



**NUOVA COSTRUZIONE IN ADIACENZA ALLA SEDE DELL'I.T.G.C.  
"G. COMPAGNONI" E DELL'I.T.I.S. "G. MARCONI" DI LUGO – VIA LUMAGNI  
24/26 FINALIZZATA ALLA DISMISSIONE DELLA SEDE DEL'I.P.S.I.A.  
"E. MANFREDI" DI LUGO – VIA TELLARINI 34/36  
via Lumagni, 24/26 – LUGO (RA)**

**PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO**

Presidente: Michele de Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione – Edilizia Scolastica – Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente Responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Responsabile del Servizio: Arch. Giovanna Garzanti

		Firme:
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO	Ing. Paolo Nobile	.. Firmato digitalmente .....
PROGETTISTA COORDINATORE:	Arch. Giovanna Garzanti	.. Firmato digitalmente .....
COORDINATORE	Ing. Paolo Nobile	.....
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Giovanni Plazzi	.....
COLLABORATORI:	Ing. Giulia Angeli	.....
PROGETTISTA ANTINCENDIO:	Ing. Junior Annalisa Bollettino	.....
ELABORAZIONE GRAFICA:	Ing. Giulia Angeli	.....
	Arch. Giovanni Plazzi	.....

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
0	EMISSIONE	M.Rosetti			04/12/2019
1					
2					
3					

PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI Ing. Massimo Rosetti  Firmato digitalmente  COLLABORATORI Ing. Andrea Polani	PROGETTISTA ACUSTICO Ing. Letizia Pretolani	PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI E IMPIANTI MECCANICI Ing. Patrizio Berretti  COLLABORATORI DELLA PROVINCIA DI RAVENNA p.i. Andrea Bezzi
--	--	---

TITOLO ELABORATO:

**Relazione di calcolo – US2 – Scala in acciaio**

Elaborato: <b>STR/14</b>	Revisione: 0	Data: 04/12/2019	Scala:	Nome file: STR-14_Rel.c.r00.pdf
-----------------------------	-----------------	---------------------	--------	------------------------------------

## SOMMARIO

<b>1. PROGETTO ARCHITETTONICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE .....</b>	<b>4</b>
1.1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE .....	4
<b>3. ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE.....</b>	<b>29</b>
<b>4. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....</b>	<b>38</b>
-ELEMENTI FINITI IMPLEMENTATI .....	38
- SCHEMI DI CARICO .....	38
- TIPO DI RISOLUZIONE .....	39
<b>5. STRUTTURE DI FONDAZIONE .....</b>	<b>40</b>
<b>6. TABULATI DI CALCOLO E VERIFICHE.....</b>	<b>42</b>
1.2. Giunto sismico. ....	42
1.3. Verifica parapetti.....	44
<b>7. RELAZIONE SUI MATERIALI .....</b>	<b>49</b>
<b>8. TABULATI DI CALCOLO .....</b>	<b>50</b>
<b>9. VERIFICA FONDAZIONI. ....</b>	<b>56</b>
<b>10. VERIFICHE DELLE FONDAZIONI .....</b>	<b>68</b>
10.1 Verifiche piastre C.A. di fondazione .....	68
10.2 Verifiche geotecniche.....	70
<b>11. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA.....</b>	<b>73</b>
11.1 MANUALE D'USO .....	73
11.2 MANUALE DI MANUTENZIONE.....	74
11.3 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE .....	77
<b>12. RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI.....</b>	<b>83</b>
12.1 RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	83
12.2 RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DEL TERRENO .....	83
12.3 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA 'PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE' DEL SITO DI COSTRUZIONE .....	83

## 1. PROGETTO ARCHITETTONICO

Il progetto prevede la realizzazione di un ampliamento delle sede dell'I.T.G.C. "G. Compagnoni" e dell'I.T.I.S. "G. Marconi" di Lugo siti in via Lumagni 24/26.

In particolare la presente tratta dell'intervento consistente nella realizzazione di una nuova scala metallica esterna di sicurezza a servizio dell'ampliamento (denominata US2).

La scala avrà dimensioni massime planimetriche paria 4.60x11.36m ed una altezza massima pari a 7.60m dal piano campagna. Per la scala sarà prevista una struttura formata da n.4 telai in acciaio costituiti da pilastri e travi su cui poggiano le rampe, i pianerottoli e i solai di arrivo. La struttura sarà separata dall'edificio scolastico mediante giunto sismico. Pilastri e travi saranno costituiti da profili HEA, le rampe, pianerottoli e solai in profili UPN e grigliato. La fondazione sarà a platea.

Il progetto sarà redatto secondo il D.M. 17/1/2018 e la Circolare n. 7/CSLLPP del 21 gennaio 2019 contenente le "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".

Per una migliore lettura del progetto si rimanda alle tavole architettoniche.

## **2. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE**

### **1.1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE**

#### **a) DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO**

La nuova scala sorgerà all'interno dell'area cortili zia dell'Istituto Compagnoni di Lugo. Questo territorio della pianura presenta pendenza media  $<15^\circ$  per cui non sono previsti effetti di amplificazione legati alla topografia. Il fattore ST (coefficiente di amplificazione topografica) è valutato quindi pari a 1.0

Per quanto riguarda le caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito si rimanda al capitolo 6 della presente relazione.

#### **b) DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA**

Per il fabbricato sarà prevista una struttura formata da n.4 telai in acciaio costituiti da pilastri e travi in HEA su cui poggiano le rampe, i pianerottoli e i solai di arrivo realizzati con profili UPN e grigliati (per il piano di calpestio). Le travi e i pilastri che costituiscono i telai saranno collegati tra loro mediante incastri, gli elementi in UPN saranno collegati ai telai mediante vincoli di appoggio e gli elementi principali in UPN saranno collegati fra loro, sempre da aste in UPN in modo da ridurre la luce libera e per irrigidimento. I parapetti saranno collegati alle UPN. Su un lato della scala sarà posizionata una pannellatura in lamiera microforata, con funzione estetica e sarà collegata ai pilastri dei telai. La struttura sarà separata dall'edificio esistente mediante giunto sismico e avrà dimensioni massime planimetriche paria 4.60x11.36m ed una altezza massima pari a 7.60m dal piano campagna.

Il corpo di fabbrica sarà schematizzato mediante struttura intelaiata spaziale non dissipativa ( $q=1.5$ ), a telai a nodi vincolati a spostamenti di piano non rigido.

La fondazione a platea sarà analizzata con un'altra modellazione schematizzandone il comportamento come quello di una lastra su suolo elastico sottoposta alle azioni della sovrastruttura in elevazione considerando l'interazione terreno-struttura; la quota di imposta sarà raggiunta mediante compattazione del piano di sbancamento e con sabbietta rullata e vibrata. Sotto la fondazione verrà realizzato un getto di pulizia in conglomerato cementizio magro di spessore pari a 10 cm. Sulla base del progetto esecutivo delle fondazioni dell'ampliamento in corrispondenza del giunto sismico, si è valutata l'interferenza tra i bulbi delle pressioni delle due fondazioni (ampliamento e scala), che comporta una sovrapposizione delle linee di influenza con un incremento di carico di circa 0.20-0.25kg/cm<sup>2</sup> in corrispondenza della fondazione dell'ampliamento (combinazione di carico SLE R), ininfluenza per le fondazioni dell'ampliamento.

Per la morfologia del terreno e per l'assenza della falda alle profondità raggiunte non sono previste opere accessorie.

#### **c) NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI**

- D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche delle costruzioni"
- Circolare n. 7/CSLLPP del 21 gennaio 2019 contenente le "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni"

- La progettazione è stata redatta nella piena osservanza delle Leggi 64/74 e 1086/71 e dei relativi decreti attuativi.

#### d) PARAMETRI DI PROGETTO

In considerazione della ordinarietà delle opere si assume:

- *vita nominale*  $V_N= 50$  anni;
- *classe d'uso* III;
- *periodo di riferimento*  $V_R= 75$ anni
- *categoria sottosuolo* C;
- *categoria topografica* T1;
- *amplificazione topografica*  $S_S=1.390$   
 $C_C=1.54$

L'intervento è ubicato in zona sismica 2:

Sito di costruzione: Lugo, via A.Lumagni, 26 - LON. 11.9086 LAT. 44.4148

**Foto aerea**



#### AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE

Il fabbricato in oggetto ha una destinazione d'uso di tipo scolastico e verrà progettato con la seguente analisi dei carichi:

### Rampe, pianerottoli e solai di sbarco

---

analisi dei carichi:	- peso permanente non strutturale	45 kg/mq
	- sovraccarico variabile (cat. C)	400 "

### Vento

Vento zona Emilia Romagna

Classe di rugosità B, >30km mare

Categoria di esposizione del sito IV

$$k_r=0.22$$

$$z_0=0.3m$$

$$z_{min}=8m$$

$$z \geq 9m \rightarrow ce(z)=1.71$$

$$q_r=39.06kg/mq$$

$$C_d=1$$

### G.5 Muri e parapetti (CNR DT207/2008):

$$r \approx 0.8$$

Tabella G.X – Coefficienti di pressione complessiva per muri e parapetti.

