma sulla struttura è effettuata tramite un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Si riportano di seguito gli spettri considerati, in relazione al sito, alle caratteristiche del sottosuolo e alle proprietà dissipative della struttura. Coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

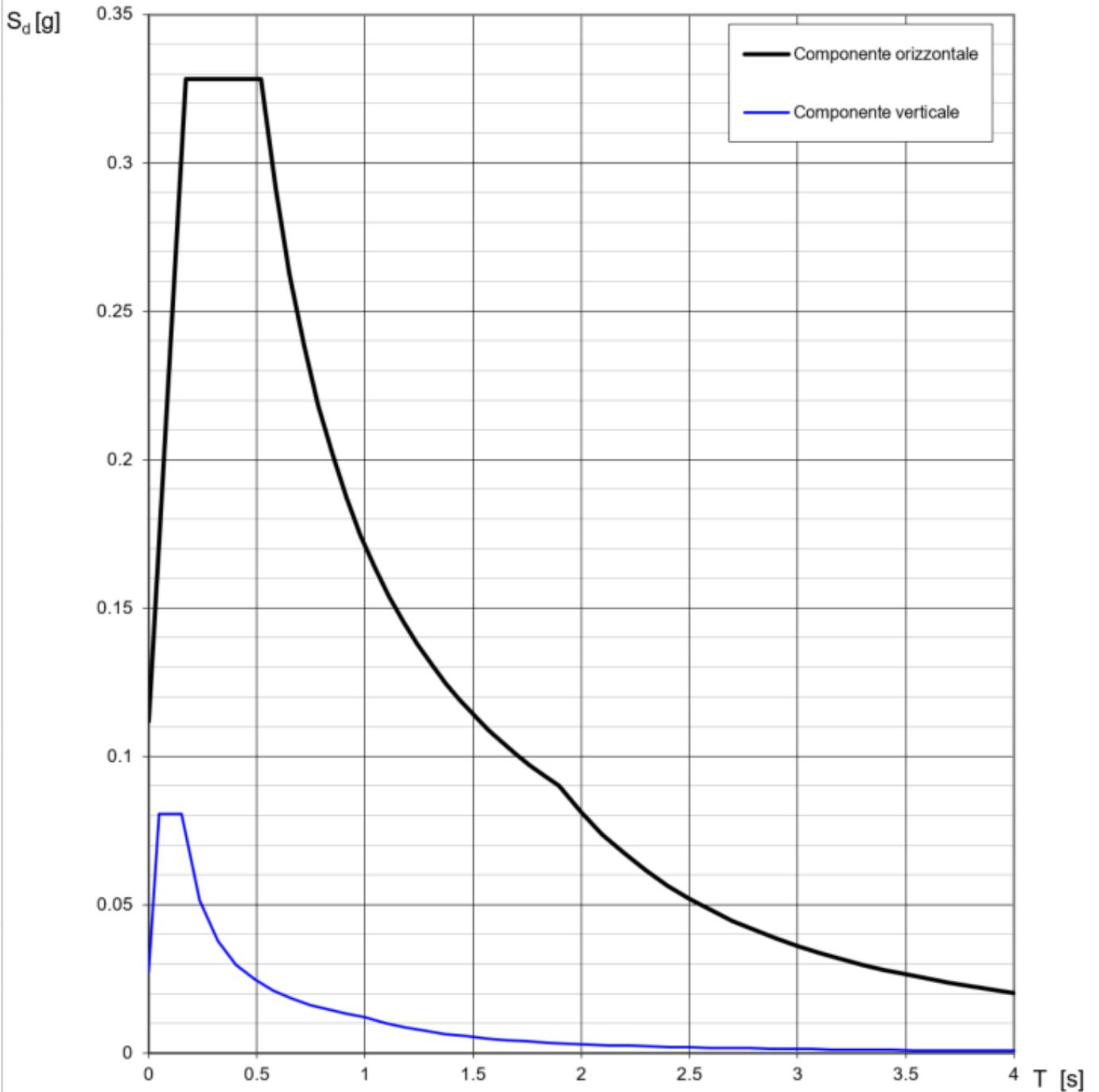
Spettri di risposta (componenti orizzontali e verticali) per lo stato limite: SLV



FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord  
 FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	21 di 102

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



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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.074 g
$F_o$	2.941
$T_C$	0.351 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.483
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.174 s
$T_C$	0.521 s
$T_D$	1.898 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.112
$T_B$ ←	0.174	0.328
$T_C$ ←	0.521	0.328
	0.587	0.292
	0.652	0.262
	0.718	0.238
	0.783	0.218
	0.849	0.202
	0.914	0.187
	0.980	0.175
	1.046	0.164
	1.111	0.154
	1.177	0.145
	1.242	0.138
	1.308	0.131
	1.373	0.125
	1.439	0.119
	1.504	0.114
	1.570	0.109
	1.636	0.105
	1.701	0.101
	1.767	0.097
	1.832	0.093
$T_D$ ←	1.898	0.090
	1.998	0.081
	2.098	0.074
	2.198	0.067
	2.298	0.061
	2.398	0.056
	2.498	0.052
	2.599	0.048
	2.699	0.045
	2.799	0.041
	2.899	0.039
	2.999	0.036
	3.099	0.034
	3.199	0.032
	3.299	0.030
	3.399	0.028
	3.499	0.027
	3.600	0.025
	3.700	0.024
	3.800	0.022
	3.900	0.021
	4.000	0.020

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	23 di 102

Spettri di risposta (componenti orizzontali e verticali) per lo stato limite: SLD

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato: SLD ▼ info

---

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo: C ▼ info       $S_S = 1.500$        $C_C = 1.606$  info  
 Categoria topografica: T1 ▼ info       $h/H = 0.000$        $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

---

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%): 5       $\eta = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$ : 1      Regol. in altezza: no ▼ info

---

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$ : 1       $\eta = 1.000$  info

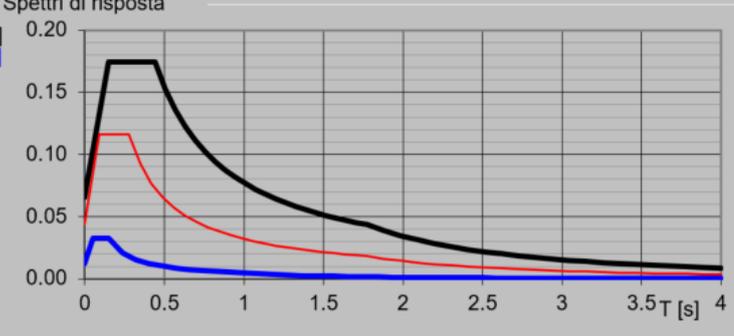
---

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

$S_{d,o}$  [g]

$S_{d,v}$  [g]

$S_e$  [g]



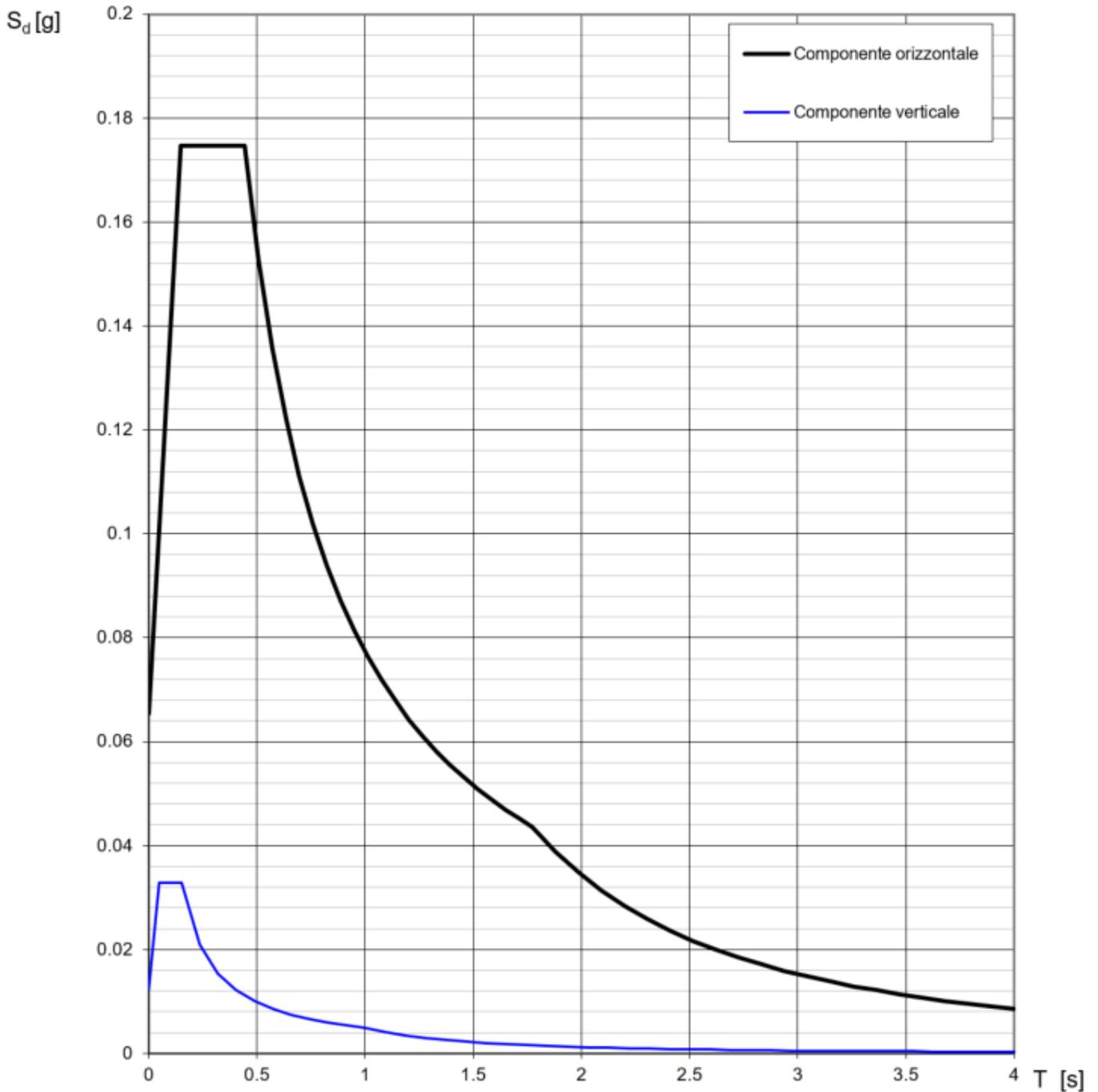
---

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	24 di 102

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**



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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.044 g
$F_o$	2.669
$T_C$	0.276 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.606
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.148 s
$T_C$	0.443 s
$T_D$	1.774 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.065
$T_B$ ←	0.148	0.175
$T_C$ ←	0.443	0.175
	0.506	0.153
	0.570	0.136
	0.633	0.122
	0.697	0.111
	0.760	0.102
	0.823	0.094
	0.887	0.087
	0.950	0.081
	1.014	0.076
	1.077	0.072
	1.140	0.068
	1.204	0.064
	1.267	0.061
	1.331	0.058
	1.394	0.055
	1.457	0.053
	1.521	0.051
	1.584	0.049
	1.648	0.047
	1.711	0.045
$T_D$ ←	1.774	0.044
	1.880	0.039
	1.986	0.035
	2.092	0.031
	2.198	0.028
	2.304	0.026
	2.410	0.024
	2.516	0.022
	2.622	0.020
	2.728	0.018
	2.834	0.017
	2.940	0.016
	3.046	0.015
	3.152	0.014
	3.258	0.013
	3.364	0.012
	3.470	0.011
	3.576	0.011
	3.682	0.010
	3.788	0.010
	3.894	0.009
	4.000	0.009

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	26 di 102

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

### Stato Limite

Stato Limite considerato **SLO**

### Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C**

$S_S =$

$C_C =$

Categoria topografica **T1**

$h/H =$

$S_T =$

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

### Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)

$\eta =$

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_o$

Regol. in altezza **no**

### Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q$

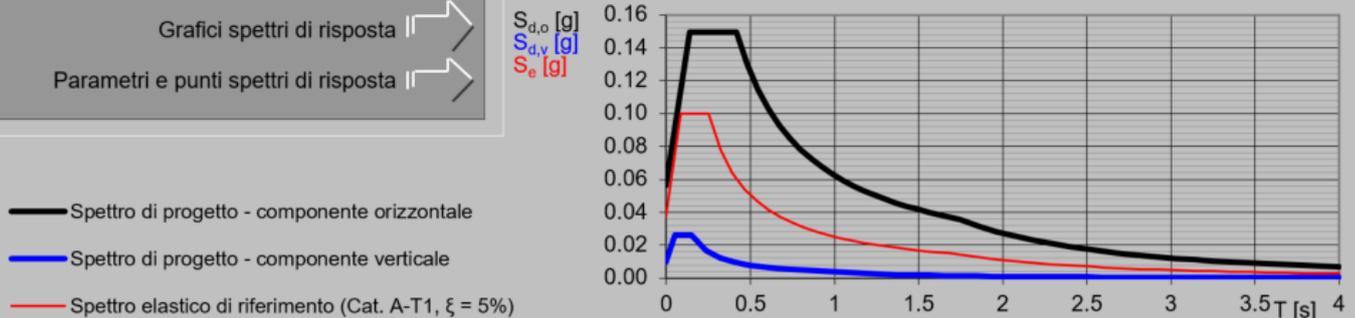
$\eta =$

### Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

### Spettri di risposta



- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO

FASE 1

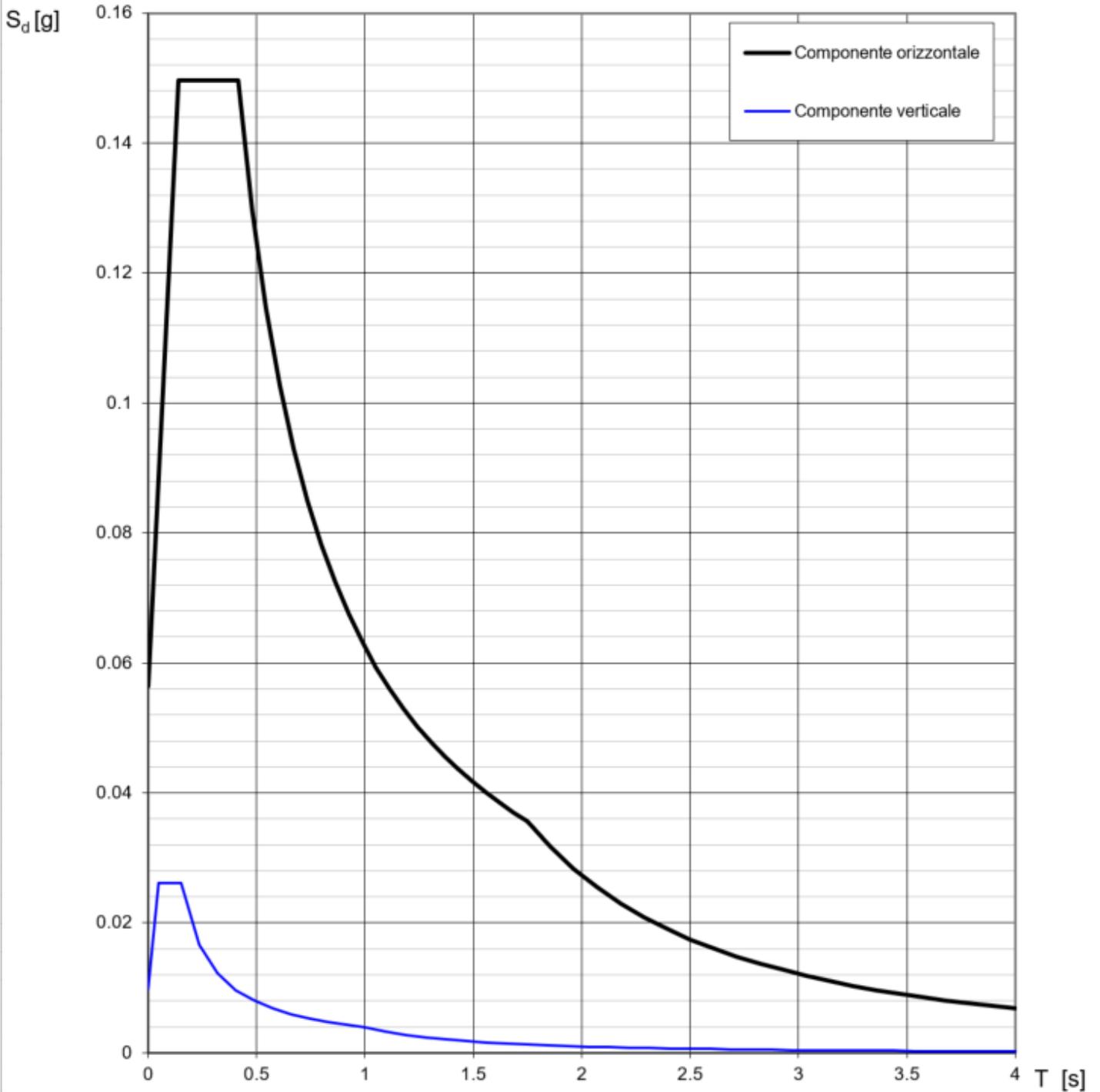
FASE 2

**FASE 3**

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord  
 FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	27 di 102

### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



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

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
$a_g$	0.038 g
$F_o$	2.654
$T_C$	0.252 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.654
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.139 s
$T_C$	0.417 s
$T_D$	1.750 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.056
$T_B$ ←	0.139	0.150
$T_C$ ←	0.417	0.150
	0.481	0.130
	0.544	0.115
	0.608	0.103
	0.671	0.093
	0.735	0.085
	0.798	0.078
	0.862	0.072
	0.925	0.067
	0.989	0.063
	1.052	0.059
	1.116	0.056
	1.179	0.053
	1.242	0.050
	1.306	0.048
	1.369	0.046
	1.433	0.044
	1.496	0.042
	1.560	0.040
	1.623	0.038
	1.687	0.037
$T_D$ ←	1.750	0.036
	1.857	0.032
	1.965	0.028
	2.072	0.025
	2.179	0.023
	2.286	0.021
	2.393	0.019
	2.500	0.017
	2.607	0.016
	2.714	0.015
	2.822	0.014
	2.929	0.013
	3.036	0.012
	3.143	0.011
	3.250	0.010
	3.357	0.010
	3.464	0.009
	3.571	0.009
	3.679	0.008
	3.786	0.008
	3.893	0.007
	4.000	0.007

Come metodo di analisi per determinare gli effetti dell'azione sismica si è scelto di utilizzare l'analisi dinamica lineare o analisi modale con spettro di risposta, nella quale l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto.

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Come prescritto dalle NTC 2018 al paragrafo 7.3.3.1, devono essere considerati tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa. E' opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi, deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa (CQC) degli effetti relativi a ciascun modo, secondo quanto definito al punto 7.3.3.1 delle NTC2018.

La risposta della struttura viene calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti dell'azione sismica orizzontale; gli effetti sulla struttura, in termini di sollecitazioni e spostamenti, sono poi combinati applicando le seguenti espressioni:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.3 \cdot E_z$$

$$1.00 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_x + 0.3 \cdot E_z$$

$$1.00 \cdot E_z + 0.30 \cdot E_x + 0.3 \cdot E_y$$

## 5.10 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Le azioni caratteristiche (carichi, distorsioni, variazioni termiche, ecc.) devono essere definite in accordo con quanto indicato nel capitolo 2 delle NTC 2018. Per costruzioni civili o industriali di tipo corrente e per le quali non esistano regolamentazioni specifiche, le azioni di calcolo si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo le seguenti formule di correlazione.

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

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

- Combinazione caratteristica, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (SLE Rara):

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

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

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi di salvaguardia per la vita (SLV) e di esercizio (SLO) connessi con l'azione sismica E:

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$ :

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

Si riportano le tabelle con i coefficienti di combinazione delle azioni previste dalle NTC 2018.

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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

Figura 4. Tabella 2.6.I estratta dalle NTC 2018.

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0





**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE**  
**RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE**  
**STAZIONE DI ANGUILLARA SABAZIA**

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
 FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	32 di 102

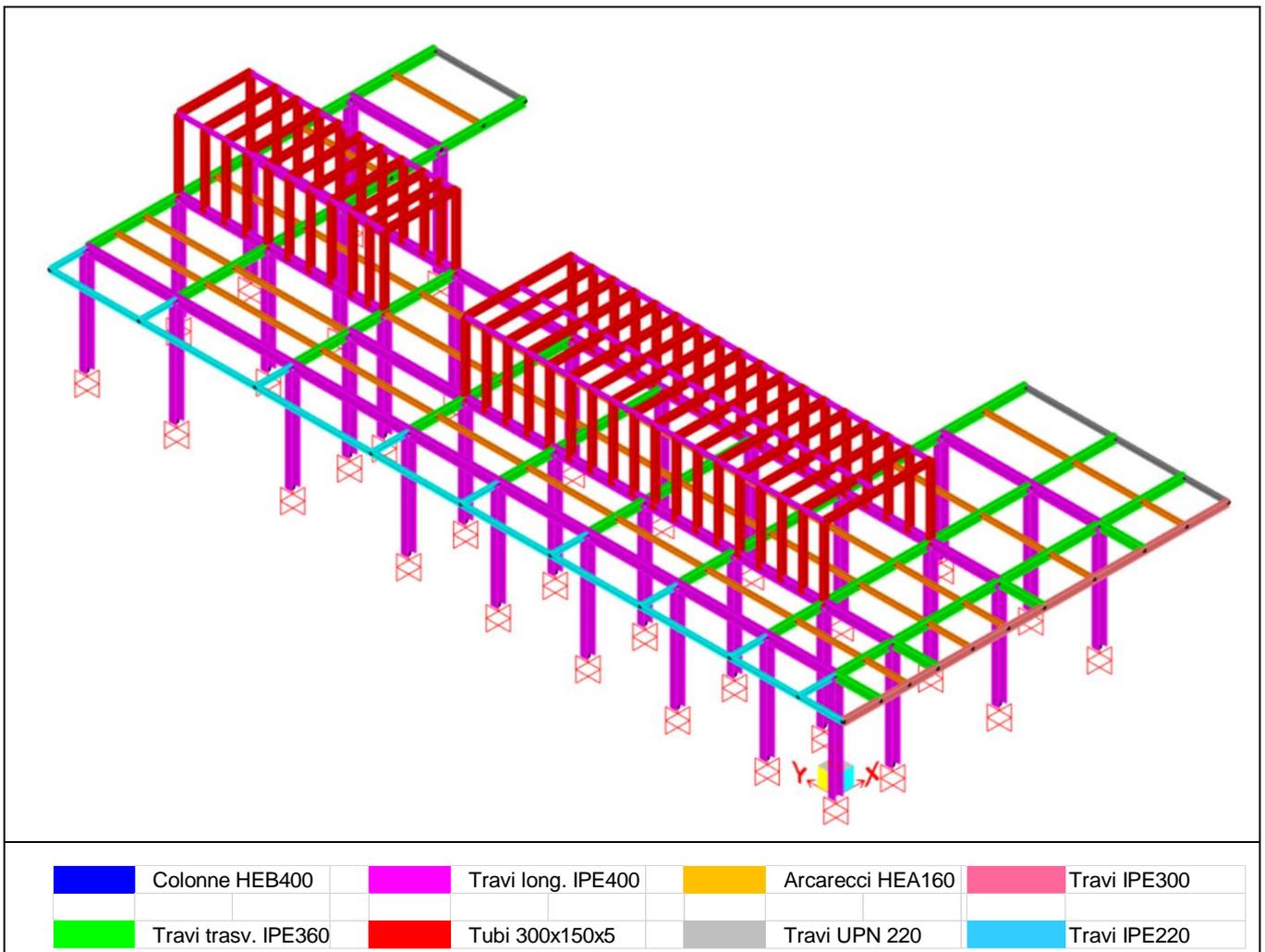
		SLE												SISMICA											
		SLE-K-q5										SLE-QP		SLV			SLO			SLD					
		K59	K60	K61	K62	K63	K64	K65	K66	K67	K68	K69	K70	QP1	QP2	QP3	QP4	EX	EY	EZ	O1	O2	O3	DX	DY
pp	DEAD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
perm	G2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
vento1	Q1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
vento2	Q1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
manutenzione	Q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
neve	Q4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
folia	Q5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
temp	Dt	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma slv_x	SLV_X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma slv_y	SLV_Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma slv_z	SLV_Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma slo_x	SLO_X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00
sisma slo_y	SLO_Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	0.00	0.00	0.00
sisma slo_z	SLO_Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00
sisma sld_x	SLD_X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30
sisma sld_y	SLD_Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30
sisma sld_z	SLD_Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00

## 6 MODELLO STRUTTURALE

L'analisi della struttura in esame è stata effettuata mediante una modellazione agli elementi finiti tramite l'utilizzo del software SAP2000. La struttura è stata modellata con un modello numerico tridimensionale il cui sistema di riferimento globale prevede una terna destrorsa il cui l'asse X è orientato in direzione longitudinale e l'asse Z verticale positivo verso l'alto.

Travi e colonne sono stati modellati con elementi *frame*, mentre i pannelli di rivestimento mediante elementi *shell none*. Questi ultimi, in accordo con le orditure dei pannelli di copertura, sono stati utilizzati per la ripartizione dei carichi sulle travi mediante l'opzione *uniform loads to frame* nel verso dell'asse 1 degli elementi shell.

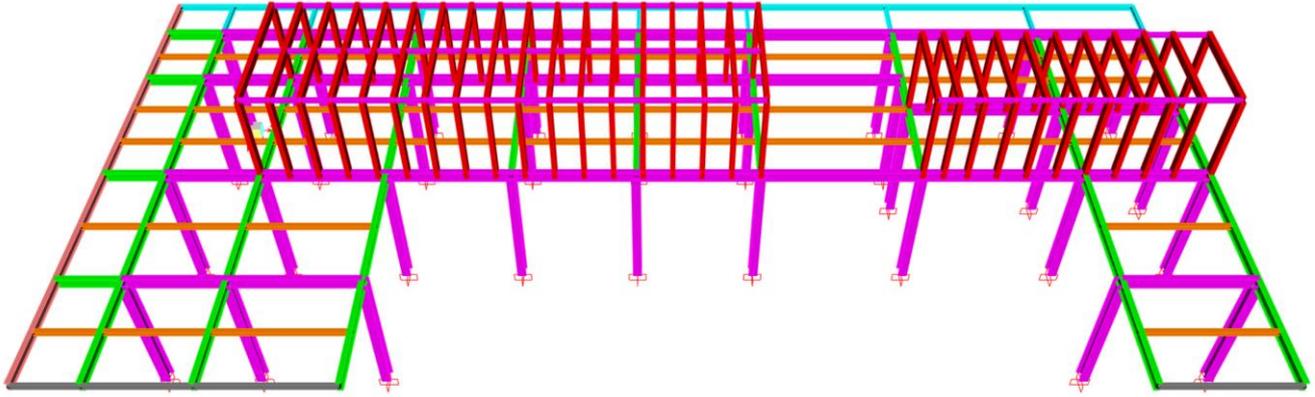
Le travi secondarie sono state svincolate a momento flettente M2-M3 mediante inserimento di *release* alle estremità, mentre i pilastri sono vincolati al suolo con dei vincoli di incastro.



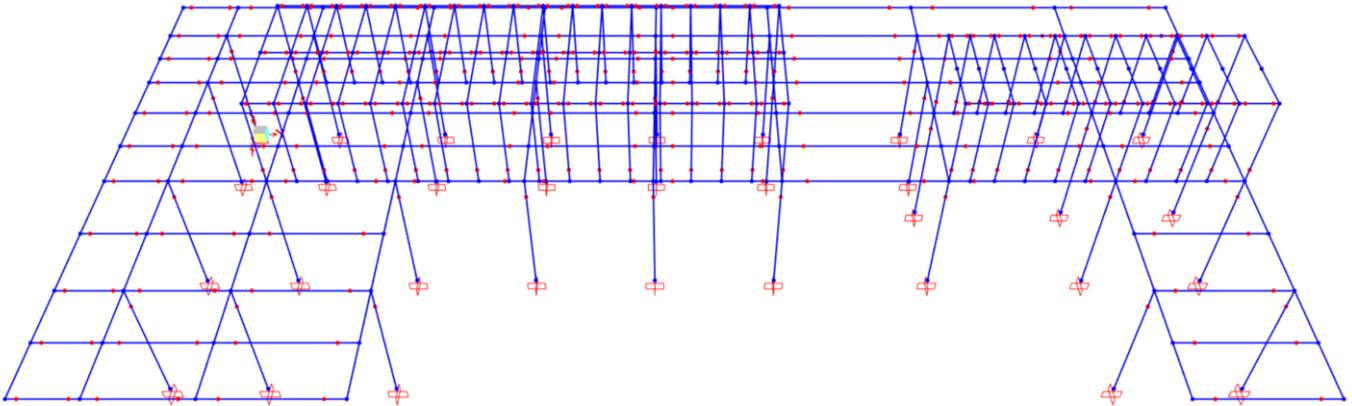
**Figura 6. Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa**

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
 FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	34 di 102



**Figura 7. Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa**



**Figura 8. Vista - svincoli assegnati**



PROGETTO DEFINITIVO  
RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE  
RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE  
STAZIONE DI ANGUILLARA SABAZIA

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	35 di 102

Unità di misura: forze [**kN**]; lunghezze [**m**]; temperatura [**°C**].

Metodo di assegnazione dei carichi sul modello di calcolo

I carichi sono stati assegnati come segue:

1. Definizione dello schema di carico (load pattern);
2. Definizione del caso di carico con intensità pari al valore caratteristico (load case);
3. Assegnazione dello schema di carico con intensità unitaria (entità del load pattern pari a 1), eccetto per:
4. L'entità del carico risultante è data dal prodotto dell'entità del caso di carico per l'entità dello schema di carico:

**Load = Load pattern x Load case**

5. I carichi distribuiti di superficie sono stati assegnati mediante l'opzione *Area loads -> Uniform to frame*, che distribuisce il carico secondo l'orditura dei pannelli per aree di influenza;
6. I carichi distribuiti lineari sono stati assegnati mediante l'opzione *Frame loads -> Distributed*, che distribuisce il carico in maniera uniforme lungo l'estensione dell'elemento frame;
7. I fattori parziali per ottenere il valore di calcolo dei carichi sono stati assegnati nelle rispettive combinazioni come fattori di scala.

## 7 VERIFICA DELLA STRUTTURA

### 7.1 ANALISI MODALE

Per il calcolo delle sollecitazioni strutturali è stato impiegato il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 v.20.1.0. Stante il tipo di analisi condotta, ossia dinamica lineare con spettro di risposta, è stato necessario svolgere dapprima un'analisi modale per determinare i periodi e le frequenze associate ai differenti modi. Questi ultimi sono stati considerati in numero tale da rispettare le prescrizioni previste dalle NTC 2018 al paragrafo § 7.3.3.1 in cui è riportato: *“Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all’85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo”*.

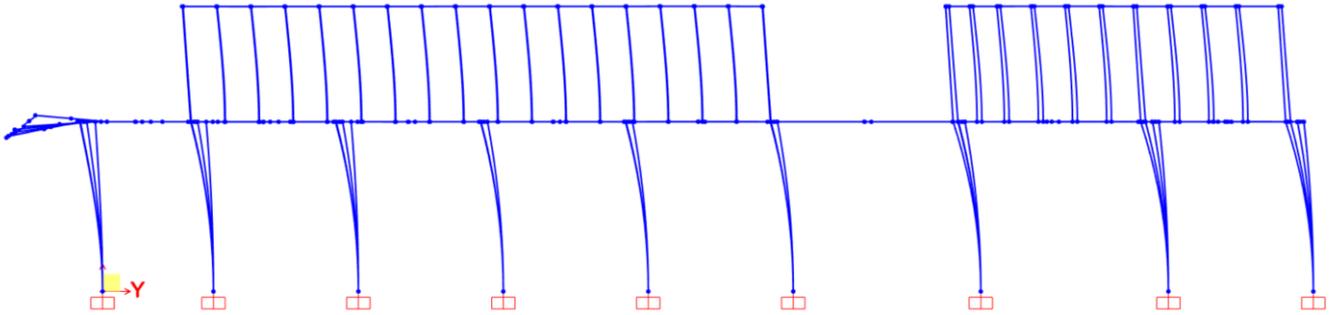
Si riporta di seguito una tabella riepilogativa contenente i risultati dell'analisi modale svolta.

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.847	0%	1%	0%	1%
MODAL	Mode	2	0.797	0%	5%	0%	5%
MODAL	Mode	3	0.589	0%	87%	0%	92%
MODAL	Mode	8	0.323	9%	0%	9%	96%
MODAL	Mode	9	0.298	21%	0%	30%	96%
MODAL	Mode	15	0.265	5%	0%	39%	98%
MODAL	Mode	49	0.154	5%	0%	64%	99%
MODAL	Mode	59	0.131	9%	0%	79%	99%
MODAL	Mode	69	0.116	6%	0%	89%	99%

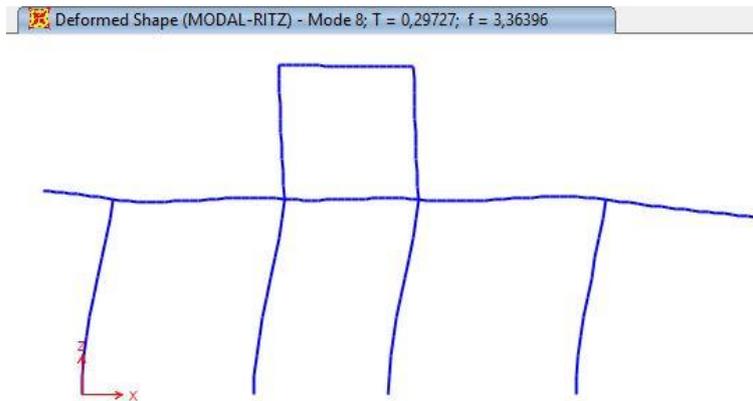
Con 100 modi si soddisfano le specifiche richieste dalla normativa cogente in termini di massa partecipante complessiva.

OutputCase	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	100	99%	100%

Seguono alcune immagini rappresentative delle principali deformate modali della struttura in esame:



**Figura 9. Deformata modale associata al modo 3**



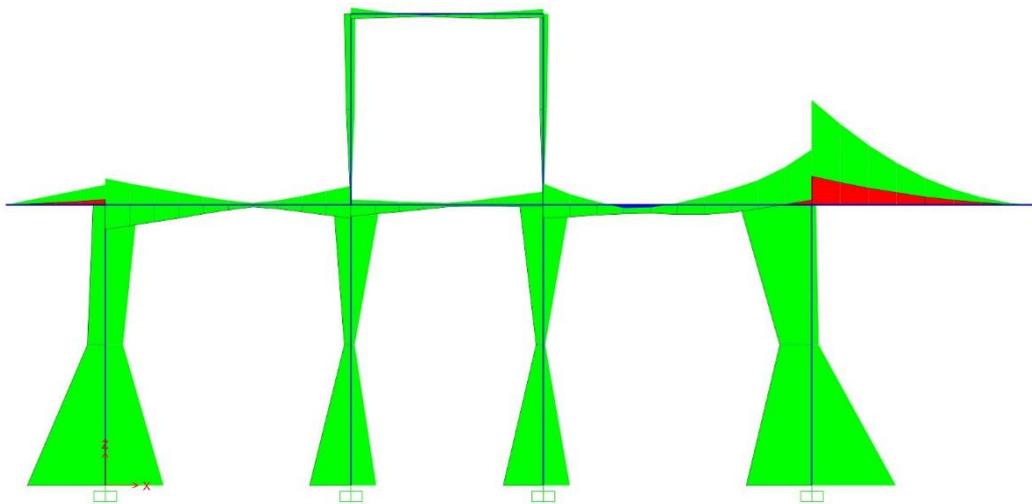
**Figura 10. Deformata modale associata al modo 9**

La massa eccitata dall'accelerazione spettrale è pari a **150.21 ton**.

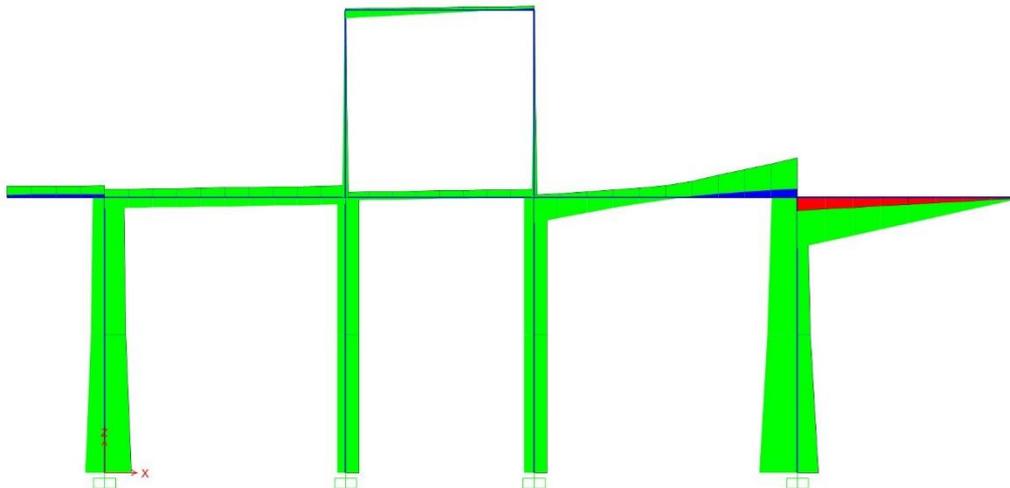
Joint	MassSource	U1	U2	U3
Text	Text	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m
SumAccelUX	MSSSRC1	150.21	0	0
SumAccelUY	MSSSRC1	0	150.21	0
SumAccelUZ	MSSSRC1	0	0	150.21

## 7.2 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito i diagrammi qualitativi delle sollecitazioni di momento, taglio e sforzo normale nella combinazione di involucro SLU e nelle combinazioni sismiche.