$\varphi$	Chiusura laterale	l/h	A	B	C	D
1,0	no	<3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		>10	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

$$C_{pn} = 1.2$$

$$q_p(z) = q_r * ce(z) * C_{pn} = 80.15kg/mq$$

### G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali allungati

#### G.10.5 Elementi di carpenteria metallica

I coefficienti di forza e di momento per unità di lunghezza sono forniti dalle relazioni:

$$c_{fx} = c_{fx0} \cdot \psi_\lambda \quad (G.18a)$$

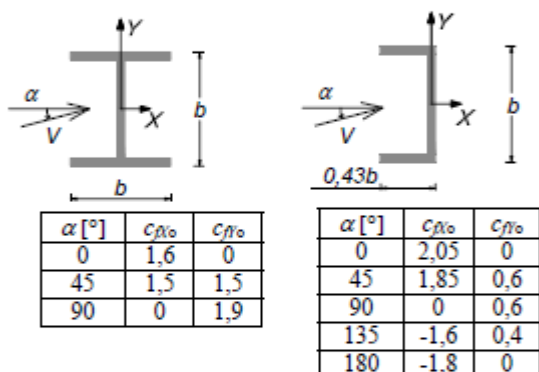
$$c_{fy} = c_{fy0} \cdot \psi_\lambda \quad (G.18b)$$

$$c_{mz} = c_{mz0} \cdot \psi_\lambda \quad (G.18c)$$

dove:

$c_{fx0}$ ,  $c_{fy0}$ ,  $c_{mz0}$  sono i coefficienti di forza e di momento per unità di lunghezza relativi a strutture ed elementi di lunghezza ideale infinita, quindi con comportamento aerodinamico bidimensionale nel piano della sezione trasversale;

$\psi_\lambda$  è il coefficiente di snellezza, che tiene in conto gli effetti riduttivi di bordo.



Il coefficiente di snellezza  $\psi_\lambda$  è fornito dalla relazione (Figura G.53):

$$\psi_\lambda = 0,6 + 0,1 \cdot \log_{10}(\lambda) \quad \text{per } 1 \leq \lambda \leq 10 \quad (G.23a)$$

$$\psi_\lambda = 0,45 + 0,25 \cdot \log_{10}(\lambda) \quad \text{per } 10 \leq \lambda \leq 100 \quad (G.23b)$$

$$\psi_\lambda = 0,61 + 0,17 \cdot \log_{10}(\lambda) \leq 1 \quad \text{per } 100 \leq \lambda \leq 1000 \quad (G.23c)$$

Tabella G.XIX – Snellezza effettiva  $\lambda$ .

Lunghezza $L$ (m)	Flusso libero ad almeno un'estremità		Flusso confinato ad entrambe le estremità
	Sezione a spigoli vivi	Sezione circolare	
$L \leq 20$ m	$\lambda = 2 \cdot L/l$	$\lambda = L/l$	$\lambda = L/l \geq 70$
$20 \text{ m} \leq L \leq 50$ m	$\lambda = (2,4 - 0,02 \cdot L) \cdot L/l$	$\lambda = (1,2 - 0,01 \cdot L) \cdot L/l$	$\lambda = (1,2 - 0,01 \cdot L) \cdot L/l$ $\lambda \geq 70$
$50 \text{ m} \leq L$	$\lambda = 1,4 \cdot L/l$	$\lambda = 0,7 \cdot L/l$	$\lambda = 0,7 \cdot L/l \geq 70$

	$\alpha$	$c_{fx0}$	$l$	$Yl$	$c_{fx}$	$q$ [kg/ml]	$q$ utilizzato [kg/ml]
UPN 200	0	2.05	36.0	0.84	1.72	22.98	23
UPN 200	180	1.80	46.0	0.87	1.56	20.82	21
HEA 260_P5	90	1.90	50.8	0.88	1.67	28.92	29
HEA 260_P8	0	1.60	70.4	0.91	1.46	24.36	24
HEA 260_P4-P5	0	1.60	52.8	0.88	1.41	23.53	24
HEA 260_P1	0	1.60	40.0	0.85	1.36	22.72	24
HEA 240	0	1.60	40.0	0.85	1.36	20.91	21

Per ulteriori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo

## **e) MATERIALI**

### **Calcestruzzo**

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. dovranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006. Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, si dovranno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Per le strutture armate e non, sia in elevazione che in fondazione, si prescrive l'utilizzo di conglomerato cementizio per uso strutturale così come definito al paragrafo 4.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

Il conglomerato cementizio è identificato mediante la resistenza convenzionale a compressione uniassiale caratteristica misurata su cubi Rck.

Per le strutture armate, si prescrive l'impiego delle seguenti tipologie di calcestruzzo:

#### **Opere di fondazione**

- Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006) XC2;
- Diametro massimo inerte 20mm;
- Classe di resistenza – valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni (EN 206)  $f_{ck} > 35$  Mpa (Eurocodice 2 C35/45);
- Classe di consistenza S4.

### **Componenti del conglomerato cementizio**

#### **Acqua**

Per il confezionamento degli impasti deve impiegarsi esclusivamente acqua limpida, priva di sali e cloruri, non aggressiva, conformi alla UNI EN 1008:2003, in quantità tale da ottenere un impasto di buona lavorabilità e consistenza variabile tra fluido e plastico (S2-S5), ma comunque non inferiore ai 180 l/mc.

#### **Legante idraulico**

Per il confezionamento degli impasti devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, in particolare L. 26/05/1965 n. 595 e norma armonizzata EN 197-1 e dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

Il legante deve risultare costituito da cemento tipo 425 o superiori.

#### **Aggregati**

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.



Per il confezionamento degli impasti deve essere utilizzata sabbia in quantità di 0.46÷0.57 mc con grani assortiti di grandezza variabile da 0 a 7 mm e ghiaia o pietrisco in quantità di 0.65÷0.79 mc con elementi assortiti di dimensioni fino a 30 mm.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO<sub>3</sub> da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati ASO,2);
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

Gli inerti costituenti l'aggregato saranno provenienti da rocce non gessose prive di elementi gelivi e friabili, scevri di sostanze estranee quali materie organiche, melmose, terrose e di salsedine, avranno un'umidità del 2÷3% e conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620.

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del DPR n. 246/93 è indicato nella tabella seguente:

<b>Specifica Tecnica Europea di riferimento</b>	<b>Uso Previsto</b>	<b>Sistema di Attestazione della Conformità</b>
Aggregati per calcestruzzo <i>UNI EN 12620-13055-1</i>	<i>Calcestruzzo strutturale</i>	<b>2+</b>

Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) deve essere eseguito così come specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n. 246/93.

Gli aggregati leggeri devono essere conformi alla parte armonizzata della norma Europea UNI EN 13055. Il sistema di attestazione della conformità è analogo al caso precedente.

#### **Aggiunte.**

Eventuali aggiunte in quantità tale da non modificare negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio devono soddisfare i requisiti della norma EN 450 e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalla UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5 ed UNI 11104 punto 4.2.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

#### **Additivi.**

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5).

Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati.

Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto. Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104.

Di seguito viene proposto uno schema riassuntivo per le varie classi di additivo in funzione delle classi di esposizione

**Classi di additivo in funzione delle classi di esposizione**

	Rck min	a/c max	WR/SF*	AE*	HE*	SRA*	IC*
X0	15	0,60					
XC1 XC2	30	0,60	X				
XF1	40	0,50	X		X	X	
XF2	30	0,50	X	X	X	X	X
XF3	30	0,50	X	X	X	X	
XF4	35	0,45	X	X	X	X	X
XA1 XC3 XD1	35	0,55	X			X	X
XS1 XC4 XA2 XD2	40	0,50	X			X	X
XS2 XS3 XA3 XD3	45	0,45	X			X	X

\* WR/SF: fluidificanti/superfluidificanti, AE: Aeranti, HE: Acceleranti (solo in condizioni climatiche invernali), SRA: additivi riduttori di ritiro, IC: inibitori di corrosione.