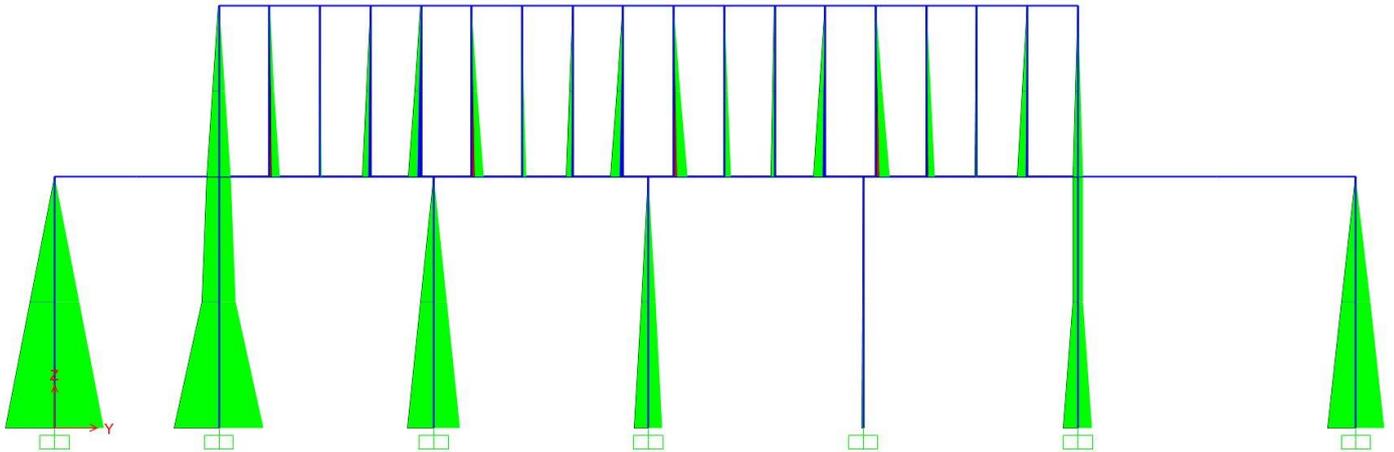
**Figura 11. Diagramma del momento flettente M3-3 in combinazione involucro SLU.**



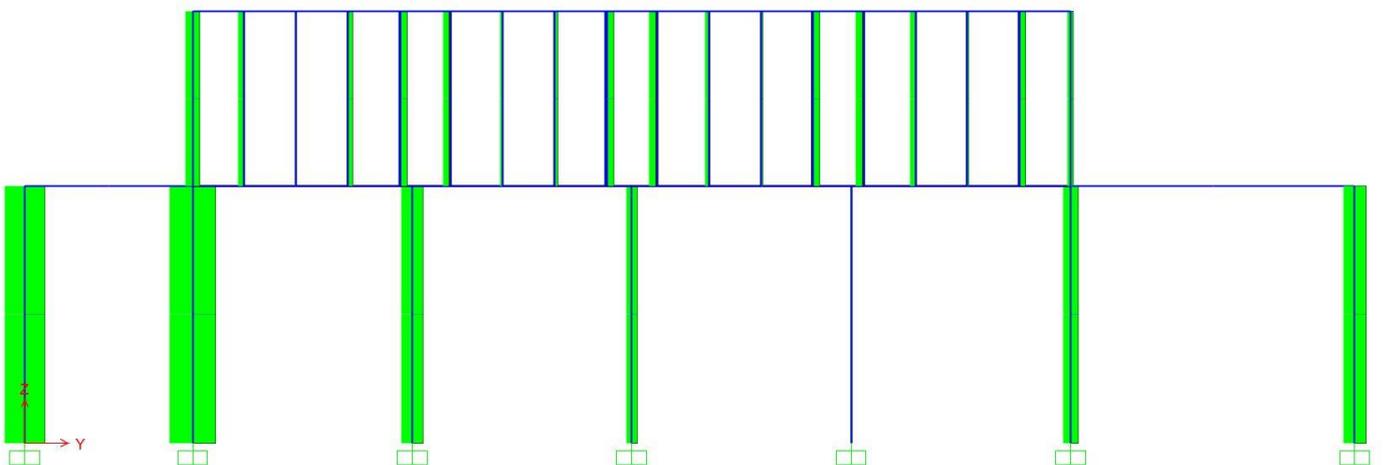
**Figura 12. Diagramma del taglio V2-2 in combinazione involucro SLU.**

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	39 di 102



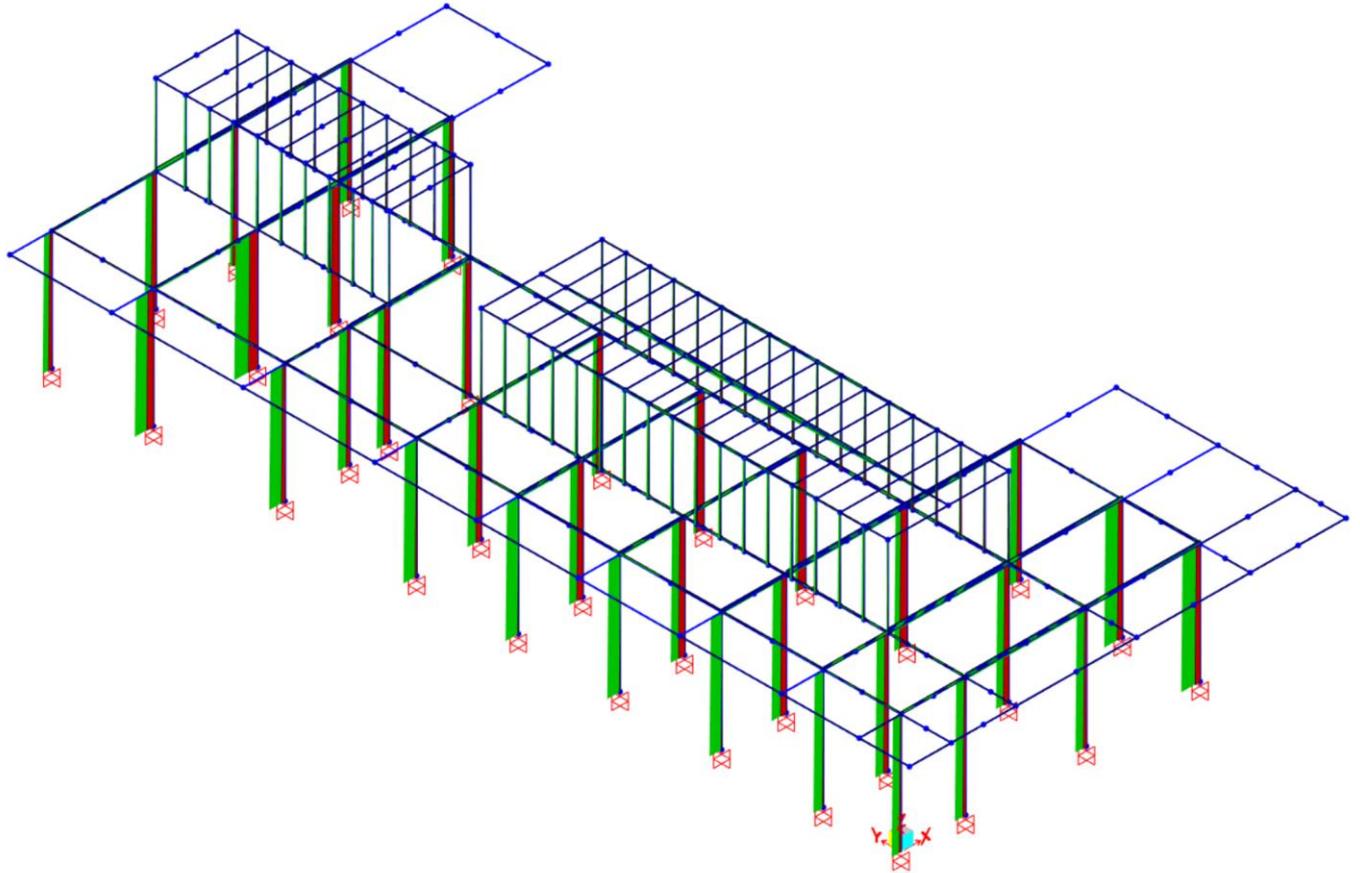
**Figura 13. Diagramma del momento flettente M2-2 in combinazione di involucro SLU.**



**Figura 14. Diagramma del taglio V3-3 in combinazione di involucro SLU**

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	40 di 102



**Figura 15 Diagramma dello sforzo normale in combinazione di inviluppo SLU.**

### 7.3 VERIFICHE STRUTTURALI DI RESISTENZA DELLE MEMBRATURE

Si riportano di seguito le verifiche delle membrature in acciaio eseguite in accordo alla normative cogente, i cui parametri di progetto sono stati impostati come mostrato in figura.

 Steel Frame Design Preferences for Italian NTC 2018

Item	Value
1 Design Code	Italian NTC 2018
2 Method Used for Buckling in P-M-M	Method B
3 Multi-Response Case Design	Envelopes
4 Framing Type	DCL-CBF
5 Behavior Factor, $q_0$	1.
6 System Overstrength Factor, $\Omega$	1.
7 Consider P-Delta Done?	No
8 Consider Torsion?	No
9 $\Gamma_{M0}$	1.05
10 $\Gamma_{M1}$	1.05
11 $\Gamma_{M2}$	1.25
12 Ignore Seismic Code?	No
13 Ignore Special Seismic Load?	No
14 Is Doubler Plate Plug-Welded?	Yes
15 Consider Deflection?	No
16 DL Limit, L/	120.
17 Super DL+LL Limit, L/	120.
18 Live Load Limit, L/	360.
19 Total Limit, L/	240.
20 Total-Camber Limit, L/	240.
21 Pattern Live Load Factor	0.75
22 Demand/Capacity Ratio Limit	0.95

Set To Default Values:

Reset To Previous Values:

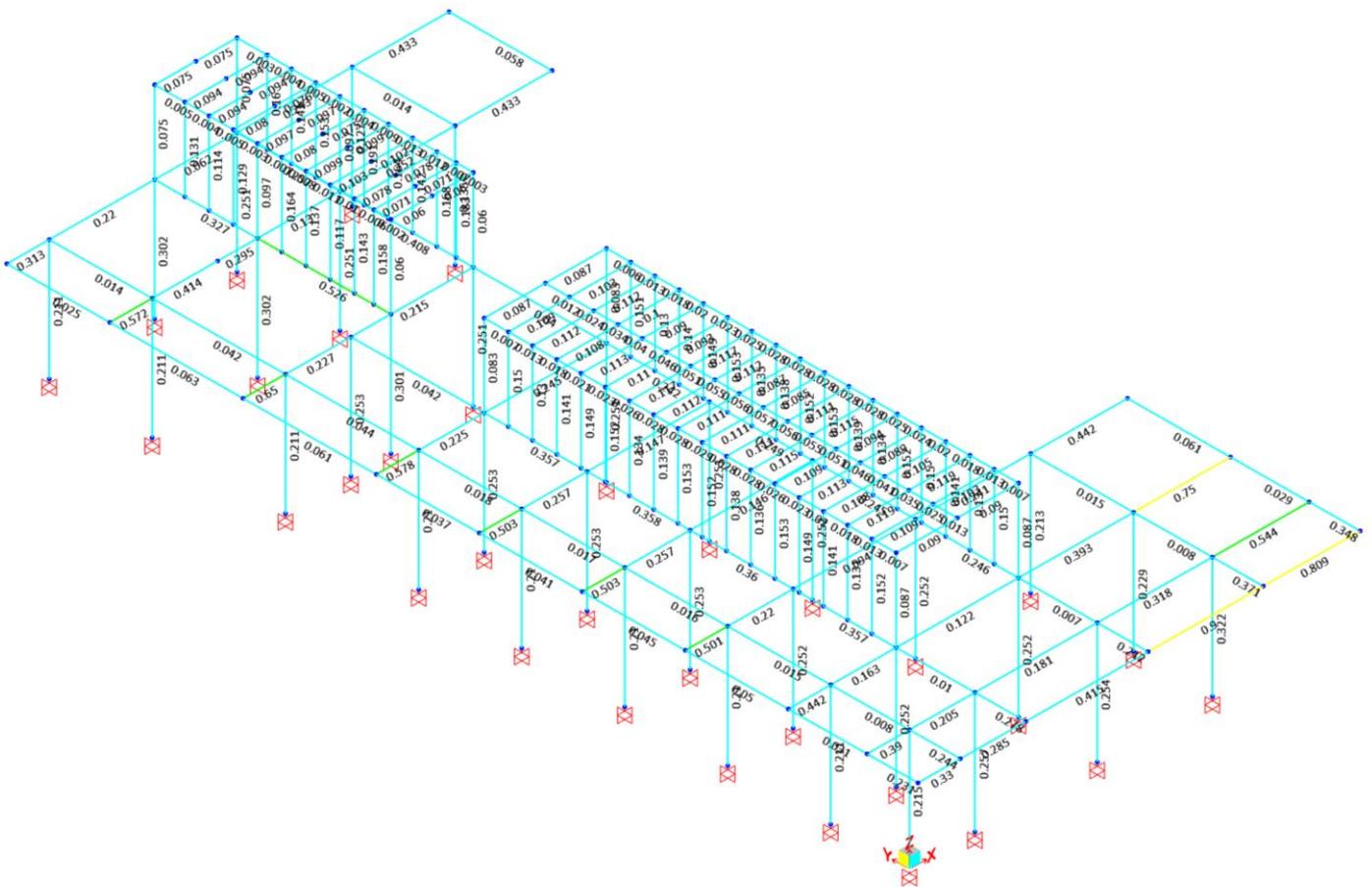
Figura 16. Parametri di progetto delle membrature

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	42 di 102

Si riportano di seguito i grafici dello sfruttamento degli elementi orizzontali e verticali, estratti dal modello di calcolo dopo aver impostato i parametri per la progettazione in accordo alla Normativa attuale sulle costruzioni.

Il grado di colore indica lo stato di verifica nei riguardi di una sollecitazione di pressoflessione deviata. I numeri rappresentano il tasso di lavoro degli elementi strutturali per le combinazioni di carico allo SLU (condizione statica e sismica).



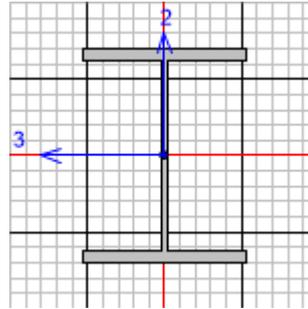
**Figura 17. Sfruttamento delle membrature in acciaio.**

A seguire si riportano i report delle verifiche effettuate per il frame più sollecitato degli elementi principali della strutturale.

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	43 di 102

### COLONNE HEB 400



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 58	X Mid: 4.35	Combo: EY	Design Type: Column
Length: 5.	Y Mid: 31.25	Shape: HE400B	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 2.5	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.02	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.02	Iyy=5.768E-04	iyy=0.171	Wel, yy=0.003	Weff, yy=0.003
It=3.610E-06	Izz=1.082E-04	izz=0.074	Wel, zz=7.213E-04	Weff, zz=7.213E-04
Iw=3.824E-06	Iyz=0.	h=0.4	Wpl, yy=0.003	Av, y=0.015
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=0.001	Av, z=0.007

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.	-96.992	24.556	-86.075	2.837	16.259	-0.201

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38)

D/C Ratio: 0.299 =  $(0.029)^2 + (0.298)^1 < 0.95$  OK  
 =  $(M_y, Ed/Mn, y, Rd)^{\text{Alpha}} + (M_z, Ed/Mn, z, Rd)^{\text{Beta}}$  (NTC Eq 4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-96.992	5185.714	5185.714

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	5185.714	6130.08	17592.306	17592.306	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	a	0.21	25581.334	0.461	0.634	4853.095
MajorB (y-y)	a	0.21	76125.774	0.267	0.543	5107.887
Minor (z-z)	b	0.34	8970.286	0.779	0.902	3823.194
MinorB (z-z)	b	0.34	8970.286	0.779	0.902	3823.194
Torsional TF	b	0.34	17592.306	0.556	0.715	4451.303

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	44 di 102

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	24.556	24.556	5.6	9.822
Minor (z-z)	-86.075	-86.075	-43.037	-51.645

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	846.476	846.476	846.476	846.476
Minor (z-z)	289.143	289.143	289.143	

	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.34	0.397	0.612	1.	2.41	5630.809

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.401	0.369	0.987	0.615

SHEAR DESIGN

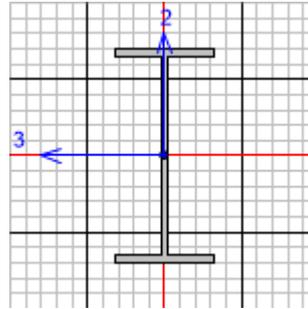
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	10.797	0.189	1061.499	0.01	OK
Minor (y)	17.215	0.189	2275.419	0.008	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	1061.499	1.	0.318

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	45 di 102

### TRAVE IPE 400



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 253	X Mid: 4.35	Combo: U10	Design Type: Beam
Length: 5.5	Y Mid: 28.5	Shape: IPE400	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.7	Z Mid: 5.	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.008	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.008	Iyy=2.313E-04	iyy=0.165	Wel, yy=0.001	Weff, yy=0.001
It=0.	Izz=1.318E-05	izz=0.039	Wel, zz=1.464E-04	Weff, zz=1.464E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.4	Wpl, yy=0.001	Av, y=0.005
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=2.290E-04	Av, z=0.004

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.7	-1.65	32.424	8.14	-45.994	-11.628	0.

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.526 = 0.002 + 0.361 + 0.162 < 0.95 OK  

$$= \frac{Ned}{(Chi\_z NRk/GammaM1)} + kzy \frac{(My, Ed+NEd eNy)}{(Chi\_LT My, Rk/GammaM1)} + kzz \frac{(Mz, Ed+NEd eNz)}{(Mz, Rk/GammaM1)}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-1.65	2213.095	2213.095

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	2213.095	2616.12	2597.743	2597.743	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	a	0.21	479396.295	0.07	0.489	1.	2213.095
MajorB(y-y)	a	0.21	479396.295	0.07	0.489	1.	2213.095
Minor (z-z)	b	0.34	903.044	1.604	2.025	0.307	678.505
MinorB(z-z)	b	0.34	903.044	1.604	2.025	0.307	678.505
Torsional TF	b	0.34	2597.743	0.946	1.074	0.632	1398.02

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	46 di 102

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	32.424	60.794	32.424	45.596
Minor (z-z)	8.14	10.762	8.14	10.582

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	342.31	342.31	342.31	168.142
Minor (z-z)	59.976	59.976	59.976	

	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.49	1.109	1.338	0.491	1.121	292.047

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.975	0.542	1.	0.903

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	45.994	0.	646.139	0.071	OK
Minor (y)	11.628	0.	792.677	0.015	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	646.139	1.	0.529

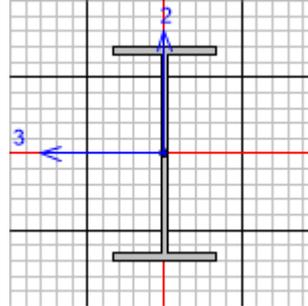
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	46.927	42.482

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	47 di 102

### TRAVE IPE360



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 131	X Mid: 14.5	Combo: U18	Design Type: Beam
Length: 4.	Y Mid: 0.	Shape: IPE360	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 2.	Z Mid: 5.	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.007	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.007	Iyy=1.627E-04	iyy=0.15	Wel,yy=9.039E-04	Weff,yy=9.039E-04
It=0.	Izz=1.043E-05	izz=0.038	Wel,zz=1.227E-04	Weff,zz=1.227E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.36	Wpl,yy=0.001	Av,y=0.005
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=1.910E-04	Av,z=0.004

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2.	-0.249	-47.59	-0.189	-37.439	0.116	-0.037

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.721 = 0. + 0.716 + 0.005 < 0.95 OK  

$$= \frac{NEd}{(\chi_z N_{Rk} / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_{y,Ed} + NEd e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_{y,Rk} / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_{z,Ed} + NEd e_{Nz})}{(M_{z,Rk} / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd		
	Force	Capacity	Capacity		
Axial	-0.249	1904.048	1904.048		
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	1904.048	2250.792	2979.252	2979.252	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	21075.923	0.308	0.559	0.976	1857.623
MajorB (y-y)	a	21075.923	0.308	0.559	0.976	1857.623
Minor (z-z)	b	1351.087	1.216	1.413	0.469	893.537
MinorB (z-z)	b	1351.087	1.216	1.413	0.469	893.537
Torsional TF	b	2979.252	0.819	0.941	0.713	1356.719

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	48 di 102

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-47.59	-150.117	-47.59	-112.587
Minor (z-z)	-0.189	-0.421	-0.189	-0.235

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	266.881	266.881	266.881	209.634
Minor (z-z)	50.024	50.024	50.024	

	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.49	0.656	0.827	0.785	2.102	650.825

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.454	0.336	1.	0.559

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	37.439	0.037	530.871	0.071	OK
Minor (y)	0.116	0.037	694.541	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	530.871	1.	0.508

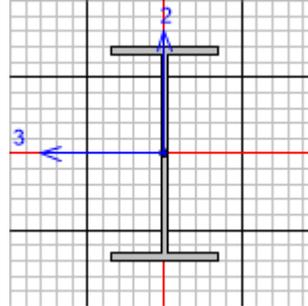
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	65.088	9.789

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	49 di 102

### TRAVE IPE300



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 324	X Mid: 14.5	Combo: EY	Design Type: Beam
Length: 4.	Y Mid: -2.1	Shape: IPE300	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 5.	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.005	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.005	Iyy=8.356E-05	iy=0.125	Wel,yy=5.571E-04	Weff,yy=5.571E-04
It=0.	Izz=6.040E-06	iz=0.034	Wel,zz=8.053E-05	Weff,zz=8.053E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.3	Wpl,yy=6.280E-04	Av,y=0.003
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=1.250E-04	Av,z=0.003

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-5.304	-18.403	8.937	-4.025	-4.036	-0.023

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38)  
D/C Ratio: 0.286 = (0.112)^2. + (0.273)^1. < 0.95 OK  
= (My,Ed/Mn,y,Rd)^Alpha + (Mz,Ed/Mn,z,Rd)^Beta (NTC Eq 4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-5.304	1409.048	1409.048

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	1409.048	1665.648	1948.088	1948.088	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	10824.242	0.37	0.586	0.961
MajorB(y-y)	a	0.21	10824.242	0.37	0.586	0.961
Minor (z-z)	b	0.34	782.413	1.375	1.645	0.392
MinorB(z-z)	b	0.34	782.413	1.375	1.645	0.392
Torsional TF	b	0.34	1948.088	0.871	0.994	0.679

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	50 di 102

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-18.403	-18.403	-18.403	-18.403
Minor (z-z)	8.937	8.937	8.937	8.937

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	164.476	164.476	164.476	135.027
Minor (z-z)	32.738	32.738	32.738	

	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.34	0.698	0.828	0.821	2.224	354.359

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.424	0.243	0.994	0.405

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	8.723	0.011	388.153	0.022	OK
Minor (y)	4.108	0.011	514.41	0.008	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	388.153	1.	0.479

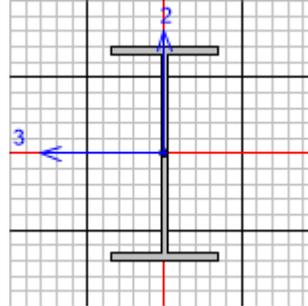
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	17.985	4.833

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	51 di 102

### TRAVE IPE220



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 11	X Mid: -0.875	Combo: U18	Design Type: Beam
Length: 1.75	Y Mid: 25.75	Shape: IPE220	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 1.75	Z Mid: 5.	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.003	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.003	Iyy=2.772E-05	iy=0.091	Wel, yy=2.520E-04	Weff, yy=2.520E-04
It=0.	Izz=2.050E-06	izz=0.025	Wel, zz=3.727E-05	Weff, zz=3.727E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.22	Wpl, yy=2.850E-04	Av, y=0.002
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=5.810E-05	Av, z=0.002

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
1.75	0.	-45.108	-0.125	49.529	0.072	0.

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.648 = 0. + 0.643 + 0.005 < 0.95 OK  

$$= \frac{NEd}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd e_{Ny})}{\chi_{LT} M_y, Rk/\gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd e_{Nz})}{(M_z, Rk/\gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd		
	Force	Capacity	Capacity		
Axial	0.	874.762	874.762		
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	874.762	1034.064	2547.481	2547.481	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd	
Major (y-y)	a	0.21	18760.144	0.221	0.527	0.995	870.674
MajorB (y-y)	a	0.21	18760.144	0.221	0.527	0.995	870.674
Minor (z-z)	b	0.34	1387.384	0.814	0.935	0.716	626.32
MinorB (z-z)	b	0.34	1387.384	0.814	0.935	0.716	626.32

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	52 di 102

Torsional TF    b    0.34    2547.481    0.6    0.748    0.837    732.025

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-45.108	-45.108	-45.108	-45.108
Minor (z-z)	-0.125	-0.125	-0.063	-0.075

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	74.643	74.643	74.643	70.191
Minor (z-z)	15.217	15.217	15.217	

LTB	Curve b	AlphaLT 0.34	LambdaBarLT 0.442	PhiLT 0.639	ChiLT 0.94	psi 2.256	Mcr 400.348
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	---------------	--------------	----------------

Factors	kyy 0.416	kzy 0.36	kzy 1.	kzz 0.6
---------	--------------	-------------	-----------	------------

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	49.529	0.	240.588	0.206	OK
Minor (y)	0.072	0.	325.188	0.	OK

Reduction	Vpl, Rd 240.588	Eta 1.	LambdabarW 0.41
-----------	--------------------	-----------	--------------------

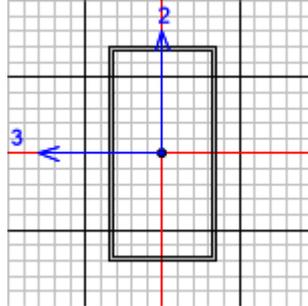
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	2.022	49.529

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	53 di 102

**TUBOLARI RETTANGOLARI 300x150x5**



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 167	X Mid: 7.75	Combo: EY	Design Type: Column
Length: 3.4	Y Mid: 30.25	Shape: 300x150x5	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 6.7	Class: Class 1	Rolled : No

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No		
Ignore Seismic Code? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.004	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.004	Iyy=5.296E-05	iyy=0.11	Wel, yy=3.531E-04	Weff, yy=3.531E-04
It=4.158E-05	Izz=1.806E-05	izz=0.064	Wel, zz=2.408E-04	Weff, zz=2.408E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.3	Wpl, yy=4.315E-04	Av, y=0.002
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=2.665E-04	Av, z=0.003

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.	-8.609	0.	13.213	0.863	-2.34	-2.627

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.1(6z))**

D/C Ratio: 0.189 = 0.189 < 0.95 OK  
= (Mz, Ed/Mn, z, Rd) (EC3 6.2.9.1(6z))

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-8.609	1152.381	1152.381

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	1152.381	1362.24	208077.409	1880.985	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b 0.34	1880.985	0.802	0.924	0.723	833.39
MajorB (y-y)	b 0.34	13069.071	0.304	0.564	0.963	1109.207
Minor (z-z)	b 0.34	3238.315	0.611	0.757	0.831	958.048
MinorB (z-z)	b 0.34	3238.315	0.611	0.757	0.831	958.048
Torsional TF	b 0.34	1880.985	0.802	0.924	0.723	833.39

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	54 di 102

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	-2.934	-1.467	1.761
Minor (z-z)	13.213	13.213	6.886	8.152

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	113.012	113.012	113.012	113.012
Minor (z-z)	69.798	69.798	69.798	

	Curve d	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.76	0.143	0.489	1.	1.75	5771.44

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.6	0.372	0.36	0.619

SHEAR DESIGN

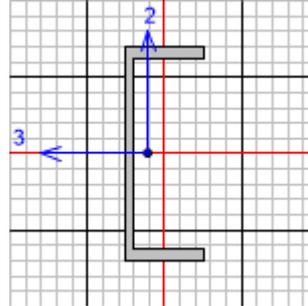
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.863	2.33	438.511	0.002	OK
Minor (y)	4.063	2.33	226.816	0.018	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	438.511	1.	0.704

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	55 di 102

**TRAVE UPN220**



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 97	X Mid: 16.5	Combo: EY	Design Type: Beam
Length: 3.25	Y Mid: 1.625	Shape: UPN220	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 1.625	Z Mid: 5.	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.004	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.004	Iyy=2.691E-05	iyy=0.085	Wel, yy=2.446E-04	Weff, yy=2.446E-04
It=0.	Izz=1.966E-06	izz=0.023	Wel, zz=3.353E-05	Weff, zz=3.353E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.22	Wpl, yy=2.988E-04	Av, y=0.002
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=7.187E-05	Av, z=0.002

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
1.625	-4.434	-4.437	-0.102	-2.98	-3.222	-0.01

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)**

D/C Ratio: 0.489 = 0.016 + 0.198 + 0.274 < 0.95 OK  

$$= \frac{NED}{(\chi_z N R_k / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NED e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, R_k / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NED e_{Nz})}{(M_z, R_k / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-4.434	980.571	980.571

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	980.571	1159.142	1558.406	1436.952	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	c	0.49	5280.39	0.442	0.657	858.1
MajorB (y-y)	c	0.49	5280.39	0.442	0.657	858.1
Minor (z-z)	c	0.49	385.777	1.634	2.186	269.556
MinorB (z-z)	c	0.49	385.777	1.634	2.186	269.556

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	56 di 102

Torsional TF c 0.49 1436.952 0.846 1.017 0.633 620.727

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-4.437	-9.688	-4.437	-7.266
Minor (z-z)	-0.102	-5.219	-5.064	-5.095

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	78.257	78.257	78.257	48.58
Minor (z-z)	18.823	18.823	18.823	

LTB	Curve d	AlphaLT 0.76	LambdaBarLT 0.779	PhiLT 1.023	ChiLT 0.621	psi 1.751	Mcr 135.5
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	----------------	--------------	--------------

Factors	kyy 0.567	kyz 0.593	kzy 0.995	kzz 0.989
---------	--------------	--------------	--------------	--------------

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	2.98	0.005	304.349	0.01	OK
Minor (y)	3.222	0.005	300.758	0.011	OK

Reduction	Vpl, Rd 304.349	Eta 1.	LambdabarW 0.265
-----------	--------------------	-----------	---------------------

**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	4.09	2.751

## 7.4 VERIFICHE STRUTTURALI DI DEFORMABILITÀ DELLE MEMBRATURE IN ACCIAIO

Le verifiche di deformabilità vengono condotte con riferimento alle prescrizioni riportate al paragrafo §4.2.4.2.1 delle NTC 2018 che pone dei limiti sia agli abbassamenti generati dalla combinazione di carico caratteristica sia a quelli generati dai soli carichi variabili. Tali valori limite sono espressi come funzione della luce L dell'elemento che nel caso di elementi a sbalzo è pari al doppio della luce dello stesso.

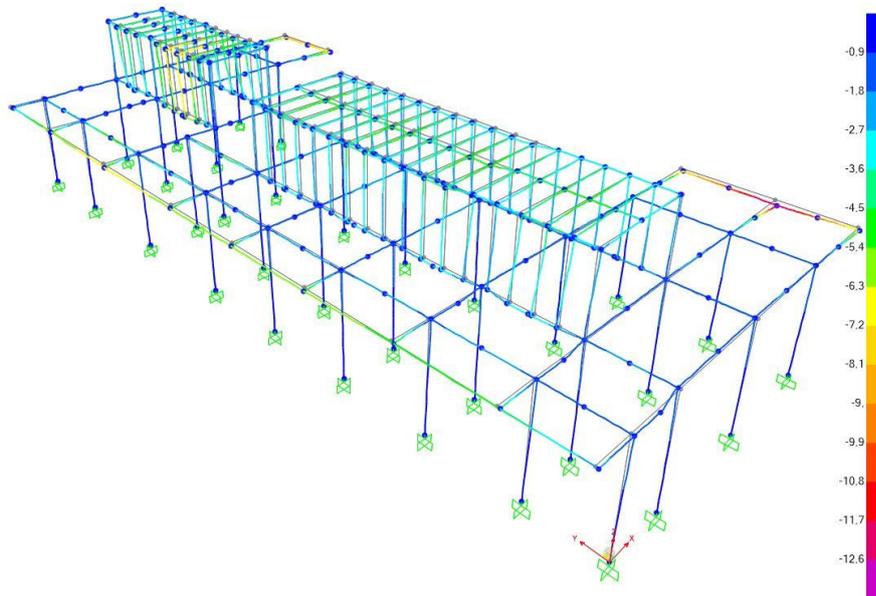
Tabella 4.2.X Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

*In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.*

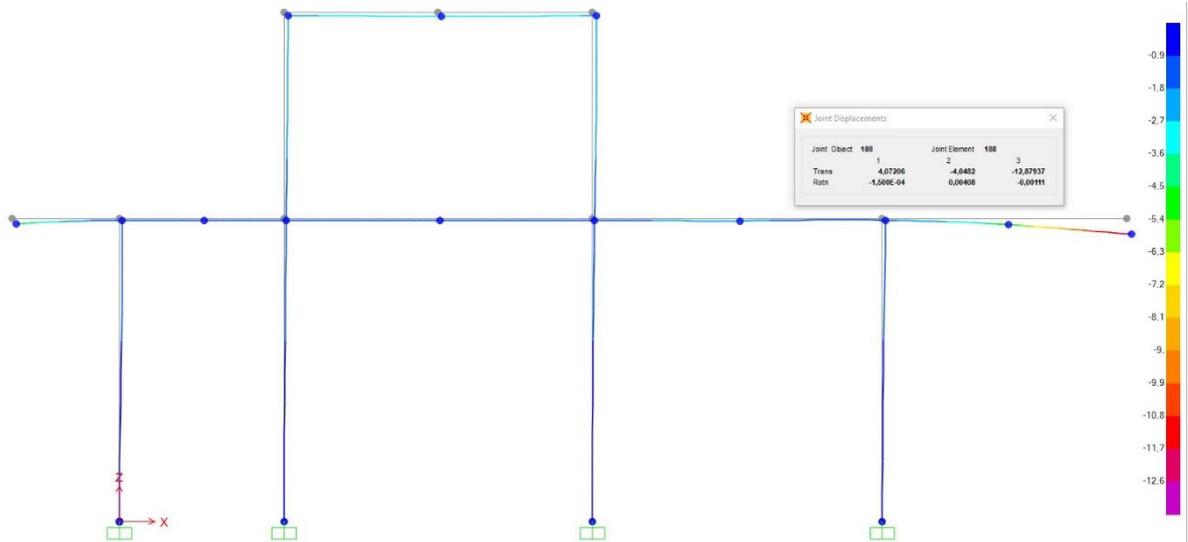
Figura 18. Limiti di deformabilità

Nell'immagini a seguire si riportano gli spostamenti verticale massimi per la combinazione SLE rara.



**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	58 di 102



Nel caso in esame si considera come limite inferiore quello relativo alle coperture in generale che la norma fissa pari a  $L/200$ .

Le verifiche sono tutte soddisfatte e per brevità si riporta la verifica dello sbalzo trasversale lungo in adiacenza al fabbricato esistente.

#### **Spostamenti Verticali in Copertura ( 4.2.4.2.1 NTC18)**

sbalzo trasversale LUNGO in adiacenza al fabbricato esistente

##### **Da Normativa**

L	=	4000,00 mm	luce di calcolo
Lrif	=	8000,00 mm	luce di riferimento
1/Lrif	=	200,00	limite inferiore
$\delta$	=	40,00 mm	freccia ammissibile

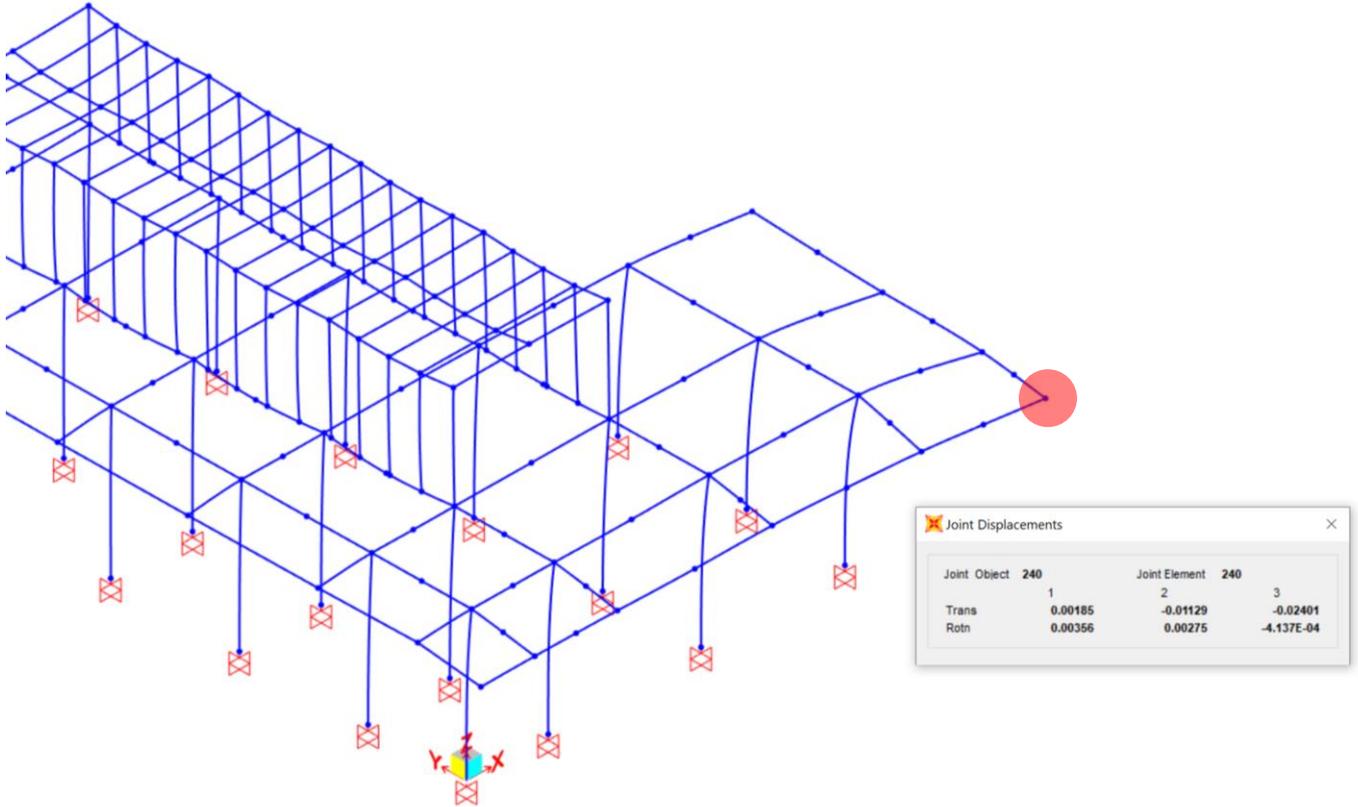
##### **Da Calcolo**

L	=	4000,00 mm	luce di calcolo
Lrif	=	8000,00 mm	luce di riferimento
$\delta$	=	24,00 mm	freccia da calcolo
1/L	=	333	
check		ok	

Si riporta a seguire immagine che illustra la deformata nella condizione di carico più gravosa.