Nell'esecuzione dei getti si prescrivono le seguenti norme:

- Vibratura accurata di tutti i getti;
- L'interruzione e la ripresa dei getti si effettuerà nelle zone non sollecitate;
- Nel caso la temperatura scendesse al disotto di +1 °C o in presenza di venti particolarmente caldi, i getti dovranno essere interrotti.

## **Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati**

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai paragrafi 1.5 e 1.6 che seguono. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (lavorabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste dal progettista.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di  $\frac{1}{4}$  della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interferro ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

## **Rapporto acqua/cemento**

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla relazione seguente:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add} + a_{gh}$$

Dove:

- $a_{agg}$  quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- $a_{add}$  aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3l/m<sup>3</sup>) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- $a_{gh}$  aliquota di acqua introdotta tramite l'utilizzo di chips di ghiaccio;
- $a_m$  aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

Nella quale:

- $c$  dosaggio per m<sup>3</sup> di impasto di cemento;
- $c_v$  dosaggio per m<sup>3</sup> di impasto di cenere volante;
- $f_s$  dosaggio per m<sup>3</sup> di impasto di fumo di silice;
- $K_{cv}$  ;  $K_{fs}$  coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma *UNI-EN 206-1 ed UNI 11104*.

## **Lavorabilità**

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo posseda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo sarà definita mediante il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza; I valori dell'abbassamento al cono sono rilevabili nella tabella seguente:

<b>CLASSE DI CONSISTENZA</b>	<b>ABBASSAMENTO AL CONO DI ABRAMS (mm)</b>	<b>DENOMINAZIONE DI CONSISTENZA</b>	<b>CAMPO DI APPLICAZIONE</b>
S1	Da 10 a 40	Umida	Cordoli, marciapiedi
S2	Da 50 a 90	Plastica	Forti pendenze
S3	Da 100 a 150	Semifluida	Scale, coperture inclinate rampe
S4	Da 160 a 210	Fluida	Muri, solai, travi pilastri
S5	Oltre 220	Superfluida	Strutture sottili, scarso interfero

Non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore ad S4.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere, a discrezione della D.L.:

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto.

Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa

evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possenga i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

### **Acqua di bleeding**

L'essudamento di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma UNI.

### **Contenuto d'aria**

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà essere conforme a quanto indicato dalla Direzione Lavori in funzione del diametro massimo dell'aggregato e dell'eventuale esposizione alla classe XF: strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti.

### **Posa in opera del conglomerato**

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al disotto dei +1° C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. anche qualora la temperatura ambientale superi i 33° C.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (tabella 4.1).

### Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

Nel caso siano previste riprese di getto sarà obbligo dell'appaltatore procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

È obbligo della D.L. verificare la corretta esecuzione delle operazioni sopra riportate.

### **Casseformi**

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866.

Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

### **Stagionatura**

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione). Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'appaltatore è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing);
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali. Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori.

Nel caso di superfici orizzontali non casserate (pavimentazioni, platee di fondazione...) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 7 giorni.

Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni.

## Acciaio in barre per c.a.

Tutti gli acciai utilizzati come armatura per cemento ordinario o precompresso devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende il processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulta in modo inequivocabile il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto. Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al punto 11.3.2.6 e controllati con le modalità riportate ai punti 11.3.2.10, 11.3.2.11 e 11.3.3.5 delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

Deve essere utilizzato acciaio per cemento armato laminato a caldo denominato B450C caratterizzato da:

Classe acciaio	$f_{yk}$	$\gamma_s$	$f_{tk}$	$E_s$	$f_{yd}$	$\epsilon_{yd}$	$\epsilon_{uk}$	$(f_y/f_{y,nom})_k$	$\epsilon_{ud}$	$k = (f_t/f_y)_k$	$\sigma_{s,Rara}$	Diametro minimo mandrino di piegatura	
	[MPa]		[MPa]	[MPa]	[MPa]					[MPa]	[MPa]	$\Phi \leq 16mm$	$\Phi > 16mm$
B450C	450,00	1,15	540,00	210.000	391,30	0,00186	0,07500	$\leq 1,25$	0,06750	1,15 1,35	360,00	4 $\Phi$	7 $\Phi$

Questo deve inoltre rispettare i requisiti di cui al punto 11.3.3.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio. Ai fini della qualificazione dell'aderenza si osserverà quanto previsto al punto 11.3.2.10.4 – Prove di Aderenza – delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

Sia le barre che le reti utilizzate devono soddisfare quanto previsto al punto 11.3.2.4 - Caratteristiche dimensionali e di impiego e al punto 11.3.2.5 – Reti e Tralicci elettrosaldati delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018, in particolare i nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco



determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630-2 pari al 25% della forza di snervamento della barra. Tale resistenza al distacco delle saldature del nodo deve essere controllata e certificata dal produttore.

La saldabilità deve essere certificata mediante analisi chimica effettuata su colata e su prodotto finito controllando che il quantitativo di carbonio equivalente e la presenza di impurità sia contenuta nei limiti previsti al punto 11.3.2.76 – Saldabilità – Tabella 11.3.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura. I valori minimi da adottare devono essere conformi alle prescrizioni contenute nell'Eurocode EN 1992 – punto 8.3 – Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate.

Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

Per tutto quanto non esplicitamente indicato nella presente relazione o riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018 si rimanda alla Circolare Esplicativa del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 02/02/2009 n. 617 – "Istruzione per l'applicazione delle <<Nuove Norme tecniche per le costruzioni>> di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 – G.U. n. 47 del 26/02/2009, supp. Ordinario n. 27.

## **Acciaio per strutture metalliche**

### **Tipologia**

Per la realizzazione delle strutture metalliche si prescrive l'utilizzazione di acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per gli acciai laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldature), e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati).

Questi recheranno marcatura CE prevista dalla Direttiva 89/106/CEE – Prodotti da costruzione (CPD) recepita in Italia dal DPR 21/04/1993 n. 246 così come modificato dal DPR 10/12/1997 n. 499 e saranno certificati con sistema di attestazione della conformità così come definito al punto 11.3 delle NTC 2018. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, per la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377/1999, UNI 552/1986, EN 10002- 1/2004 e UNI EN 10045-1/1992.

Per la realizzazione di tutte le parti metalliche principali si prescrive l'utilizzo di acciaio S275 così come indicato nelle tavole esecutive e così come definiti al punto 11.3.4.1 – Generalità delle NTC 2018. Questo caratterizzato da:

**S275**

***f<sub>yk</sub> = 275 N/mm***

***f<sub>tk</sub> = 430 N/mm<sup>2</sup>***

Tutti gli acciai dovranno avere composizione chimica conforme con quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, così come definite al punto 11.3.2.6 delle NTC 2018. Così come previsto al punto 11.3.4.5 – Processo di saldatura delle NTC 2018 le saldature degli acciai dovranno avvenire secondo i procedimenti codificati dalla norma UNI EN ISO 4063/2001. I saldatori nei procedimenti manuali e semi-automatici dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287- 1/2004. I saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificatamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Nella esecuzione delle saldature dovranno essere rispettate le norme Uni EN 1011/2005 parti 1-2.

I bulloni utilizzati saranno conformi alla norma UNI EN ISO 4016/2002 e UNI 5592/1968. Si prescrive l'utilizzazione di bulloni costituiti da viti di classe 8.8 e dadi di classe 8 secondo norma UNI EN ISO 898-1/2001 con le seguenti proprietà di resistenza:

$$f_yb = 649 \text{ N/mm} \quad f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$$

### **Identificazione**

Il prodotto fornito dall'Appaltatore deve presentare una marchiatura, dalla quale risulti in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento di produzione, al tipo di acciaio ed al suo grado qualitativo. Il marchio dovrà risultare depositato presso il Ministero dei LL.PP., Servizio Tecnico Centrale. La mancata marchiatura o la sua illeggibilità anche parziale, comporterà il rifiuto della fornitura. L'Appaltatore dovrà fornire al Direttore dei Lavori (DL) i certificati relativi alle prove di qualificazione ed alle prove periodiche di verifica della qualità; da tali certificati dovrà risultare chiaramente:

- il nome dell'azienda produttrice, lo stabilimento e il luogo di produzione
- il certificato di collaudo secondo UNI EN 10204:2005
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale
- gli estremi dell'ultimo attestato di deposito conseguito per le prove teoriche di verifica della qualità
- la data di prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato (non anteriore a tre mesi dalla data di ispezione in cantiere)
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto
- i risultati delle prove eseguite in stabilimento o presso un laboratorio ufficiale
- l'analisi chimica, che per prodotti saldabili, dovrà soddisfare i limiti di composizione raccomandati dalla UNI 5132
- le elaborazioni statistiche previste dagli allegati del D.M. 14.01.2018.