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	59 di 102



**Figura 19. Deformabilità in combinazione SLE rara più gravosa**

## 7.5 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI PIANO (DRIFT) PER CONDIZIONI DI CARICO NON SISMICHE

La valutazione degli spostamenti di piano, oltre che per le condizioni di carico sismiche, va effettuata anche con riferimento alla combinazione caratteristica. I valori limite degli spostamenti laterali massimi ammissibili sono riportati nella tabella di seguito riportata che fa riferimento alle prescrizioni del paragrafo 4.2.4.2.2 delle NTC2018.

### 4.2.4.2.2 Spostamenti laterali

Negli edifici gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In assenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti per gli spostamenti orizzontali indicati in Tab. 4.2.XI ( $\Delta$  spostamento in sommità;  $\delta$  spostamento relativo di piano – Fig. 4.2.2).

Tabella 4.2.XI Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carroponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

*In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.*

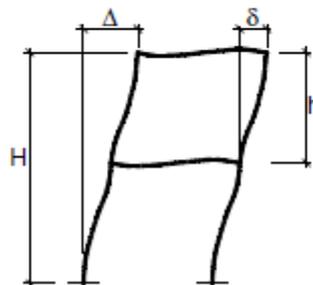
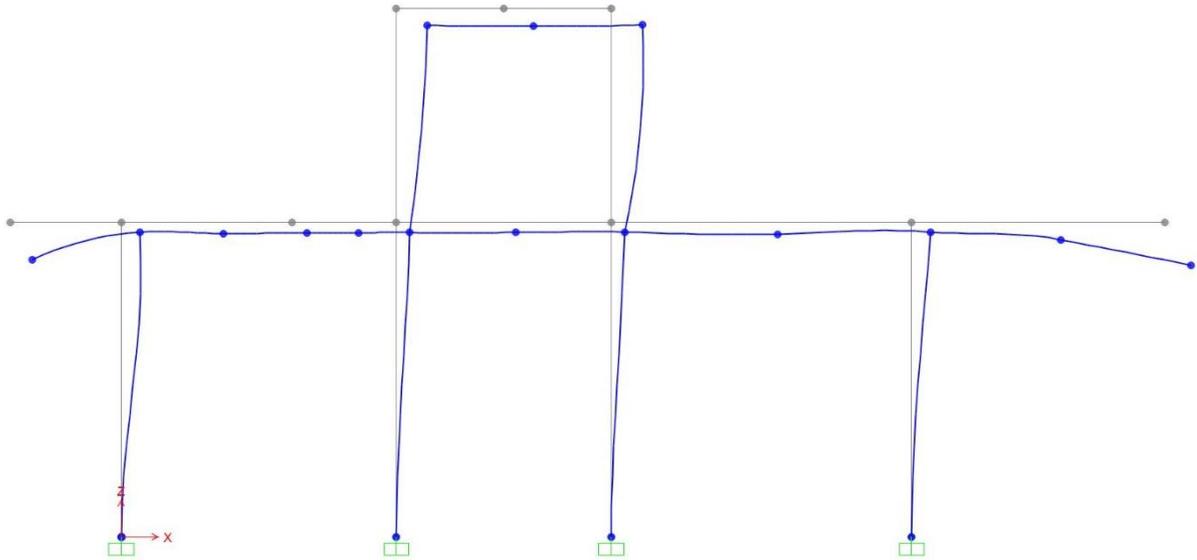


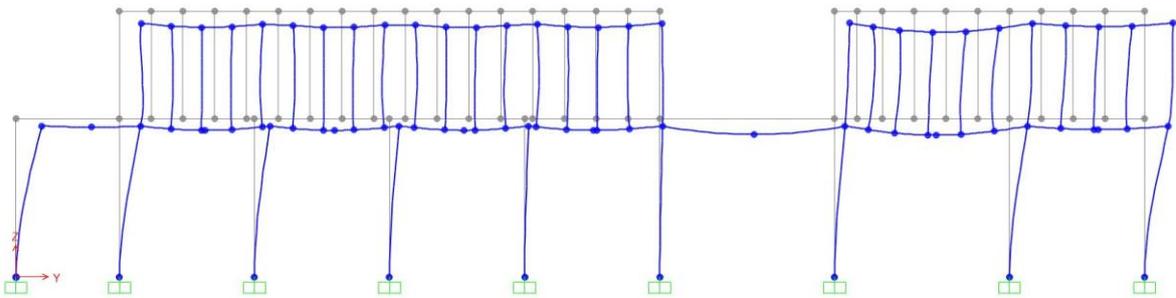
Figura 4.2.2 - Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio

In fase di verifica si prendono a riferimento i limiti associati al caso di edifici multipiano.

Nelle immagini a seguire si riportano gli spostamenti orizzontali massimi, prima in direzione trasversale e poi in longitudinale, per la combinazione SLE rara.



**Figura 20. Spostamenti in direzione X**



**Figura 21. Spostamenti in direzione Y**

Limiti sommità e interpiano						
		$\delta_0$ relativo	$\delta_1$ relativo	$\Delta$ assoluto		max tra dx e dy
H	=	<b>5000,00</b>	<b>3400,00</b>	<b>8400,00</b>	mm	altezza totale
1/L	=	<b>300,00</b>	<b>300,00</b>	<b>500,00</b>	mm	
$\Delta$ ( $\delta$ )	=	16,67	11,33	16,80	mm	spostamento laterale ammissibile
$\Delta$ ( $\delta$ )	=	7,0	5,0	12,0	mm	spostamento laterale di calcolo
		ok	ok	ok		

## 7.6 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI PIANO PER CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE

La valutazione degli spostamenti di piano in condizioni di carico sismiche, va effettuata rispettando le prescrizioni previste dalle NTC 2018 al paragrafo § 7.3.7.2.. Trattandosi di costruzione in classe d'uso III, il valore limite di spostamento orizzontale per tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa è pari a:

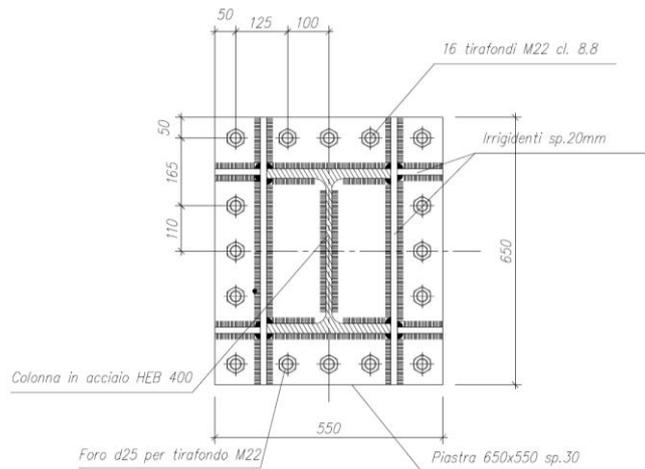
$$d_r < \frac{2}{3} \cdot (0,005 h) = \frac{2}{3} \cdot 0,005 \cdot 6010 = 20,03 \text{ mm}$$

Nella formula sopra riportata, con  $d_r$  si indica lo spostamento interpiano ottenuto dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO.

Contenimento del Danno SLO_drift(7.3.7.2 NTC18)					
		$\delta 0$ relativo	$\delta 1$ relativo		max tra dx e dy
H	=	<b>5000,00</b>	<b>3400,00</b>	mm	altezza colonna
d	=	25,00	17,00	mm	0,005H agli SLD
$d_r$	=	16,67	11,33	mm	drift ammissibile SLO
$\delta h$	=	10,0	4,0	mm	drift di calcolo
		ok	ok		

## 7.7 VERIFICA PIASTRA DI BASE PILASTRO

Verifica nodo di base e colonna HEB400.



Si riportano a seguire le sollecitazioni agenti alla base delle colonne metalliche, calcolate nelle combinazioni di carico più gravose, sia in condizioni statiche che sismiche (F1: taglio longitudinale (parallelo al binario); F2: taglio trasversale; F3: forza verticale; M1: momento intorno asse longitudinale; M2: momento intorno asse trasversale):

Condizioni statiche:

SLU	max	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
max	F1	115	U3	70	0	155	1	137
max	F2	183	U36	6	5	64	-26	16
max	F3	161	U17	-3	-1	229	3	40
max	M1	183	U33	-5	-5	73	26	-16
max	M2	153	U3	58	-1	88	4	147
max	M3	210	U33	9	0	84	-1	-11

SLU	min	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
min	F1	149	U15	-57	-1	60	4	-122
min	F2	183	U33	-5	-5	73	26	-16
min	F3	5	U7	-27	-3	24	15	-70
min	M1	183	U40	6	5	64	-26	16

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	64 di 102

<i>min</i>	<b>M2</b>	149	U15	-57	-1	60	4	-122
<i>min</i>	<b>M3</b>	210	U36	12	0	39	1	48

Condizioni sismiche:

SLV	max	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>max</i>	<b>F1</b>	157	EX	28	6	109	32	84
<i>max</i>	<b>F2</b>	143	EY	11	21	82	103	31
<i>max</i>	<b>F3</b>	157	EX	28	6	109	32	84
<i>max</i>	<b>M1</b>	163	EY	12	21	88	103	36
<i>max</i>	<b>M2</b>	157	EX	28	6	109	32	84
<i>max</i>	<b>M3</b>	208	EY	7	12	42	61	13

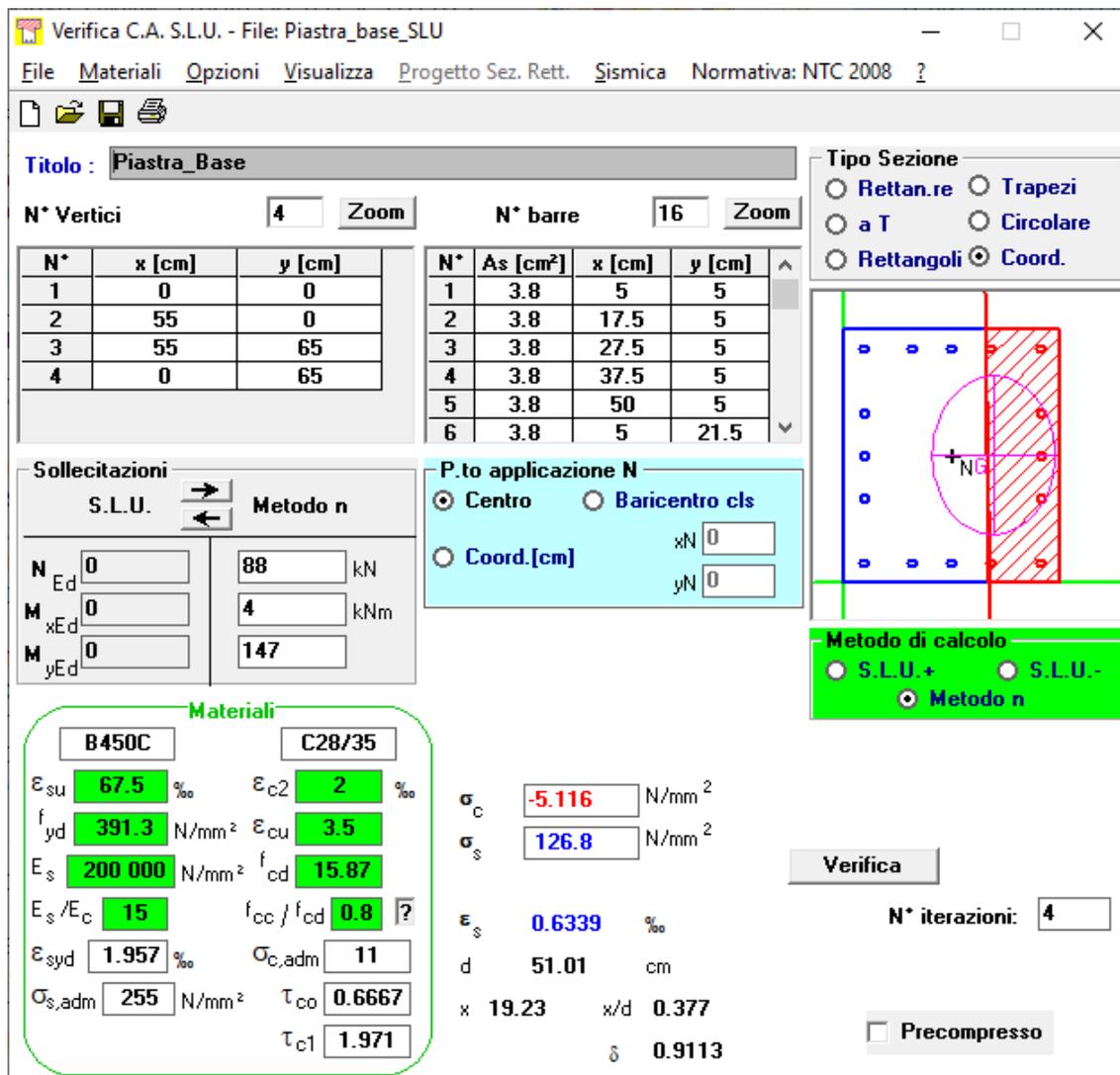
SLV	min	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>min</i>	<b>F1</b>	155	EX	-25	-4	76	-19	-65
<i>min</i>	<b>F2</b>	143	EY	2	-21	79	-103	4
<i>min</i>	<b>F3</b>	9	EY	-3	-14	30	-68	-10
<i>min</i>	<b>M1</b>	163	EY	0	-21	70	-103	-1
<i>min</i>	<b>M2</b>	155	EX	-25	-4	76	-19	-65
<i>min</i>	<b>M3</b>	208	EY	4	-12	38	-61	2

La sezione è soggetta a pressoflessione deviata e taglio; la compressione verrà trasferita per semplice contatto, quindi i tirafondi saranno soggetti a forza di trazione e taglio.

### Verifica a taglio-trazione del tirafondo

Il calcolo della tensione agente nei tirafondi viene eseguito mediante il programma VcaSLU del Prof. Piero Gelfi, del quale di riportano le schermate a seguire, con riferimento alle tre condizioni di carico più gravose.

Condizioni statiche:



**Titolo:** Piastra\_Base

**N° Vertici:** 4 **N° barre:** 16

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	65
4	0	65

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	17.5	5
3	3.8	27.5	5
4	3.8	37.5	5
5	3.8	50	5
6	3.8	5	21.5

**Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n

**N<sub>Ed</sub>:** 0 **88** kN  
**M<sub>xEd</sub>:** 0 **4** kNm  
**M<sub>yEd</sub>:** 0 **147**

**P.to applicazione N:**  Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Materiali:** B450C C28/35

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

$\sigma_c$  -5.116 N/mm²  
 $\sigma_s$  126.8 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.6339 ‰  
d 51.01 cm  
x 19.23 w/d 0.377  
 $\delta$  0.9113

**Metodo di calcolo:**  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

**Verifica** **N° iterazioni:** 4  Precompresso

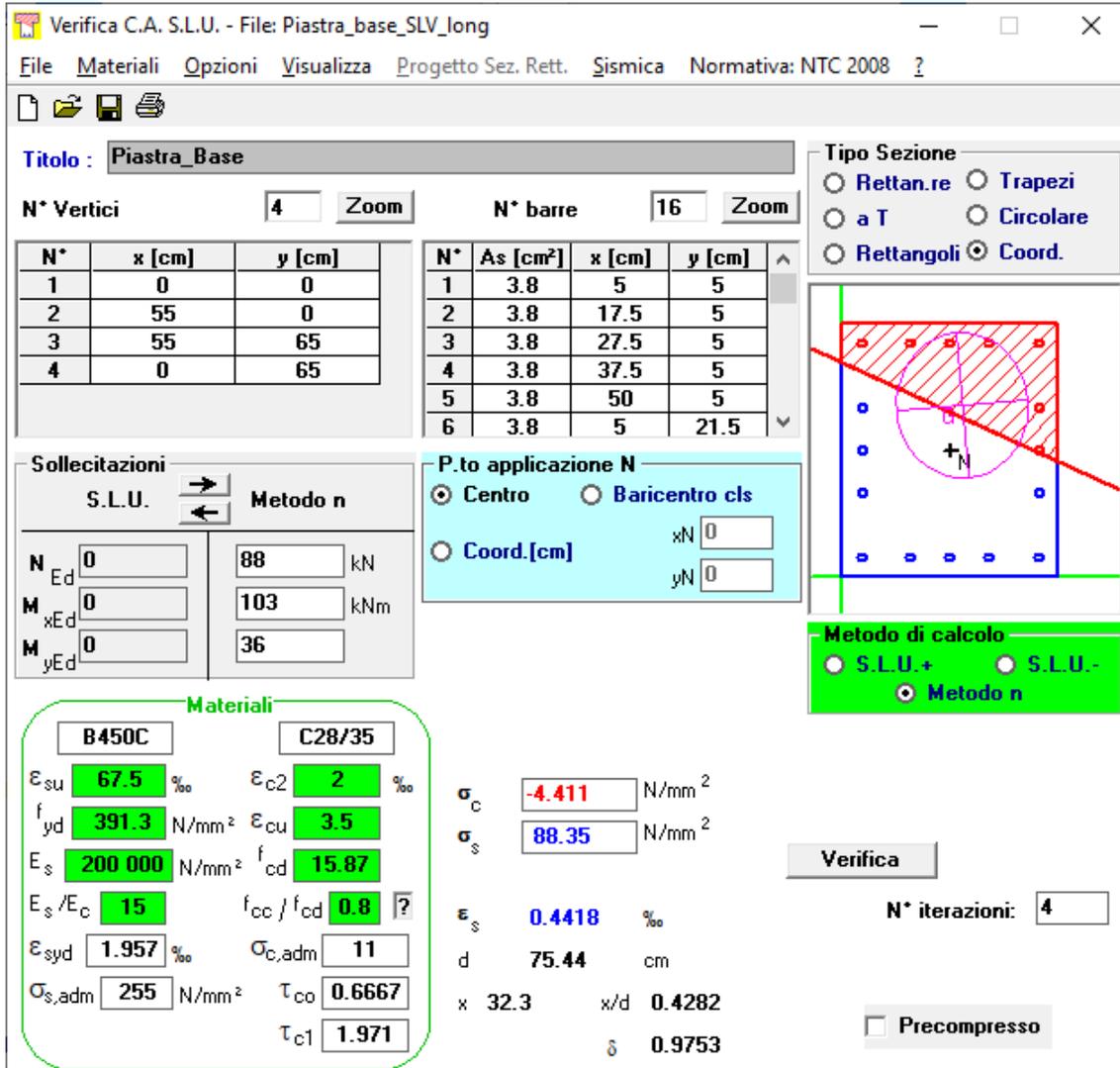
$F_{Ed} = 126.8 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 48.3 \text{ kN}$  forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 28 \text{ MPa} / 1.5 = 15.9 \text{ MPa}$  (calcestruzzo plinto C28/35).

Condizioni sismiche:

In direzione longitudinale:



**Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra\_base\_SLV\_long**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** Piastra\_Base

**N\* Vertici:** 4 **Zoom** **N\* barre:** 16 **Zoom**

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	65
4	0	65

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	17.5	5
3	3.8	27.5	5
4	3.8	37.5	5
5	3.8	50	5
6	3.8	5	21.5

**Tipo Sezione:**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U.  Metodo n

**N<sub>Ed</sub>** 0 **88** kN  
**M<sub>xEd</sub>** 0 **103** kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 0 **36**

**P.to applicazione N:**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo:**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Materiali:**  
**B450C** **C28/35**  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

$\sigma_c$  -4.411 N/mm²  
 $\sigma_s$  88.35 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.4418 ‰  
 d 75.44 cm  
 x 32.3 x/d 0.4282  
 $\delta$  0.9753

**Verifica** **N\* iterazioni:** 4

Precompresso

$F_{Ed} = 88.4 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 33.4 \text{ kN}$  forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 28 \text{ MPa} / 1.5 = 15.9 \text{ MPa}$  (calcestruzzo plinto C28/35).

In direzione trasversale:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra\_base\_SLV\_trasv

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** Piastra\_Base

N° Vertici:  Zoom N° barre:  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	65
4	0	65

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	17.5	5
3	3.8	27.5	5
4	3.8	37.5	5
5	3.8	50	5
6	3.8	5	21.5

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Materiali**  
 B450C C28/35  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>   
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
 τ<sub>c1</sub>

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  w/d   
 δ

**Verifica** N° iterazioni:

Precompresso

$F_{Ed} = 76.8 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 29.3 \text{ kN}$  forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 28 \text{ MPa} / 1.5 = 15.9 \text{ MPa}$  (calcestruzzo plinto C28/35).

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**

FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	68 di 102

Con riferimento alla condizione di più gravosa, si svolge a seguire la verifica del tirafondo più sollecitato, considerando l'azione contemporanea delle forze di trazione e taglio.

Nel caso di presenza combinata di forza di trazione e taglio si può adottare la seguente formula di interazione lineare per la verifica del tirafondo:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) \leq 1$$

in cui:

$F_{v,Ed}$  forza di taglio sul tirafondo [kN]

$F_{t,Ed}$  forza assiale sul tirafondo [kN]

$F_{v,Rd}$  resistenza a taglio del tirafondo [kN]

$F_{t,Rd}$  resistenza a forza assiale del tirafondo [kN]

Nel caso in esame:

$$F_{v,Ed} = (58 \text{ kN})^2 + (-1 \text{ kN})^2 = 58 \text{ kN (combinazione U3)}$$

$$F_{t,Ed} = 48.3 \text{ kN} \quad (\text{combinazione U3})$$

$$F_{v,Rd} = 0.6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0.6 * 800 \text{ MPa} * 303 \text{ mm}^2 / 1.25 = 116.4 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0.9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0.9 * 800 \text{ MPa} * 303 \text{ mm}^2 / 1.25 = 174.5 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) = 58 \text{ kN} / 116.4 \text{ kN} + 48.3 \text{ kN} / (1.4 * 174.5 \text{ kN}) = 0.5 + 0.19 = 0.69 < 1$$

quindi la verifica è soddisfatta.

Si calcola a seguire la resistenza a sfilamento del singolo tirafondo, assumendo una lunghezza di ancoraggio nel cls semplice (C28/35) pari a 600mm e trascurando la presenza dei bolzoni di ancoraggio (a vantaggio di sicurezza).

$$f_{ctk0.05} = 0.7 * f_{ctm} = 0.7 (0.3 f_{ck}^{2/3}) = 0.7 * (0.3 * 28 \text{ MPa}^{2/3}) = 1.94 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2.25 f_{ctk0.05} / \gamma_c = 2.25 * 1.94 \text{ MPa} / 1.5 = 2.90 \text{ MPa}$$

La resistenza allo sfilamento del singolo tassello è quindi pari a:

$$F_{t,Rd} = l_b * 3.14 * \text{diam} * f_{bd} = 600 \text{ mm} * 3.14 * 22 \text{ mm} * 2.90 \text{ MPa} = 120 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 48 \text{ kN} \quad (F.S. = 2.5)$$

quindi la verifica è soddisfatta.

## 8 VERIFICA FONDAZIONI

### 8.1 DESCRIZIONE

Le fondazioni dell'edificio sono di tipo diretto, costituite da un grigliato di travi rovesce. Le travi hanno sezione a "T" rovescia con altezza 1.00 m e larghezza 1.50 m all'eccezione delle travi adiacente al sottopasso che hanno sezione a "L" con altezza 1.00 m e larghezza 1.10m. Al di sotto delle fondazioni è previsto uno strato di magrone di spessore 0.15 m debordante l'impronta delle fondazioni di 0.15 m.

### 8.2 MODELLO STRUTTURALE

L'analisi della struttura di fondazione è stata effettuata mediante una modellazione agli elementi finiti tramite l'utilizzo del software SAP2000. La struttura è stata modellata con un modello numerico tridimensionale il cui sistema di riferimento globale prevede una terna destrorsa il cui l'asse X è orientato in direzione longitudinale e l'asse Z verticale positivo verso l'alto.

Travi e colonne sono stati modellati con elementi *frame*, mentre i pannelli di rivestimento mediante elementi *shell none*. Questi ultimi, in accordo con le orditure dei pannelli di copertura, sono stati utilizzati per la ripartizione dei carichi sulle travi mediante l'opzione *uniform loads to frame* nel verso dell'asse 1 degli elementi shell.

Le travi secondarie sono state svincolate a momento flettente M2-M3 mediante inserimento di *release* alle estremità.

L'interazione tra terreno e struttura è stata studiata ipotizzando un comportamento elastico del terreno. L'intera struttura è poggiata a terra su un letto di molle alla Winkler la cui rigidezza viene assegnata per unità di lunghezza di elemento.

#### Fondazione B=1.10m

$$E = 15000 \text{ kN/m}^2$$

$$n = 0.3$$

$$B = 1.5 \text{ m}$$

$$L = 37.50 \text{ m}$$

$$L/B = 25.00$$

$$c_t = 2.22$$

$$K_w = 4944 \text{ kN/m}^3$$

#### Fondazione B=1.10m

$$E = 15000 \text{ kN/m}^2$$

$$n = 0.3$$

$$B = 1.1 \text{ m}$$

$$L = 5.00 \text{ m}$$

$$L/B = 4.55$$

$$c_t = 1.66$$

$$K_w = 9019 \text{ kN/m}^3$$

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
 FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	70 di 102

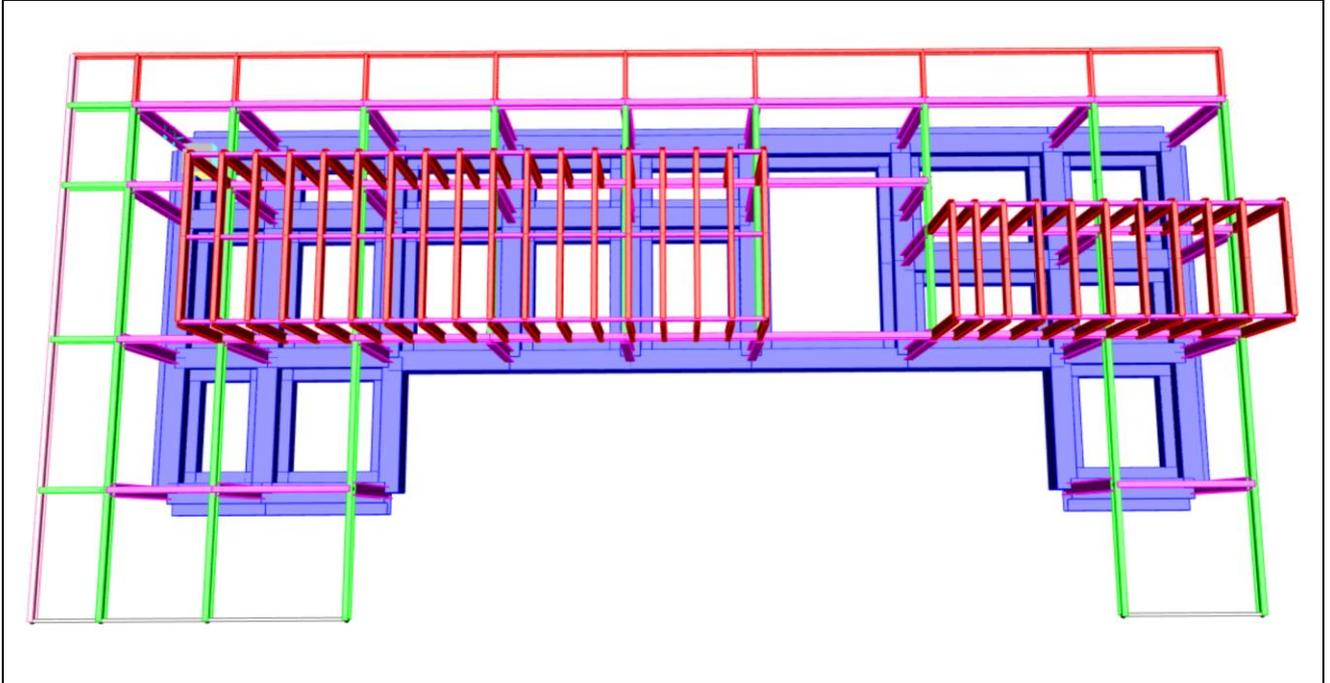


Figura 22- Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa

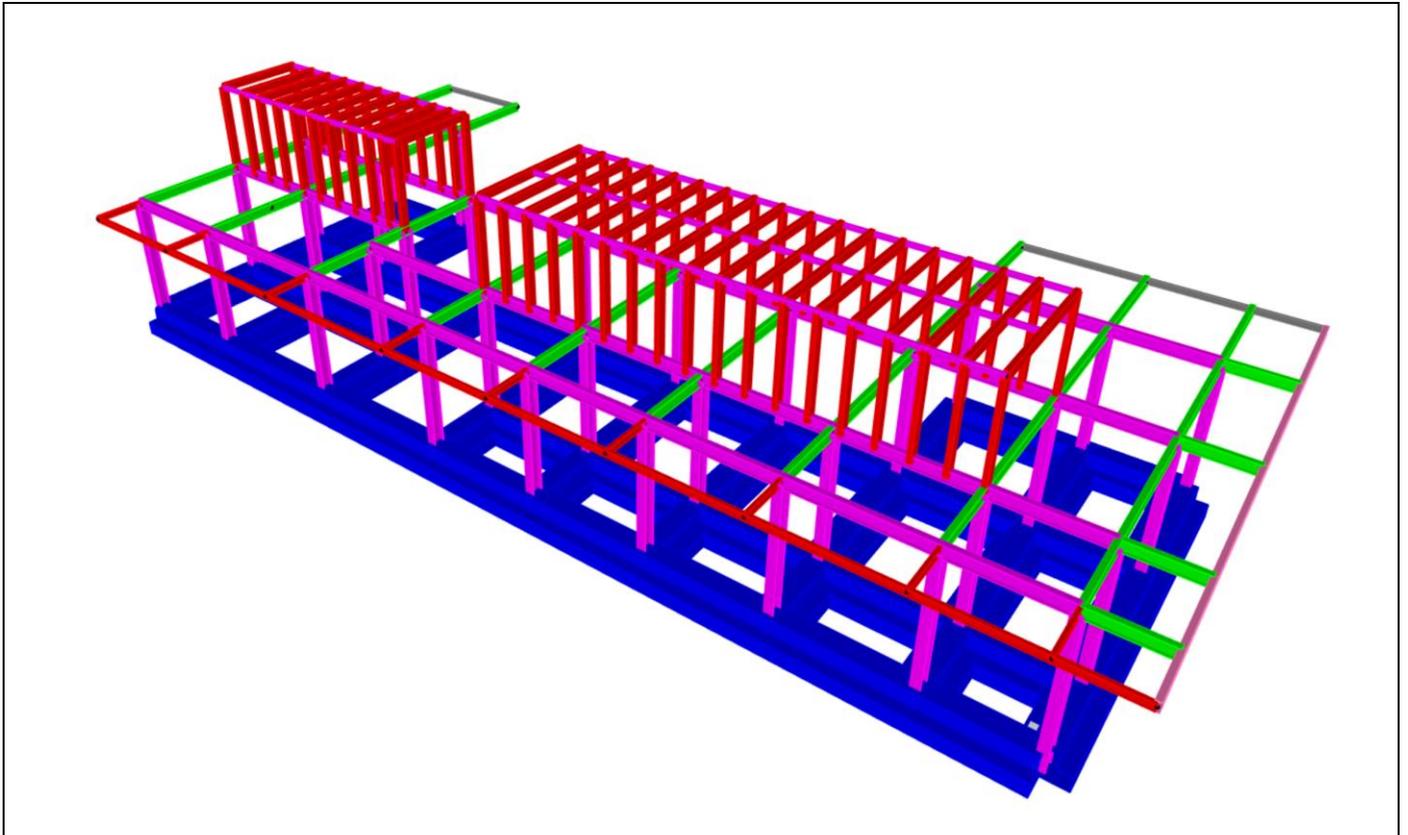
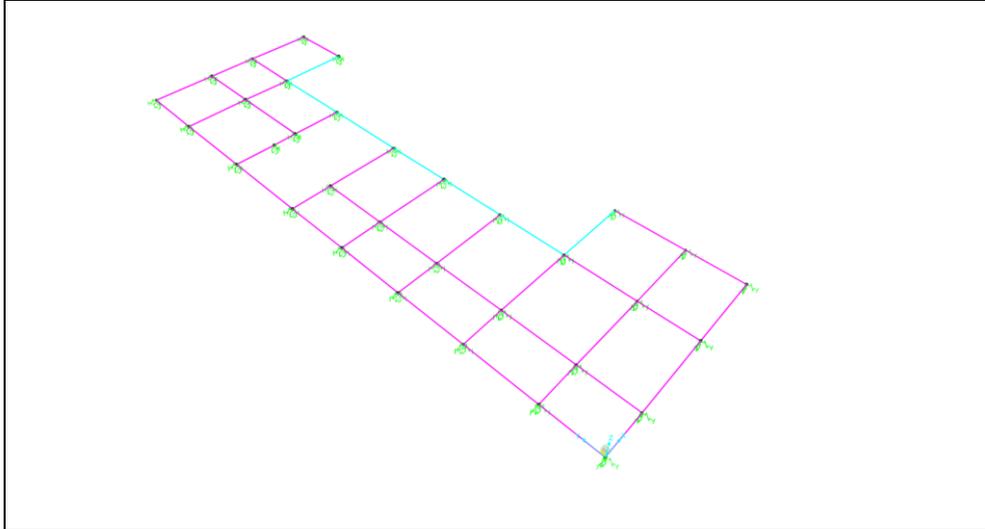


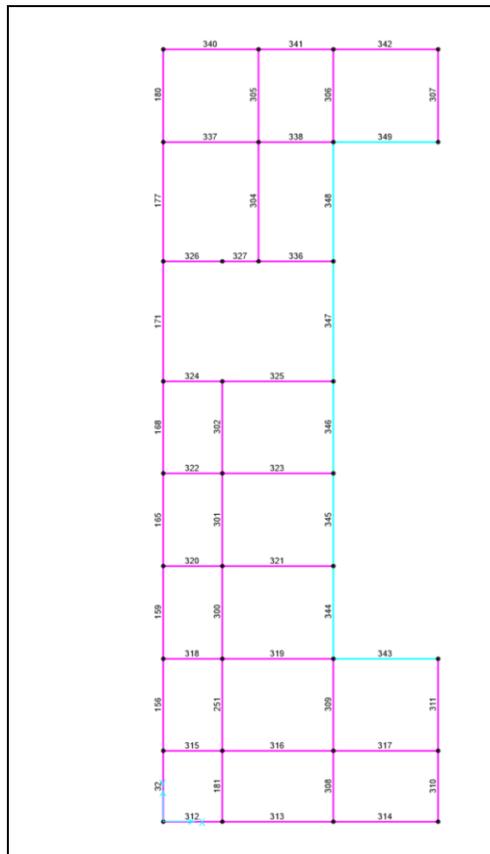
Figura 23- Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	71 di 102



**Figura 24- Letto di molle di Winkler**



**Figura 25- Nomenclatura travi di fondazione**



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE**  
**RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE**  
**STAZIONE DI ANGUILLARA SABAZIA**

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	72 di 102

### 8.3 TRAVI DI FONDAZIONE

Le verifiche di resistenza delle travi di fondazione sono state eseguite con riferimento alle travi rovesce correnti e di bordo.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi finalizzate al dimensionamento strutturale (STR), si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi che costituiscono la fondazione. Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche.

Le fondazioni superficiali sono verificate in condizioni sismiche e in condizioni statiche:

In condizioni sismiche utilizzando le sollecitazioni ottenute amplificando i valori nelle SLV mediante il coefficiente 1,1. (combinazione di carico 1,1 x SLV) ed utilizzando le sollecitazioni ottenute amplificando i valori nelle SLD mediante il coefficiente 1,1 (combinazione di carico 1,1 x SLD), secondo quanto prescritto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC 2018.

In condizioni statiche utilizzando le sollecitazioni non amplificate della combinazione non sismica SLU.

Inoltre sono state eseguite le verifiche a fessurazione e delle tensioni di esercizio per le combinazioni relative allo SLE.

Seguono le verifiche di resistenza delle travi di fondazione.