Il DL potrà chiedere di eseguire dei prelievi di campioni di materiali da sottoporre a ulteriori prove.

### **Marcatura**

L'Appaltatore deve contrassegnare e documentare e garantire che tutti i materiali vengano utilizzati secondo quanto specificato.

### **Posizione delle marcature**

Le marcature devono essere in posizione tale da non essere nascosti da altri materiali successivamente alla messa in opera.

### **Stampigliatura**

Qualora l'acciaio dovesse essere sabbiato, trattato con acidi, spruzzato o galvanizzato dovrà essere contrassegnato con marchiatura a bassa pressione. I marchi devono essere di profondità adeguata per evitarne la cancellazione. La sabbiatura, ove necessaria, deve essere fatta secondo le norme Svedesi SS 05-59-00.

### **Lunghezza**

Gli elementi che hanno entrambe le estremità preparate per contatto a compressione, come per esempio puntoni o colonne, non devono scostarsi dalla lunghezza prevista per più di 1mm.

Gli elementi che non hanno le estremità preparate per contatti a compressione, e che devono essere collegati ad altre parti metalliche della struttura, non devono discostarsi dalla lunghezza prestabilita per più di 2mm se di lunghezza totale pari o inferiore a 10m, e 4mm per elementi più lunghi di 10m.

### **Giunti a compressione**

L'interspazio tra giunti la cui performance, quando assemblati durante la fabbricazione, dipende da contatto a compressione, non deve eccedere 0.75 mm e deve essere inferiore a 0.25 mm su 50% della lunghezza di contatto della sezione.

### **Stoccaggio e movimentazione in cantiere**

Le strutture in acciaio saranno disposte in una zona di stoccaggio separata rispetto a quella degli altri materiali di cantiere. Tale zona sarà tenuta opportunamente pulita. L'appaltatore avrà cura di verificare prima del montaggio che non vi siano residui terrosi o altre impurità/scorie sulla superficie dei profili.

Qualora vi fosse presenza di sporco, questo dovrà essere rimosso a mezzo spazzolatura. Tutti gli elementi strutturali in acciaio portati in cantiere e 'stoccati' prima della messa in opera devono essere adeguatamente protetti e supportati in modo da essere sollevati dal terreno. I contrassegni dei vari pezzi devono essere visibili quando le parti sono stoccate. L'appaltatore dovrà usare la massima cura nelle operazioni di imballaggio del materiale ed in particolare nel maneggiare e trasportare le strutture metalliche in modo tale da evitare qualunque danno alle strutture stesse ed agli strati protettivi.

### **Pre-assemblaggio a piè d'opera**

Tutti i pre-assemblaggi delle strutture saranno effettuati su banchi sollevati da terra opportunamente predisposti dall'appaltatore. Le zone di pre-assemblaggio se non diversamente concordato con la DL dovranno essere effettuati, all'esterno del perimetro dell'edificio finito. La DL alla consegna dei lavori

indicherà all'appaltatore le aree previste per i pre-assemblaggi. I pre-assemblaggi dovranno essere eseguiti in funzione del programma di montaggio, tutto il materiale pre-assemblato dovrà essere immagazzinato in aree buffer, opportunamente predisposte. Tutto il materiale immagazzinato nelle aree Buffer dovrà essere sequenzializzato secondo il programma di installazione.

Qualora non fosse possibile prevedere aree di cantiere sufficienti a permettere il pre-assemblaggio delle strutture in cantiere, tale operazione dovrà essere eseguita dall'appaltatore presso le sue officine, o in altro luogo concordato ed accessibile alla DL.

Il materiale dovrà giungere in cantiere già sequenzializzato secondo il programma di montaggio.

### **Montaggio in cantiere**

E' fatto obbligo all'Appaltatore delle Opere in Acciaio prima di redigere l'offerta di appalto, di effettuare una visita in cantiere allo scopo di accertare le condizioni operative legate al montaggio. In tale occasione dovrà essere redatto un "Verbale di visita". Durante la visita preliminare in cantiere saranno individuate le seguenti aree:

- area di stoccaggio
- area di pre-assemblaggio
- area di montaggio (sollevamento)

Il tutto in relazione all'effettiva operatività generale. E' fatto obbligo all'appaltatore di verificare i tracciamenti degli ancoraggi alle strutture in c.a. prima dell'inizio della fase di montaggio. Non sarà in alcun caso accettato reclamo relativo ad errori di tracciamento dall'esecutore delle opere civili.

### **Taglio**

L'acciaio andrà tagliato con un sistema automatico o semi-automatico. Il taglio manuale o a fiamma andrà utilizzato unicamente quando non è possibile l'impiego di macchinario automatico o semi-automatico, e solo con l'approvazione della DL. Non è consentito l'utilizzo di equipaggiamento per taglio con dispositivi a caldo senza previa approvazione della DL. Qualora si eseguissero tagli a fiamma, i bordi di tutte le piastre tagliate andranno levigati per rimuovere scorie, segni, depositi, irregolarità ed indurimenti eccessivi. Andranno inoltre rimosse bave, spigoli vivi e bordi irregolari a mezzo di molatura.

### **Contatti d'appoggio per giunti sottoposti a pressione**

I giunti sottoposti a compressione avranno superfici di contatto preparate per ottenere un piano di giunzione adeguato. Sarà possibile utilizzare limatura, taglio o altri sistemi equivalenti approvati dalla DL. Le superfici destinate a giunzioni a contatto devono essere ad angolo retto rispetto all'asse nominale dell'elemento stesso. Angoli diversi saranno accettati solo se indicati ed annotati nei disegni di carpenteria.

Non occorre effettuare alcuna preparazione aggiuntiva su superfici che sono destinate ad essere conglobate in letti di malta come le piastre per fondazioni, oppure quelle di attacco di strutture metalliche a strutture di calcestruzzo.

### **Irrigidimenti**

I fazzoletti di irrigidimento saranno tagliati e levigati per assicurare un contatto preciso lungo i bordi delle flange.

### **Raddrizzamento**

Non deve essere effettuato alcun raddrizzamento del materiale che possa provocare alterazioni delle sue caratteristiche fisiche o chimiche e di conseguenza una non conformità con i requisiti specificati per il materiale al momento della fornitura.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore deve fornire alla DL per approvazione, ed includere nella propria Dichiarazione di Metodo, le procedure che intende adottare per eventuali interventi di raddrizzamento di elementi strutturali.

### **Riscaldamento**

Non deve essere effettuato alcun riscaldamento del materiale che possa provocare una alterazione delle sue caratteristiche e di conseguenza una non conformità ai requisiti specificati per il materiale al momento della fornitura.

### **Connessioni temporanee**

Dopo il loro utilizzo, l'Appaltatore deve rimuovere ogni eventuale connessione temporanea che possa essere stata necessaria per attuare il suo metodo di fabbricazione o messa in opera. La rimozione di ogni elemento temporaneo deve avvenire nel rispetto dei regolamenti in materia e con una procedura concordata ed approvata dalla DL.

### **Montaggio**

Qualunque siano le sequenze di montaggio, l'appaltatore deve tenere conto del comportamento statico della struttura nelle configurazioni parziali e delle sollecitazioni prodotte in fase di sollevamento redigendo apposita relazione di calcolo.

Dovrà inoltre essere definito il tipo di sottofondo adatto sia al passaggio dei mezzi, sia ad un corretto pre-montaggio delle strutture.

### **Allineamento delle strutture**

Tutte le parti strutturali saranno allineate, non appena sia possibile, dopo il loro assemblaggio. Le connessioni permanenti tra i vari membri non saranno realizzate fino a quando la struttura non sia stata sufficientemente allineata, livellata, messa a piombo e connessa temporaneamente. L'Appaltatore dovrà garantire che i vari componenti non vadano fuori squadra durante la messa in opera o l'allineamento del resto della struttura.

Occorrerà prendere nella dovuta considerazione gli effetti della temperatura sulla struttura e sugli strumenti di misurazione quando vengono effettuate misure per il tracciamento, la messa in opera e l'edificazione, e per tutti i successivi controlli dimensionali.

### **Livellamento pilastri**

Il livellamento e la messa a piombo dei pilastri avverrà utilizzando piastre piane e cuneiformi in acciaio di adeguata grandezza, resistenza e rigidità.

Laddove i piatti di livellamento vengano lasciati in posizione per essere successivamente conglobati nella malta, questi devono essere posizionati in modo tale da essere completamente racchiusi e ricoperti dal getto.

### **Contro frecce teoriche progettuali**

La geometria mostrata nei disegni del Progetto Esecutivo corrisponde alla struttura indeformata ed al netto delle preformature; Il progetto Costruttivo dovrà considerare le strategie appropriate per un'eventuale preformatura (pre-camber).

I pre-camber richiesti sono indicati sui disegni del Progetto Esecutivo.

### **Contro-frecce per l'assestamento dei giunti**

Potrà prevedersi un'ulteriore ed adeguata preformatura, per far fronte agli assestamenti di tipo irreversibile, per tenere in considerazione il cumulativo assestamento delle giunzioni presenti nella struttura di copertura.

### **Bulloni per piastre di base in manicotti**

I bulloni di ancoraggio delle piastre di base debbono essere collocati a conveniente distanza dalle superfici che limitano lateralmente la struttura in CA alla quale sono ancorate. La lunghezza di ancoraggio deve rispettare quanto prescritto dal DM 14.01.2018.

La posizione in pianta dei bulloni di base posizionati in manicotti che verranno eventualmente cementati, non deve deviare dalla posizione specificata sui disegni per più di 5 mm.

### **Unioni saldate**

Le saldature e gli acciai per strutture saldate devono essere conformi alle raccomandazioni contenute nelle UNI 5132. Le saldature devono essere fatte sotto la direzione di tecnici saldatori che abbiano qualifiche appropriate, e che abbiano certificazione di procedura secondo le UNI 4634.

### **Procedura di saldatura**

Le procedure di saldatura devono essere conformi alle raccomandazioni delle UNI 5132. Per l'esecuzione dei giunti saldati in opera e/o a piè d'opera, dovrà essere garantito un avvicinamento delle parti all'interno delle tolleranze ammesse per ciascun tipo di saldatura. Dovranno essere quindi previsti i necessari supporti del

materiale di apporto in accordo con la preparazione dei lembi. Si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari per un perfetto allineamento delle parti da saldare. In linea di massima le saldature non dovranno essere levigate salvo ove esplicitamente indicato sui disegni.

Le procedure di saldatura e le sequenze di fabbricazione devono essere tali da ridurre al minimo la distorsione.

### **Saldature provvisorie e connessioni temporanee**

Le saldature provvisorie e quelle relative alle giunzioni temporanee, necessarie per fabbricazione e/o messa in opera, devono essere conformi ai regolamenti citati, e dovranno essere rimosse in modo da non danneggiare le opere permanenti. Il metodo di rimozione deve essere sottoposto all'approvazione della DL.

### **Saldature di testa**

Dove possibile, saranno utilizzate piastre di sostegno per assicurare pieno spessore/riempimento della gola alle estremità. Tali piastre dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- Le caratteristiche meccaniche e fisiche per le piastre devono essere identiche a quelle del materiale che deve essere saldato.
- Le piastre devono essere preparate nello stesso modo delle parti da unire.
- Dopo il completamento della saldatura, le piastre devono essere rimosse tramite taglio.

Le superfici alle quali erano attaccate devono essere smussate, smerigliate ed ispezionate per verificare l'assenza cricche.

### **Saldature di perni o connettori**

Ove previsto, i perni di rotazione o scorrimento dovranno essere installati secondo quanto prescritto dal produttore sia per i materiali, che per le procedure e dispositivi accessori.

### **Test di saldatura**

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa appaltatrice dovrà condurre una serie di prove di saldatura su perni/connettori per verificare l'adeguatezza del sistema di saldatura e dell'equipaggiamento proposto. Le prove devono essere effettuate utilizzando lo stesso materiale e le procedure previste per i lavori. Nelle prove devono essere testati almeno il dieci per cento dei connettori. Nell'ipotesi di saldatura in sito dei connettori, all'inizio di ciascun turno, devono essere fatte almeno due prove di saldatura per ciascun saldatore.

### **Rimozione delle scorie**

Si procederà alla rimozione delle scorie con leggere martellature, spazzole metalliche o altri metodi che non deformino la superficie della saldatura.

### **Fori per le unioni bullonate**

Tutti i fori saranno punzonati ed alesati a meno che non sia diversamente concordato con la DL. A meno che non sia indicato diversamente sui disegni, i fori per bulloni normali devono avere un diametro uguale a quello del bullone, maggiorato di 1,0 mm fino al diametro 20 mm, e di 1,5 mm per diametri maggiori di 20 mm, fatta eccezione per le piastre di fondazione dove una tolleranza leggermente maggiore è accettabile. Nel caso si verifichi uno spostamento dei fori dal loro allineamento tra due flange, non è consentito allargare i fori stessi o distorcere il metallo per ottenere l'allineamento. Per bulloni e i fori di ventilazione nelle sezioni cave i fori saranno sigillati per evitare l'ingresso di umidità. Qualora le metodologie da utilizzare non fossero specificate negli elaborati di progetto, esse saranno definite dall'Appaltatore che le illustrerà nella propria dichiarazione di metodo.

### **Preparazione degli elementi da imbullonare**

Per tutti gli assemblaggi con bulloni, il grado di resistenza della combinazione bullone –dado -rondella deve rispettare quanto previsto o raccomandato nei relativi Standard.

### **Condizioni dei bulloni**

L'assemblaggio dei bulloni immediatamente prima l'installazione, deve essere in condizioni tali che il dado ruoti liberamente sul bullone.

### **Rondelle**

Ciascun unione bullonata deve contenere almeno una rondella posta al di sotto della parte che viene ruotata.

### **Rondelle a spessore variabile**

Tali rondelle saranno utilizzate sotto le teste dei bulloni o dadi che poggino su superfici inclinate di 3 o più gradi dal piano ad angolo retto con l'asse del bullone.

### **Bloccaggio dei bulloni**

I dadi utilizzati in giunzioni soggette a vibrazioni o sollecitazioni inverse saranno opportunamente bloccati. Qualora le metodologie da utilizzare non fossero specificate negli elaborati di progetto, esse saranno definite dall'impresa appaltatrice che le illustrerà nella propria dichiarazione di metodo.

### **Limiti di lunghezza**

La lunghezza del bullone deve essere tale che sia visibile almeno un filetto sopra al dado dopo il tiraggio, ed almeno un filetto oltre a quello finale sia libero tra il dado e la parte non filettata del bullone.

### **Tiraggio dei bulloni**



Le coppie di serraggio saranno conformi alle raccomandazioni contenute nell'Eurocodice 3. Il serraggio non dovrà mai essere spinto oltre il limite nominale per non compromettere la capacità dell'unione. La tolleranza sulle coppie di serraggio è del 10%.

Connessioni che permettono movimento – asole

Nel caso in cui siano indicati sui disegni dei fori asolati per permettere il movimento, il giunto deve essere assemblato in modo tale da consentire il movimento desiderato o prescritto.

Le connessioni con asole saranno realizzate utilizzando il seguente metodo:

- Il foro asolato deve essere di diametro maggiore rispetto a quello non asolato.
- Deve essere utilizzato un bullone del tipo a testa larga, con una rondella elastica sotto la testa, la quale poggia sulla superficie di contatto della parte non asolata.
- Una rondella piatta deve essere messa sotto il dado e questo deve essere serrato sulla parte non asolata.

É fatto severo divieto all'appaltatore di praticare asole alle connessioni la dove non fossero specificatamente prescritte dal progetto. Nel caso in cui questo divieto non venisse rispettato, la DL ordinerà l'immediata sostituzione dei pezzi in questione.

### **Connettori chimici**

Ove specificato sugli elaborati di progetto, l'uso di connettori che impieghino resine chimiche è consentito, purché le specifiche e modalità richieste dal produttore siano seguite scrupolosamente.

La scelta del tipo appropriato di connettore chimico, se non indicato sugli elaborati di progetto, verrà fatta dall'Impresa appaltatrice in base ai carichi e le funzioni che il connettore deve assolvere, previa approvazione della DL.

### **Tirafondi**

Durante le fasi di installazione tutti i bulloni di base dovranno essere assicurati saldamente in posizione. Durante tutte le fasi di costruzione tutti i bulloni, filettature e dadi dovranno essere protetti per prevenire danni, corrosione e contaminazione. Le cavità formate per alloggiare i bulloni di base dovranno essere mantenute libere e pulite da corpi estranei.