## 8.4 SOLLECITAZIONI

### Sollecitazioni SLU

SLU	max	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	<b>P</b>	168	0.0	U1	37	-85	0	-6	6	-74
<i>max</i>	<b>V2</b>	304	5.5	U39	1	151	-6	-17	14	-76
<i>max</i>	<b>V3</b>	318	0.0	U1	-11	-55	14	10	21	-50
<i>max</i>	<b>T</b>	324	0.0	U7	13	-20	5	38	12	60
<i>max</i>	<b>M2</b>	304	0.0	U3	1	-144	9	6	27	-50
<i>max</i>	<b>M3</b>	319	1.8	U40	-18	-8	-5	-2	-3	151

SLU	min	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	<b>P</b>	168	0.0	U7	-36	-92	0	-17	-6	-91
<i>min</i>	<b>V2</b>	171	0.0	U34	1	-154	3	1	12	-139
<i>min</i>	<b>V3</b>	318	0.0	U7	4	-38	-13	-11	-21	53
<i>min</i>	<b>T</b>	327	0.0	U38	-4	-41	-5	-28	-3	17
<i>min</i>	<b>M2</b>	304	0.0	U5	1	-137	-9	-19	-26	-40
<i>min</i>	<b>M3</b>	171	0.0	U38	0	-153	3	1	12	-140

### Sollecitazioni SLVx1.1

SLVx1.1	max	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	<b>P</b>	165	0.0	EX	114	-68	9	6	25	-22
<i>max</i>	<b>V2</b>	304	5.5	EY	10	154	23	-1	61	38
<i>max</i>	<b>V3</b>	324	0.0	EY	23	-9	49	47	94	28
<i>max</i>	<b>T</b>	336	0.0	EY	10	-44	22	55	20	25
<i>max</i>	<b>M2</b>	326	0.0	EY	21	-19	48	40	108	41
<i>max</i>	<b>M3</b>	304	2.0	EY	10	5	23	-1	19	141

SLVx1.1	min	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	<b>P</b>	165	0.0	EX	-114	-84	-9	-8	-25	-92

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	74 di 102

<i>min</i>	<b>V2</b>	171	0.0	EY	-36	-152	-31	-22	-85	-186
<i>min</i>	<b>V3</b>	326	0.0	EY	-25	-56	-49	-65	-108	-14
<i>min</i>	<b>T</b>	326	0.0	EY	-25	-56	-49	-65	-108	-14
<i>min</i>	<b>M2</b>	326	0.0	EY	-25	-56	-49	-65	-108	-14
<i>min</i>	<b>M3</b>	171	0.0	EY	-36	-152	-31	-22	-85	-186

### Sollecitazioni SLDx1.1

SLDx1.1	max	Frame	Station m	Combo.	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	<b>P</b>	165	0.0	DX	63	-72	5	3	13	-39
<i>max</i>	<b>V2</b>	304	5.5	DY	5	136	12	-3	33	-9
<i>max</i>	<b>V3</b>	326	0.0	DY	10	-29	26	12	58	27
<i>max</i>	<b>T</b>	324	0.0	DX	14	-20	23	38	48	23
<i>max</i>	<b>M2</b>	326	0.0	DY	10	-29	26	12	58	27
<i>max</i>	<b>M3</b>	304	2.5	DY	5	8	12	-3	4	125

SLDx1.1	min	Frame	Station m	Combo.	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	<b>P</b>	165	0.0	DX	-62	-79	-5	-4	-13	-75
<i>min</i>	<b>V2</b>	171	0.0	DY	-19	-136	-17	-14	-46	-147
<i>min</i>	<b>V3</b>	326	0.0	DY	-15	-47	-26	-37	-59	0
<i>min</i>	<b>T</b>	326	0.0	DY	-15	-47	-26	-37	-59	0
<i>min</i>	<b>M2</b>	326	0.0	DY	-15	-47	-26	-37	-59	0
<i>min</i>	<b>M3</b>	171	0.0	DY	-19	-136	-17	-14	-46	-147

### Sollecitazioni SLE (rar)

SLE	max	Frame	Station	Combo.	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	<b>P</b>	168	0.0	K1	25	-65	0	-4	4	-56
<i>max</i>	<b>V2</b>	304	5.5	K57	1	112	-4	-12	9	-58
<i>max</i>	<b>V3</b>	318	0.0	K1	-7	-41	9	6	14	-34
<i>max</i>	<b>T</b>	336	0.0	K11	9	-46	6	28	9	-19
<i>max</i>	<b>M2</b>	304	0.0	K10	0	-107	6	3	18	-37
<i>max</i>	<b>M3</b>	323	2.3	K58	-2	3	0	3	0	110

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	75 di 102

SLE	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	<b>P</b>	168	0.0	K12	-24	-69	0	-12	-4	-66
<i>min</i>	<b>V2</b>	171	0.0	K52	0	-113	2	0	8	-103
<i>min</i>	<b>V3</b>	318	0.0	K12	3	-30	-9	-8	-14	34
<i>min</i>	<b>T</b>	327	0.0	K56	-3	-30	-4	-20	-2	11
<i>min</i>	<b>M2</b>	304	0.0	K3	0	-102	-6	-13	-18	-30
<i>min</i>	<b>M3</b>	171	0.0	K56	0	-113	2	0	8	-103

#### Sollecitazioni SLE-QP

QP	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	<b>P</b>	171	0.0	QP3	5	-110	0	-6	0	-100
<i>max</i>	<b>V2</b>	304	5.5	QP3	1	110	0	-7	0	-50
<i>max</i>	<b>V3</b>	324	0.0	QP3	1	-27	1	24	1	-6
<i>max</i>	<b>T</b>	324	0.0	QP4	-3	-28	-1	25	-1	11
<i>max</i>	<b>M2</b>	336	0.0	QP3	3	-58	1	22	1	-29
<i>max</i>	<b>M3</b>	304	2.5	QP4	0	-9	0	-3	0	106

QP	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	<b>P</b>	317	0.0	QP4	-9	-83	0	1	0	-40
<i>min</i>	<b>V2</b>	171	0.0	QP4	-4	-112	0	-4	0	-102
<i>min</i>	<b>V3</b>	326	0.0	QP3	0	-34	-1	-13	-1	4
<i>min</i>	<b>T</b>	327	0.0	QP4	-4	-24	0	-15	-1	4
<i>min</i>	<b>M2</b>	324	2.7	QP3	1	54	1	24	-1	-43
<i>min</i>	<b>M3</b>	171	0.0	QP4	-4	-112	0	-4	0	-102

## 8.5 VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU

Si riportano di seguito le sollecitazioni di calcolo, per l'elemento maggiormente sollecitato, in corrispondenza della sezione d'appoggio e della sezione di campata (convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-)):

Come prescritto dalle NTC2018 nel paragrafo 7.2.5, poiché le sollecitazioni di calcolo più gravose si rilevano in corrispondenza della combinazione sismica SLV, andranno amplificate del fattore 1,1 per CDB.

### Verifica a Presso-flessione

Le verifiche di resistenza a flessione e pressoflessione allo SLU (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto del software VcaSLU considerando le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente:

#### Trave a T rovescia

##### Armatura

	numero barre	diametro barre	larghezza	passo	Area
	n	fi	b	s	As
	-	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
Armatura sup	5	20	750	150	1570
Armatura inf	9	20	1500	166.67	2826

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
 FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	77 di 102

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione\_T\_SLU\_M-

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari: 2 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	5.5
2	150	50	2	28.27	94.5

**Tipo Sezione:**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n

$N_{Ed}$  0 kN  
 $M_{xEd}$  -140 kNm  
 $M_{yEd}$  0 kNm

**P.to applicazione N:**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo:**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione:**  
 Retta  Deviata

**Materiali:**

B450C		C28/35	
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$E_s$	200'000 N/mm²	$f_{cd}$	15.87
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0.6667
		$\tau_{c1}$	1.971

$M_{xRd}$  -579.3 kNm  
 $\sigma_c$  -15.87 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  66.02 ‰  
 d 94.5 cm  
 x 4.758 x/d 0.05035  
 $\delta$  0.7

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 $L_0$  0 cm Col. modello  
 Precompresso

MEd	-140 kNm
MRd	-579 kNm
FS	4.14

La verifica risulta soddisfatta.

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
 FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	78 di 102

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese):

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione\_T\_SLU\_M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari:  Zoom N° strati barre:  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	75	50
2	150	50

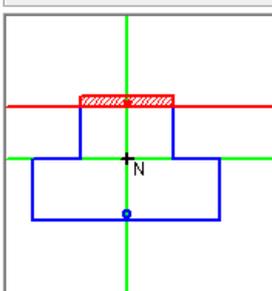
N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5.5
2	28.27	94.5

Tipo Sezione

Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.



**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	0	kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="151"/>	0	kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	0	

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

**Tipo flessione**

Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

B450C	C28/35
ε <sub>su</sub> <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub> <input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub> <input type="text" value="391.3"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub> <input type="text" value="3.5"/> ‰
E <sub>s</sub> <input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub> <input type="text" value="15.87"/> ‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> <input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> <input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub> <input type="text" value="1.957"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub> <input type="text" value="11"/>
σ <sub>s,adm</sub> <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ <sub>co</sub> <input type="text" value="0.6667"/>
	τ <sub>c1</sub> <input type="text" value="1.971"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

δ

MEd	151 kNm
MRd	1001 kNm
FS	6.62

La verifica risulta soddisfatta.

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	79 di 102

Trave a L

*Armatura*

	numero barre	diametro barre	larghezza	passo	Area
	n	fi	b	s	As
	-	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
Armatura sup	5	20	750	150	1570
Armatura inf	7	20	1100	157.14	2198

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione\_L\_SLU\_M-

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: TRAVE L

N° Vertici: 6 Zoom N° barre: 12 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	8	3.14	5.5	94.5
2	112.5	0	9	3.14	20.5	94.5
3	112.5	50	10	3.14	35.5	94.5
4	75	50	11	3.14	50.5	94.5
5	75	100	12	3.14	65.5	94.5
6	0	100				

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: -192 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
 Coord.[cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: -571.6 kNm

Materiali: B450C C28/35

ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 15.87 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 11 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.6667  
 τ<sub>c1</sub>: 1.971

σ<sub>c</sub>: -15.87 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 61.55 ‰  
 d: 94.5 cm  
 x: 5.084 x/d: 0.0538  
 δ: 0.7

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi  
 a T Circolare  
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

MEd	-192	kNm
MRd	-572	kNm
FS	2.98	

La verifica risulta soddisfatta.

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese):

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione\_L\_SLU\_M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : TRAVE L

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	1	3.14	5.5	5.5
2	112.5	0	2	3.14	20.5	5.5
3	112.5	50	3	3.14	35.5	5.5
4	75	50	4	3.14	50.5	5.5
5	75	100	5	3.14	65.5	5.5
6	0	100	6	3.14	80.5	5.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="107"/>	<input type="text" value="0"/>	kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Devia

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

B450C		C28/35	
ε <sub>su</sub>	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub>	<input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub>	<input type="text" value="391.3"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub>	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E <sub>s</sub>	<input type="text" value="200 000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="15.87"/> ‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	<input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub>	<input type="text" value="1.957"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub>	<input type="text" value="11"/>
σ <sub>s,adm</sub>	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ <sub>co</sub>	<input type="text" value="0.6667"/>
		τ <sub>c1</sub>	<input type="text" value="1.971"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

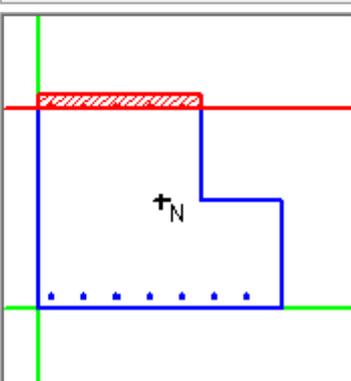
ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

δ



La verifica risulta soddisfatta.

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	82 di 102

## Verifica a Taglio

Trave a T rovescia

### Verifica a taglio per sezioni rettangolari armate a taglio (D.M. 17/01/2018)

classe cls	$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
resist. Caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	29	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{cd}$	16	
coeff. parziale	$\gamma_c$	1.5	
larghezza membratura resistente a V	$b_w$	750	mm
altezza membratura resistente a V	$H$	1000	mm
altezza utile	$d$	900	mm
area della sezione	$A_{TOT}$	675000	mm <sup>2</sup>
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	$N$	0	N
	ok $\sigma_{cp}$	0.00	N/mm <sup>2</sup>
	$\alpha_c$	1.00	
Acciaio	$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
Feb44k	$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>
diametro staffe (spille)	$\varnothing_w$	12	mm
Area staffa (spilla)	$A_{\varnothing_w}$	113	mm <sup>2</sup>
0.9 d	$z$	810	mm
passo delle staffe (spille)	$s_w$	400	mm
n° bracci		2	
angolo di inclinazione	$\theta$	21.8	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	2.50	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	$\alpha$	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	$A_{s_w} / s_w$	0.57	mm <sup>2</sup> /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	$V_{Rsd}$	448	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	$V_{Rcd}$	1724	kN
taglio sollecitante	$V_{Ed}$	154	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	$\gamma_{Rd}$	1	
taglio resistente	$V_{Rd}$	448	kN
	$V_{Ed}$	<	$V_{Rd}$

**verifica**

FS 2.92

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	83 di 102

Trave a L

**Verifica a taglio per sezioni rettangolari armate a taglio (D.M. 17/01/2018)**

classe cls	$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
resist. Caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	29	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{cd}$	16	
coeff. parziale	$\gamma_c$	1.5	
larghezza membratura resistente a V	$b_w$	750	mm
altezza membratura resistente a V	$H$	1000	mm
altezza utile	$d$	900	mm
area della sezione	$A_{TOT}$	7E+05	mm <sup>2</sup>
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	$N$	0	N
ok	$\sigma_{cp}$	0.00	N/mm <sup>2</sup>
	$\alpha_c$	1.00	
Acciaio	$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
Feb44k	$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>
diametro staffe (spille)	$\varnothing_w$	12	mm
Area staffa (spilla)	$A_{\varnothing_w}$	113	mm <sup>2</sup>
0.9 d	$z$	810	mm
passo delle staffe (spille)	$s_w$	400	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione	$\theta$	21.8	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	2.50	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	$\alpha$	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	$A_{s_w} / s_w$	0.57	mm <sup>2</sup> /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	$V_{Rsd}$	448	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	$V_{Rcd}$	1724	kN
taglio sollecitante	$V_{Ed}$	133	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	$\gamma_{Rd}$	1	
taglio resistente	$V_{Rd}$	448	kN

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

**verifica**

FS 3.36

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE</b> <b>RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE</b> <b>STAZIONE DI ANGUILLARA SABAZIA</b>					
	<b>FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord</b> FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 01	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO FV 01 00 001	REV. C

## 8.6 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali si effettuano in termini di:

- verifica di fessurazione;
- verifica delle tensioni di esercizio.

### Verifiche di fessurazione e tensioni di esercizio

Per assicurare la funzionalità e la durata della struttura è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.

Avendo adottato acciai ordinari si rientra nel gruppo di armature poco sensibili alla corrosione. Pertanto sulla base della tabella 4.1.IV – NTC2018 è possibile definire lo stato limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali (ordinarie) e dell'armatura (poco sensibile), prendendo in considerazione le combinazioni quasi permanenti e frequenti. Nel caso in esame lo stato limite di fessurazione da considerare è lo *stato limite di apertura delle fessure*. La verifica consiste nell'accertarsi che il valore di calcolo di apertura delle fessure ( $w_d$ ) non supera il valore limite fissato per la combinazione considerata. In particolare:

- per la combinazione di carico quasi permanente bisogna accertarsi che risulti:  $w_d < w_2 = 0.3$  mm.

Per rapidità di calcolo si verifica che nella combinazione SLE rara l'apertura delle lesioni sia inferiore al valore limite (più severo) riferito alla combinazione quasi permanente.

Per completare il quadro delle verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) è necessario controllare le tensioni di esercizio, in accordo con quanto riportato al punto 4.1.2.2.5 delle NTC2018. In particolare bisogna verificare che:

- Per il calcestruzzo compresso:  
 $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  (per combinazione caratteristica rara);  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$  (per combinazione quasi permanente);

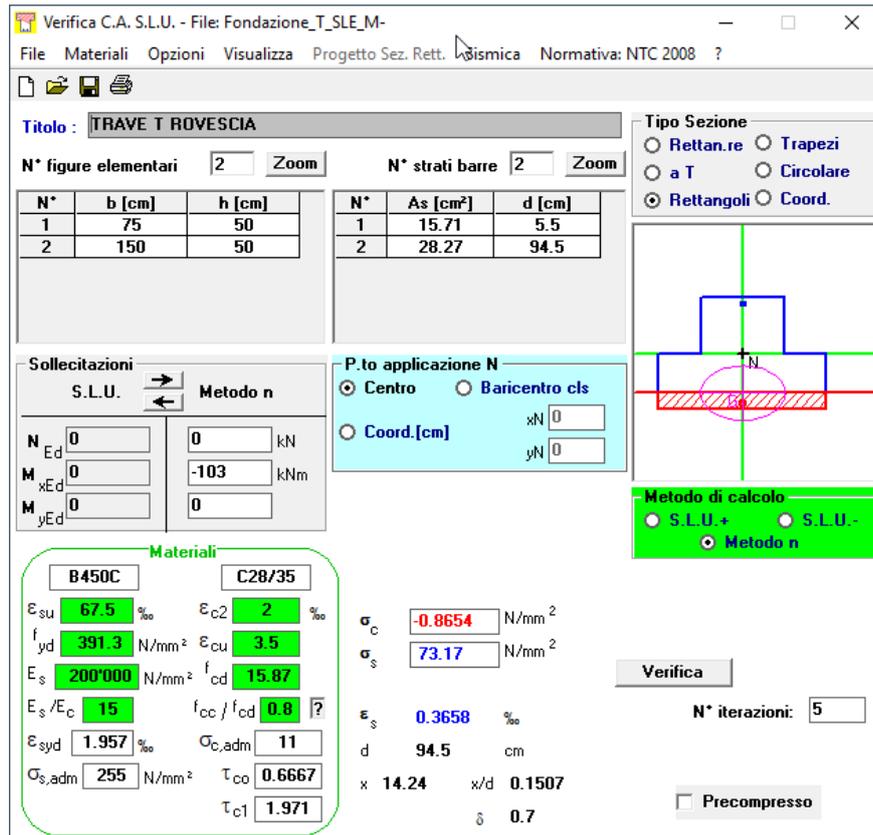
- Per l'acciaio:

$\sigma_s < 0.80 f_{yk}$  (per combinazione caratteristica rara).

Di seguito si riportano le tensioni di esercizio determinante in corrispondenza della combinazione che produce il valore di tensione più gravoso ottenuto tra le combinazioni rare e quasi permanenti.

Trave a T rovescia

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese):



**Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione\_T\_SLE\_M-**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari: 2 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	5.5
2	150	50	2	28.27	94.5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0

**P.to applicazione N**  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo**  
S.L.U.+ S.L.U.-  
Metodo n

**Materiali**  
B450C C28/35

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 15.87  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 11  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6667  
τ<sub>c1</sub> 1.971

σ<sub>c</sub> -0.8654 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 73.17 N/mm²  
ε<sub>s</sub> 0.3658 ‰  
d 94.5 cm  
x 14.24 x/d 0.1507  
δ 0.7

Verifica N° iterazioni: 5

Precompresso

R<sub>ck</sub> 35 MPa

f<sub>ck</sub> 29.05 MPa

f<sub>yk</sub> 450 MPa

σ<sub>c</sub> -1.1 MPa

σ<sub>s</sub> 45 MPa

x 256 mm

< 0.6 f<sub>ck</sub> -  
= 17.4 MPa

< 0.8 f<sub>yk</sub> =  
= 360 MPa

VERO

VERO

Le verifiche sono soddisfatte.