### **Protezione dalla corrosione – Zincatura**

Per le membrature metalliche (acciaio) si prevede un sistema di protezione per zincatura per immersione a caldo secondo UNI 5744/66. I sistemi di protezione dovranno essere preceduti dalla preparazione delle superfici, consistente in:

- sgrassaggio
- lavaggio
- decapaggio
- lavaggio
- flussaggio
- essiccamento

La preparazione, inoltre, dovrà prevedere:

- preparazione del supporto metallico con pulizia di sabbiatura al grado Sa21/2 secondo SSPC-SP10/63; procedura da effettuarsi esclusivamente con stato iniziale dell'acciaio A, B, C, D secondo standard fotografico SIS 055900/67. Raggiungere il grado di preparazione A21/2, B21/2, C21/2, D21/2. Qualora il supporto metallico non dovesse rispondere allo standard fotografico di cui sopra, esso dovrà essere portato a quello stato prima della preparazione successiva;
- preparazione del supporto metallico con pulizia di sabbiatura a metallo bianco al grado Sa3 secondo SSPC-SP5/63; procedura da effettuarsi esclusivamente con stato iniziale dell'acciaio A, B, C, D secondo standard fotografico SIS 055900/67. Raggiungere il grado di preparazione ASa3, Bsa3, Csa3.
- Quantità minima di zinco:
  - 500 g/m<sup>2</sup> per profilati, tubi, piatti, ecc.;
  - 375 g/m<sup>2</sup> per dadi e bulloni.

Lo zinco da impiegare nel bagno dovrà essere almeno di qualità Zn 99.9 secondo UNI 2013/74. Lo strato di zinco dovrà presentarsi uniforme ed esente da incrinature, scaglie, scorie ed analoghi difetti. Esso dovrà aderire tenacemente alla superficie del metallo base. Il controllo sarà effettuato in base alla CEI 7-6.

Sulle parti filettate, dopo la zincatura, non si dovranno effettuare ulteriori operazioni di finitura a mezzo utensile ad eccezione della filettatura dei dadi. Dopo la zincatura i dadi dovranno potersi avvitare agevolmente ai rispettivi bulloni e le rosette elastiche, gli spinotti, i colletti filettati ed i bulloni non dovranno aver subito deformazioni od alterazioni delle loro caratteristiche meccaniche.

## **CONTROLLI**

### **Conglomerato cementizio**

Il controllo di qualità del conglomerato viene eseguito in accordo con quanto previsto al punto 11.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018. Il conglomerato deve essere prodotto in controllo di qualità con lo scopo di monitorare l'effettiva rispondenza delle caratteristiche meccaniche con quanto definito in sede di progetto.

Si eseguiranno in cantiere Controlli di Accettazione durante l'esecuzione dell'opera contestualmente al getto del relativo componente strutturale e successive Prove complementari a completamento delle prove di accettazione (se ritenuto utile e/o necessario dalla direzione lavori) eseguite presso laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Durante l'esecuzione dei getti saranno prelevati dagli impasti provini da sottoporre a prova. Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera nei casseri ed alla presenza della Direzione Lavori, il calcestruzzo necessario per il confezionamento di un gruppo di 2 provini. La resistenza del prelievo sarà data dalla media delle resistenze a compressione dei due provini e tale valore costituisce valore di riferimento mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo si farà riferimento a quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1 ed UNI EN 12390-2. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo si farà riferimento a quanto indicato nella UNI EN 12390-4.

Per costruzioni con meno di 1500 mc di getto, è possibile eseguire un controllo tipo A riferito ad un quantitativo di miscela omogeneo non maggiore di 300 mc.

Ogni controllo di accettazione è rappresentato da 3 prelievi, ciascuno dei quali eseguiti su un massimo di 100 mc di getto di miscela omogenea. Risulterà pertanto un controllo di accettazione ogni 300 mc massimo di getto.

Per ogni giorno di getto andrà comunque effettuato almeno un prelievo (fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi è consentito derogare all'obbligo del prelievo giornaliero per getti inferiori a 100 mc).

Il controllo di accettazione è positivo e conseguentemente il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla tabella 11.2.I del punto 11.2.5 – Controllo di accettazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

Qualora la resistenza dei provini prelevati durante il getto non soddisfi i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista in fase di progetto, e/o su richiesta della direzione lavori, potranno essere eseguite prove non distruttive, da non intendersi sostitutive dei controlli di accettazione, in accordo con il punto 11.2.6 – Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

La direzione lavori si fa carico degli obblighi previsti al punto 11.2.5.3 – Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

### **Acciaio per calcestruzzo armato**

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e Uni EN ISO 15630-2.

I controlli di accettazione in cantiere devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.4 – Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018, in ragione di 3 spezzoni, marcati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita.

I valori minimi per quanto riguarda il controllo della resistenza e dell'allungamento, accertati in accordo al punto 11.3.2.3 – Accertamento delle proprietà meccaniche delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, sono riportati al punto 11.3.2.10.3 – Controlli nei centri di trasformazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato uniforme.

In caso contrario, salvo ulteriore indagine, il lotto deve essere respinto.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura della Direzione Lavori che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

### **Acciaio per carpenteria metallica**

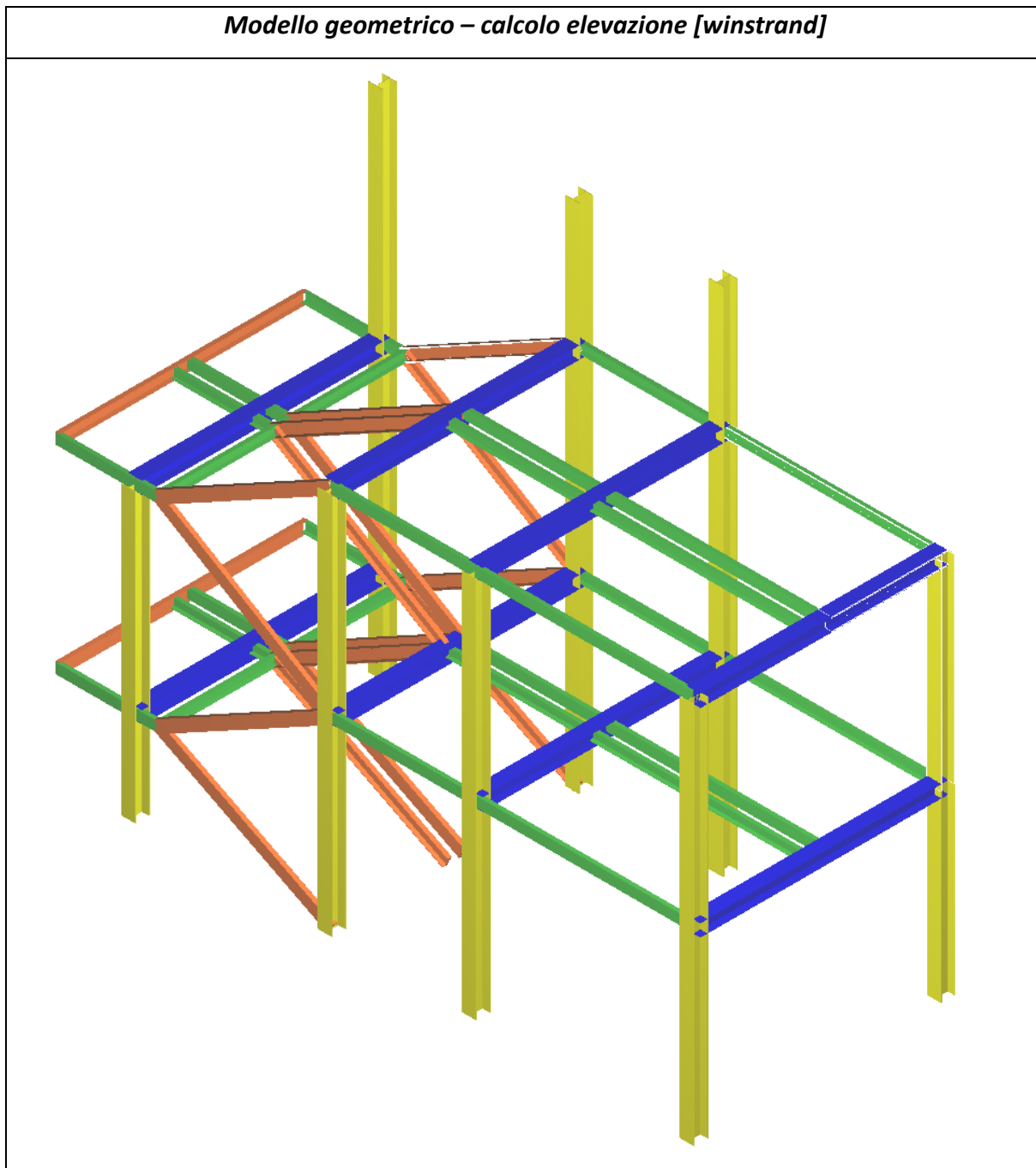
Sugli acciai impiegati saranno effettuati, a cura e discrezionalità della direzione lavori, effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 ton così come previsto al punto 11.3.4.11.3 – Controlli di accettazione in cantiere delle NTC 2018.

Per le forniture di elementi lavorati provenienti da un centro di trasformazione, a discrezione della Direzione lavori, i controlli, di cui sopra, potranno essere effettuati presso il medesimo centro di trasformazione. In tal caso il prelievo dei campioni potrà essere effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori.

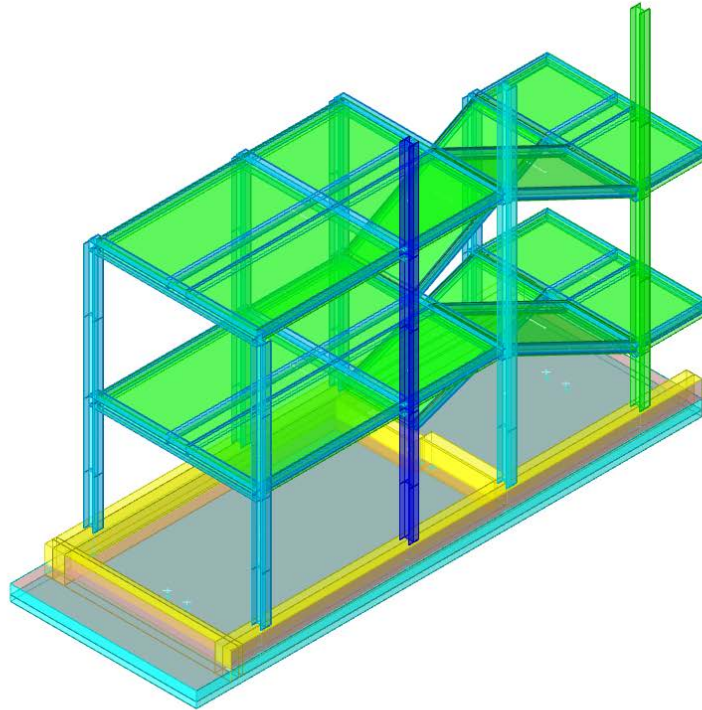
I campioni così controllati, saranno identificati ed etichettati dal Direttore dei Lavori e inviati presso un laboratorio ufficiale di prove sui materiali accompagnati da apposita richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei lavori stesso. Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al punto 11.3.3.5.3 delle NTC 2018.

### 3. ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE

*Modello geometrico – calcolo elevazione [winstrand]*



### *Modello geometrico - calcolo fondazione [sismicad]*



Il corpo di fabbrica è stato schematizzato mediante struttura spaziale a comportamento non dissipativo ( $q=1.5$ ) come previsto dal punto 7.3.1 del D.M. 17/1/2018.

Pertanto il valore del fattore di struttura “ $q=1.50$ ” utilizzato è coerente con la tipologia strutturale prevista.

Il calcolo è stato eseguito nello spirito del metodo degli Stati Limite considerando i seguenti gruppi di combinazioni di carico :

- 1) combinazioni di carico comprendenti gli effetti del sisma (agli SLD e SLV);
- 2) combinazioni delle condizioni di carico statiche che agiscono sulla struttura.

Per il dettaglio delle combinazioni di carico adottate si vedano i tabulati di calcolo allegati.

Il progetto delle strutture di fondazione e la verifica della capacità portante del terreno sono stati sviluppati secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3) come previsto dal 17/1/2018. Le fondazioni a platea sono state analizzate in un'altra modellazione schematizzandone il comportamento come quello di una lastra su suolo elastico (coefficiente di Winkler  $K=1.97\text{kg}/\text{cmc}$ ) sottoposta alle azioni della sovrastruttura in elevazione considerando l'interazione terreno-struttura; le dimensioni delle

fondazioni sono state verificate in modo che l'azione di progetto non superi la resistenza limite del terreno.

### g) INDICAZIONI DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI

Le combinazioni di carico adottate nelle analisi sono le seguenti:

- per le verifiche di resistenza agli (SLU) si è utilizzata la combinazione fondamentale (2.5.1) del D.M. 17/01/2018

$$1,3G_1 + 1,5G_2 + 1,5(Q_k + \psi_{01}Q_{k2})$$

- per le verifiche a deformabilità, fessurazione, tensioni di esercizio (nella struttura e in fondazione) sono state utilizzate le seguenti combinazioni di carico:

- combinazione rara (2.5.2)

$$G_1 + G_2 + Q_k + \psi_{02}Q_{k2}$$

- combinazione frequente (2.5.3)

$$G_1 + G_2 + \psi_{11}Q_k + \psi_{12}Q_{k2}$$

- combinazione quasi permanente (2.5.4)

$$G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_k + \psi_{22}Q_{k2}$$

- per le verifiche sismiche si è utilizzata la combinazione sismica (2.5.5)

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

Dove:

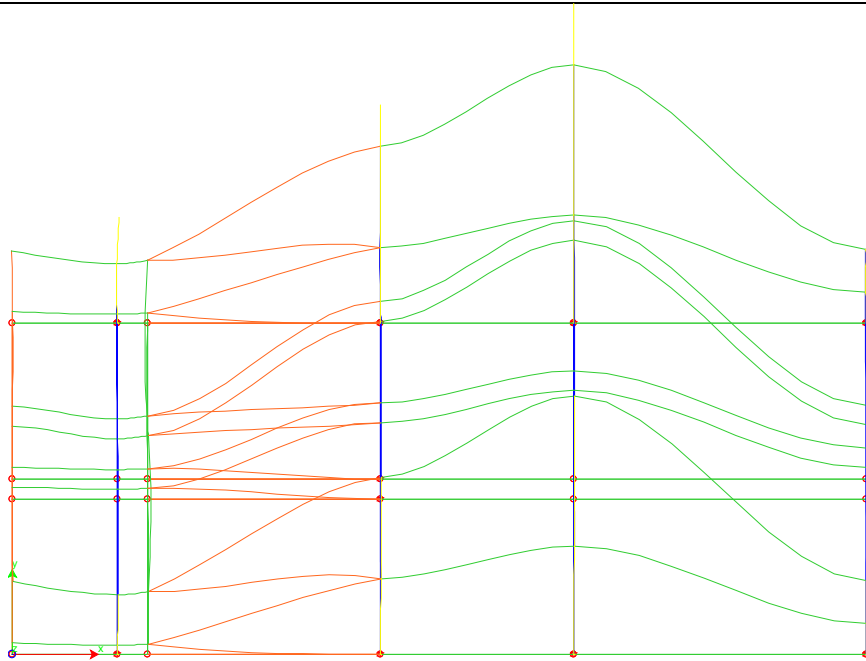
	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
per ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
per neve a quota <1000m s.l.m.	0.5	0.2	0.0
vento	0.6	0.2	0.0