**Armatura longitudinale inferiore**

INPUT			OUTPUT	
	<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>35</b>	Mpa	
dimensione	<b>h</b>	<b>1000</b>	mm	diff. def. armature-cls <b>ε<sub>sm</sub> - 1.31E-04</b> - <b>ε<sub>cm</sub></b>
pos. baric. 1° strato	<b>c<sub>1</sub></b>	<b>55</b>	mm	distanza max fessure <b>s<sub>r,max</sub> 285</b> mm
diametro barre 1° strato	<b>φ<sub>1</sub></b>	<b>30</b>	mm	ampiezza fessure: <b>w<sub>k</sub> 0.037</b> mm
numero barre 1° strato	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>6.667</b>		<b>w<sub>lim</sub> 0.300</b> mm
pos. baric. 2° strato	<b>c<sub>2</sub></b>	<b>90</b>	mm	La verifica è soddisfatta.
diametro barre 2° strato	<b>φ<sub>2</sub></b>	<b>0</b>	mm	
numero barre 2° strato	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>6.667</b>	1/m	
distanza lembo compresso-lembo teso della sezione	<b>d</b>	<b>950</b>	mm	
	<b>b<sub>eff</sub></b>	<b>150</b>	mm	
posizione asse neutro da lembo compresso	<b>x</b>	<b>256</b>	mm	
Tensione massima barre 1° strato	<b>σ<sub>s,max1</sub></b>	<b>45</b>	Mpa	
Tensione massima barre 2° strato	<b>σ<sub>s,max2</sub></b>		Mpa	
altezza efficace	<b>h<sub>c,eff</sub></b>	137.5	mm	
area efficace relativamente ad una singola barre	<b>A<sub>c,eff</sub></b>	20625	mm <sup>2</sup>	
percentuale di armatura relativa a A <sub>c,eff</sub>	<b>ρ<sub>p,eff</sub></b>	0.034		
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	<b>k<sub>t</sub></b>	<b>0.4</b>		
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 lisce)	<b>k<sub>1</sub></b>	<b>0.8</b>		
(0.5 per flessione; 1 trazione)	<b>k<sub>2</sub></b>	<b>0.5</b>		
	<b>k<sub>3</sub></b>	<b>3.4</b>		
	<b>k<sub>4</sub></b>	<b>0.425</b>		

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione\_T\_SLE\_M-

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. **Stress** Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari:  Zoom N° strati barre:  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	5.5
2	150	50	2	28.27	94.5

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Materiali**  
 B450C C28/35  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>   
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
 τ<sub>c1</sub>

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Verifica**  
 N° iterazioni:

Precompresso

R<sub>ck</sub>  MPa  
 f<sub>ck</sub>  MPa  
 f<sub>yk</sub>  MPa

σ<sub>c</sub>  MPa < 0.6 f<sub>ck</sub> = -17.4 MPa  
 σ<sub>s</sub>  MPa < 0.8 f<sub>yk</sub> = 360 MPa

VERO  
 VERO

x  mm

Le verifiche sono soddisfatte.

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	88 di 102

**Armatura longitudinale superiore**

INPUT		
<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>35</b>	Mpa
<b>h</b>	<b>1000</b>	mm
<b>c<sub>1</sub></b>	<b>55</b>	mm
<b>φ<sub>1</sub></b>	<b>30</b>	mm
<b>n<sub>1</sub></b>	<b>6.667</b>	
<b>c<sub>2</sub></b>	<b>90</b>	mm
<b>φ<sub>2</sub></b>	<b>0</b>	mm
<b>n<sub>2</sub></b>	<b>6.667</b>	1/m
<b>d</b>	<b>950</b>	mm
<b>b<sub>eff</sub></b>	<b>150</b>	mm
<b>x</b>	<b>142</b>	mm
<b>σ<sub>s_max1</sub></b>	<b>73</b>	Mpa
<b>σ<sub>s_max2</sub></b>		Mpa
<b>h<sub>c,eff</sub></b>	137.5	mm
<b>A<sub>c,eff</sub></b>	20625	mm <sup>2</sup>
<b>ρ<sub>p,eff</sub></b>	0.034	
<b>k<sub>t</sub></b>	<b>0.4</b>	
<b>k<sub>1</sub></b>	<b>0.8</b>	
<b>k<sub>2</sub></b>	<b>0.5</b>	
<b>k<sub>3</sub></b>	<b>3.4</b>	
<b>k<sub>4</sub></b>	<b>0.425</b>	

OUTPUT		
diff. def. armature-cls		
<b>ε<sub>sm</sub></b>	<b>2.13E-04</b>	-
<b>E<sub>cm</sub></b>		
distanza max fessure		
<b>s<sub>r,max</sub></b>	<b>285</b>	mm
ampiezza fessure:		
<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.061</b>	mm
<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>0.300</b>	mm
La verifica è soddisfatta.		

Trave a L

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

**Titolo:** TRAVE L  
**N° Vertici:** 6 **N° barre:** 12

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	1	3.14	5.5	5.5
2	112.5	0	2	3.14	20.5	5.5
3	112.5	50	3	3.14	35.5	5.5
4	75	50	4	3.14	50.5	5.5
5	75	100	5	3.14	65.5	5.5
6	0	100	6	3.14	80.5	5.5

**Sollecitazioni S.L.U. Metodo n**  
 N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: -87 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Materiali**  
 B450C C28/35  
 ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 15.87  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 11  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.6667  
 τ<sub>c1</sub>: 1.971

σ<sub>c</sub>: -1.325 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 66.56 N/mm²  
 ε<sub>s</sub>: 0.3328 ‰  
 d: 103.7 cm  
 x: 23.83 x/d: 0.2299  
 δ: 0.7274

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Verifica**  
 N° iterazioni: 5  
 Precompresso

R<sub>ck</sub> 35 MPa  
 f<sub>ck</sub> ##### MPa  
 f<sub>yk</sub> 450 MPa

σ<sub>c</sub> -1.3 MPa < 0.6 f<sub>ck</sub> = -17.4 MPa **VERO**  
 σ<sub>s</sub> 67 MPa < 0.8 f<sub>yk</sub> = 360 MPa **VERO**

x 238 mm

Le verifiche sono soddisfatte.

**Armatura longitudinale superiore**

INPUT		
$R_{ck}$	35	Mpa
$h$	1000	mm
$c_1$	50	mm
$\varphi_1$	20	mm
$n_1$	6.667	
$c_2$	80	mm
$\varphi_2$	0	mm
$n_2$	6.667	1/m
$d$	950	mm
$b_{eff}$	150	mm
$x$	238	mm
$\sigma_{s\_max1}$	67	Mpa
$\sigma_{s\_max2}$		Mpa
$h_{c,eff}$	125.0	mm
$A_{c,eff}$	18750	mm <sup>2</sup>
$\rho_{p,eff}$	0.017	
$k_t$	0.4	
$k_1$	0.8	
$k_2$	0.5	
$k_3$	3.4	
$k_4$	0.425	

OUTPUT		
diff. def. armature-cls		
$\epsilon_{sm}$	1.95E-04	-
$\epsilon_{cm}$		
distanza max fessure		
$s_{r,max}$	339	mm
ampiezza fessure:		
$w_k$	0.066	mm
$w_{lim}$	0.300	mm
La verifica è soddisfatta.		

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione\_T\_SLE\_M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari: 2 Zoom      N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	75	50
2	150	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5.5
2	28.27	94.5

**Tipologia Sezione:**  
 Rettan.re    Trapezi  
 a T    Circolare  
 Rettangoli    Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U.   Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>: 0   0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0   110 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0   0

**P.to applicazione N:**  
 Centro    Baricentro cls  
 Coord.[cm]   xN: 0   yN: 0

**Metodo di calcolo:**  
 S.L.U.+    S.L.U.-  
 Metodo n

**Materiali:**  
**B450C**   **C28/35**  
 $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰    $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm²    $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
 $E_s$ : 200'000 N/mm²    $f_{cd}$ : 15.87  
 $E_s/E_c$ : 15    $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰    $\sigma_{c,adm}$ : 11  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm²    $\tau_{co}$ : 0.6667  
 $\tau_{c1}$ : 1.971

$\sigma_c$ : -1.112 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 45 N/mm²  
 $\epsilon_s$ : 0.225 ‰  
 d: 94.5 cm  
 x: 25.56   x/d: 0.2705  
 $\delta$ : 0.7781

Verifica      N° iterazioni: 5  
 Precompresso

Rck      35 MPa  
 fck      29.05 MPa  
 fyk      450 MPa

$\sigma_c$       -1.1 MPa      <      0.6 fck      =      17.4 MPa      VERO  
 $\sigma_s$       45 MPa      <      0.8 fyk      =      360 MPa      VERO

x      256 mm

Le verifiche sono soddisfatte.

**Armatura longitudinale inferiore**

INPUT			OUTPUT	
	<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>35</b>	Mpa	
dimensione	<b>h</b>	<b>1000</b>	mm	diff. def. armature-cls <b>ε<sub>sm</sub> - 1.31E-04</b> - <b>ε<sub>cm</sub></b>
pos. baric. 1° strato	<b>c<sub>1</sub></b>	<b>55</b>	mm	distanza max fessure <b>s<sub>r,max</sub> 285</b> mm
diametro barre 1° strato	<b>φ<sub>1</sub></b>	<b>30</b>	mm	ampiezza fessure: <b>w<sub>k</sub> 0.037</b> mm
numero barre 1° strato	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>6.667</b>		<b>w<sub>lim</sub> 0.300</b> mm
pos. baric. 2° strato	<b>c<sub>2</sub></b>	<b>90</b>	mm	La verifica è soddisfatta.
diametro barre 2° strato	<b>φ<sub>2</sub></b>	<b>0</b>	mm	
numero barre 2° strato	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>6.667</b>	1/m	
distanza lembo compresso-lembo teso della sezione	<b>d</b>	<b>950</b>	mm	
	<b>b<sub>eff</sub></b>	<b>150</b>	mm	
posizione asse neutro da lembo compresso	<b>x</b>	<b>256</b>	mm	
Tensione massima barre 1° strato	<b>σ<sub>s,max1</sub></b>	<b>45</b>	Mpa	
Tensione massima barre 2° strato	<b>σ<sub>s,max2</sub></b>		Mpa	
altezza efficace	<b>h<sub>c,eff</sub></b>	137.5	mm	
area efficace relativamente ad una singola barre	<b>A<sub>c,eff</sub></b>	20625	mm <sup>2</sup>	
percentuale di armatura relativa a A <sub>c,eff</sub>	<b>ρ<sub>p,eff</sub></b>	0.034		
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	<b>k<sub>t</sub></b>	<b>0.4</b>		
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 lisce)	<b>k<sub>1</sub></b>	<b>0.8</b>		
(0.5 per flessione; 1 trazione)	<b>k<sub>2</sub></b>	<b>0.5</b>		
	<b>k<sub>3</sub></b>	<b>3.4</b>		
	<b>k<sub>4</sub></b>	<b>0.425</b>		



PROGETTO DEFINITIVO  
RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE  
RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE  
STAZIONE DI ANGUILLARA SABAZIA

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	93 di 102

## 8.7 VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE

Si riportano qui di seguito si riportano le reazioni delle molle alla Winkler ottenute dal modello di calcolo, nelle combinazioni SLV e SLU (per le verifiche a breve termine) e SLE q.perm. per le verifiche a lungo termine.

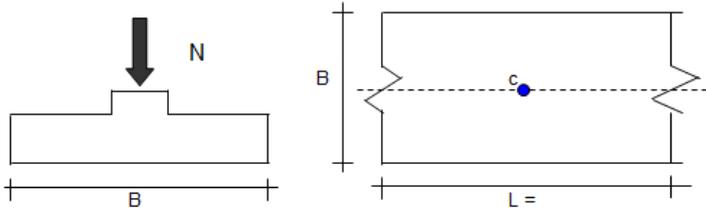
Stato limite	Joint	Combo.	F3
			kN
SLU	175	U3	57.49
SLV	175	EZ	42.18
SLE	175	K2	42.38

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	94 di 102

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE NASTRIFORME

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (2q/\pi)^*(\alpha + \text{sen}\alpha\text{cos}\alpha)$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (2q/\pi)^*(\alpha - \text{sen}\alpha\text{cos}\alpha)$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (4q/\pi)^*(\nu\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{tot} = \Sigma\delta_t = \Sigma(((\Delta\sigma_{zi} - \nu(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i / E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 1.50 (m) (Larghezza della Fondazione)

N = 42.38 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 28.25 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/B))

ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z <sub>i</sub>	a z <sub>i+1</sub>	Δz <sub>i</sub>	E	ν	δ <sub>ci</sub>
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	U2a	10.00	0.0	10.0	1.0	15000	0.30	0.48
2			10.0	10.0	1.0		0.30	0.00
3			10.0	10.0	1.0		0.30	0.00
-			0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.48 \text{ (cm)}$$

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	95 di 102

Strato	Litologia	Spessore	da $z_i$	a $z_{i+1}$	$\Delta z_i$	E	$\nu$	$\delta_{ci}$
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	U2a	10.00	0.0	10.0	1.0	39000	0.30	0.18
2			10.0	10.0	1.0		0.30	0.00
3			10.0	10.0	1.0		0.30	0.00
-			0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.18 \text{ (cm)}$$

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	96 di 102

Fondazioni Dirette  
Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

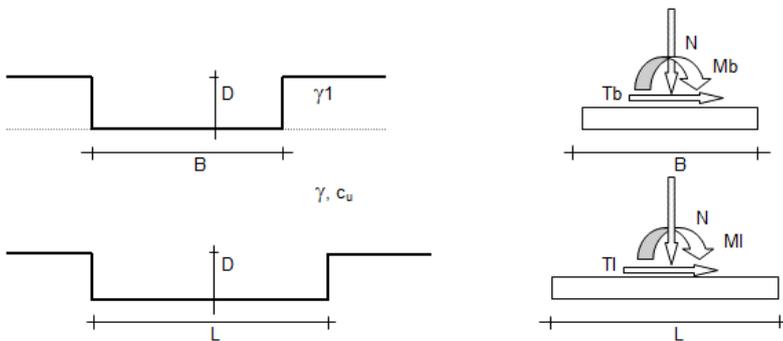
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = MI/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno	resistenze	
	permanenti	temporanee variabili	$c_u$	$q_{lim}$	scorr
Stato Limite Ultimo					
A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
A2+M2+R2	1.00	1.30	1.40	1.80	1.00
SISMA	1.00	1.00	1.40	1.80	1.00
A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	2.30	1.10
SISMA	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazioni nastriformi  $L=100$  m)

B = 1.50 (m)  
L = 1.50 (m)  
D = 1.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	57.49	0.00	57.49
Mb [kNm]	0.00	0.00	0.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	0.00	0.00	0.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	97 di 102

*Peso unità di volume del terreno*

$$\gamma_1 = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

*Valore caratteristico di resistenza del terreno*

$$c_u = 60.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

*Valore di progetto*

$$c_u = 60.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.50 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 25.50 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**$N_c$  : coefficiente di capacità portante**

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

**$s_c$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.20$$

**$i_c$  : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.50$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.50$$

$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1.50$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u N_c))$$

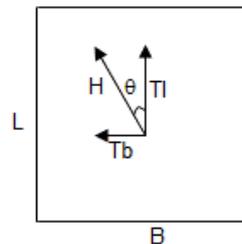
$$i_c = 1.00$$

**$d_c$  : fattore di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_c = 1 + 0,4 D / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$$

$$d_c = 1.40$$



**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	98 di 102

**$b_c$  : fattore di inclinazione base della fondazione**

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

**$g_c$  : fattore di inclinazione piano di campagna**

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

***Carico limite unitario***

$$q_{lim} = 543.61 \quad (\text{kN/m}^2)$$

***Pressione massima agente***

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 25.55 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 236.35 \geq q = 25.55 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	99 di 102

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = MI/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

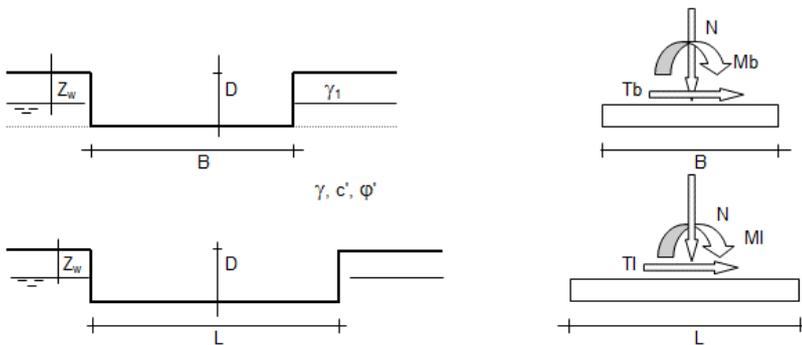
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze			
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \phi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr		
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



(Per fondazione nastriforme  $L = 100$  m)

B = 1.50 (m)  
L = 1.50 (m)  
D = 1.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	57.49		57.49
Mb [kNm]	0.00		0.00
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	100 di 102

*Peso unità di volume del terreno*

$$\gamma_1 = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$$c' = 10.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 25.00 \quad (^\circ)$$

*Valori di progetto*

$$c' = 10.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 25.00 \quad (^\circ)$$

*Profondità della falda*

$$Z_w = 10.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.50 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 25.50 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \varphi')}$$

$$N_q = 10.66$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 20.72$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 10.88$$

**$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L^* \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.51$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.47$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.60$$

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	101 di 102

$i_c, i_q, i_y$  : **fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.50 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.50 \quad m = 1.50 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi))^m \quad (m=2 \text{ nel caso di fondazione nastriforme e } m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta) \text{ in tutti gli altri casi})$$

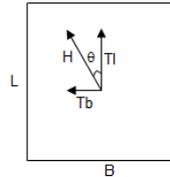
$$i_q = 1.00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$$

$$i_c = 1.00$$

$$i_y = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi))^{(m+1)}$$

$$i_y = 1.00$$



$d_c, d_q, d_y$  : **fattori di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \sin\varphi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \sin\varphi')^2)^* \arctan(D / B^*)$$

$$d_q = 1.31$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$d_c = 1.34$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

$b_c, b_q, b_y$  : **fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

$g_c, g_q, g_y$  : **fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1027.31 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 25.55 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 446.66 \geq q = 25.55 \quad (\text{kN/m}^2)$$



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE**  
**RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE**  
**STAZIONE DI ANGUILLARA SABAZIA**

**FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord**  
FV01 – Fabbricato viaggiatori - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 01 00 001	C	102 di 102

## 9 INCIDENZA ARMATURA

Fondazioni 100 kg/m<sup>3</sup>