### h) INDICAZIONE MOTIVATA DEL METODO DI ANALISI

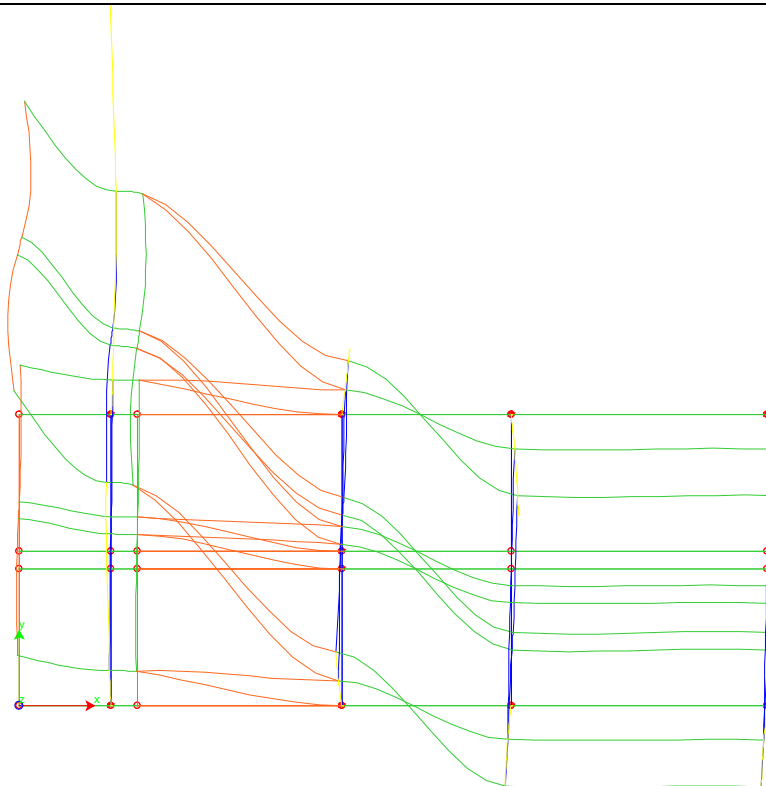
In conformità a quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018 le masse della struttura sottoposte al moto impresso dal sisma sono quelle del peso proprio e dei carichi permanenti nonché di un'aliquota dei carichi variabili secondo quanto indicato nella tabella 2.5.I del suddetto DM.

In particolare, sono stati considerati i modi di vibrare a cui corrisponde l'eccitazione di più dell'85% delle masse della struttura quindi le sollecitazioni e gli spostamenti complessivi sono stati calcolati mediante combinazione quadratica completa dei valori relativi a ciascun modo di vibrare.

**Primo modo di vibrare T=0.29s**

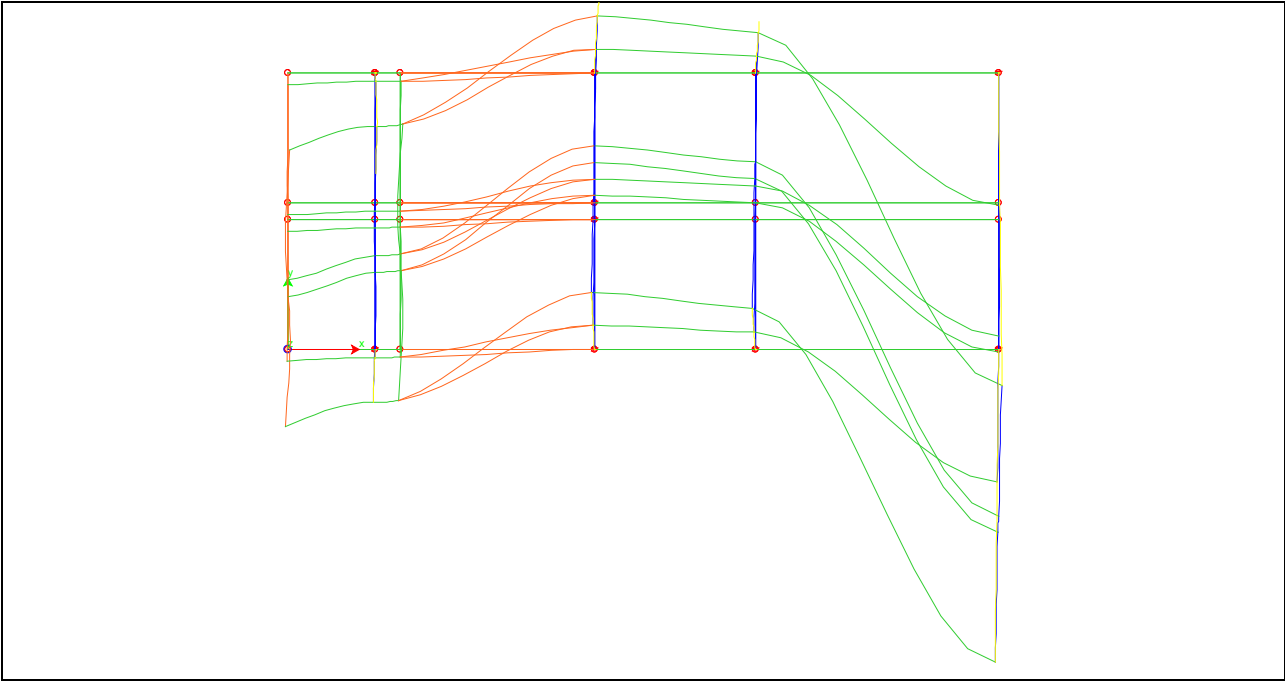


**Secondo modo di vibrare T=0.25s**



**Terzo modo di vibrare T=0.25s**



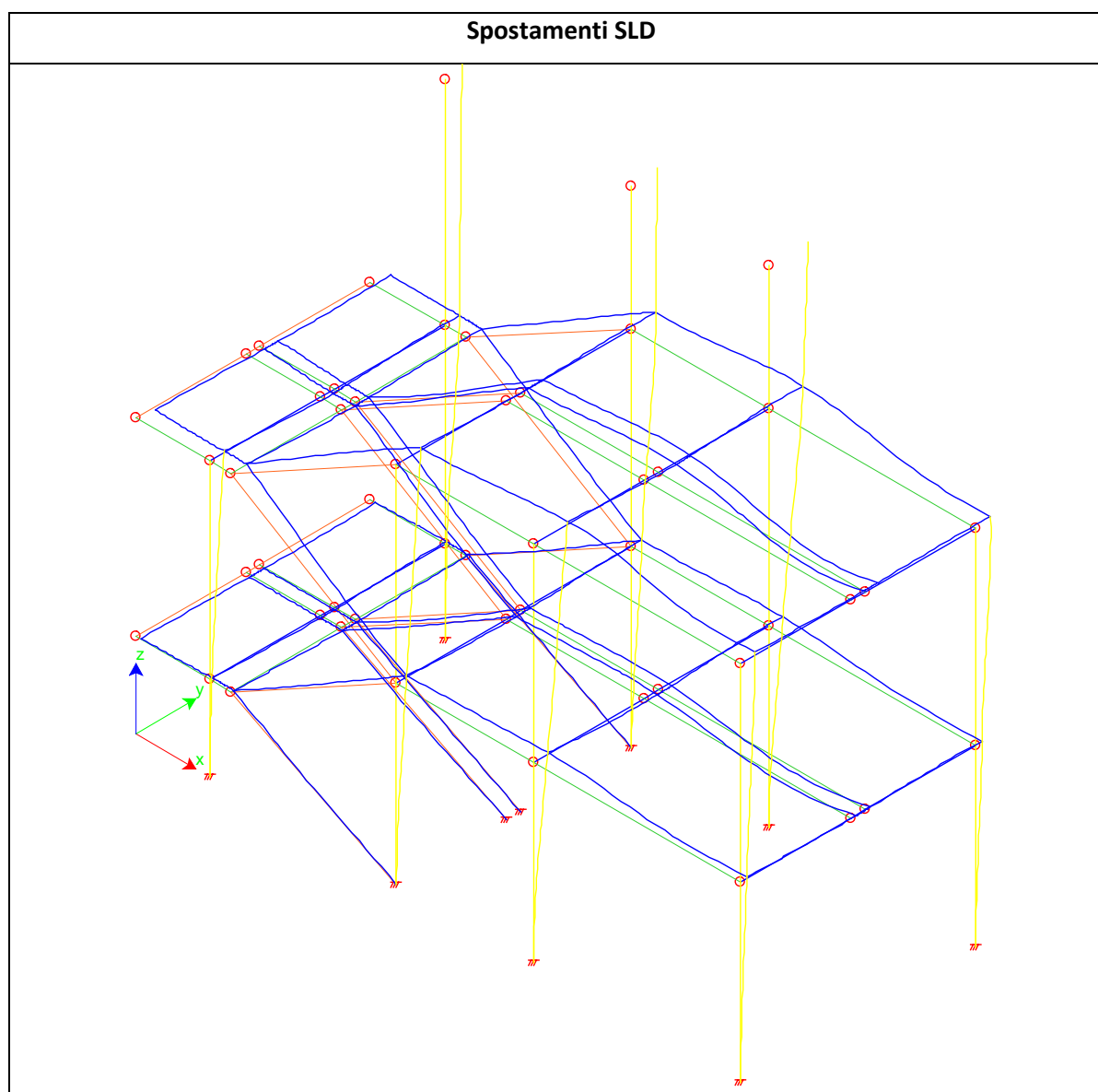


## i) CRITERI DI VERIFICA

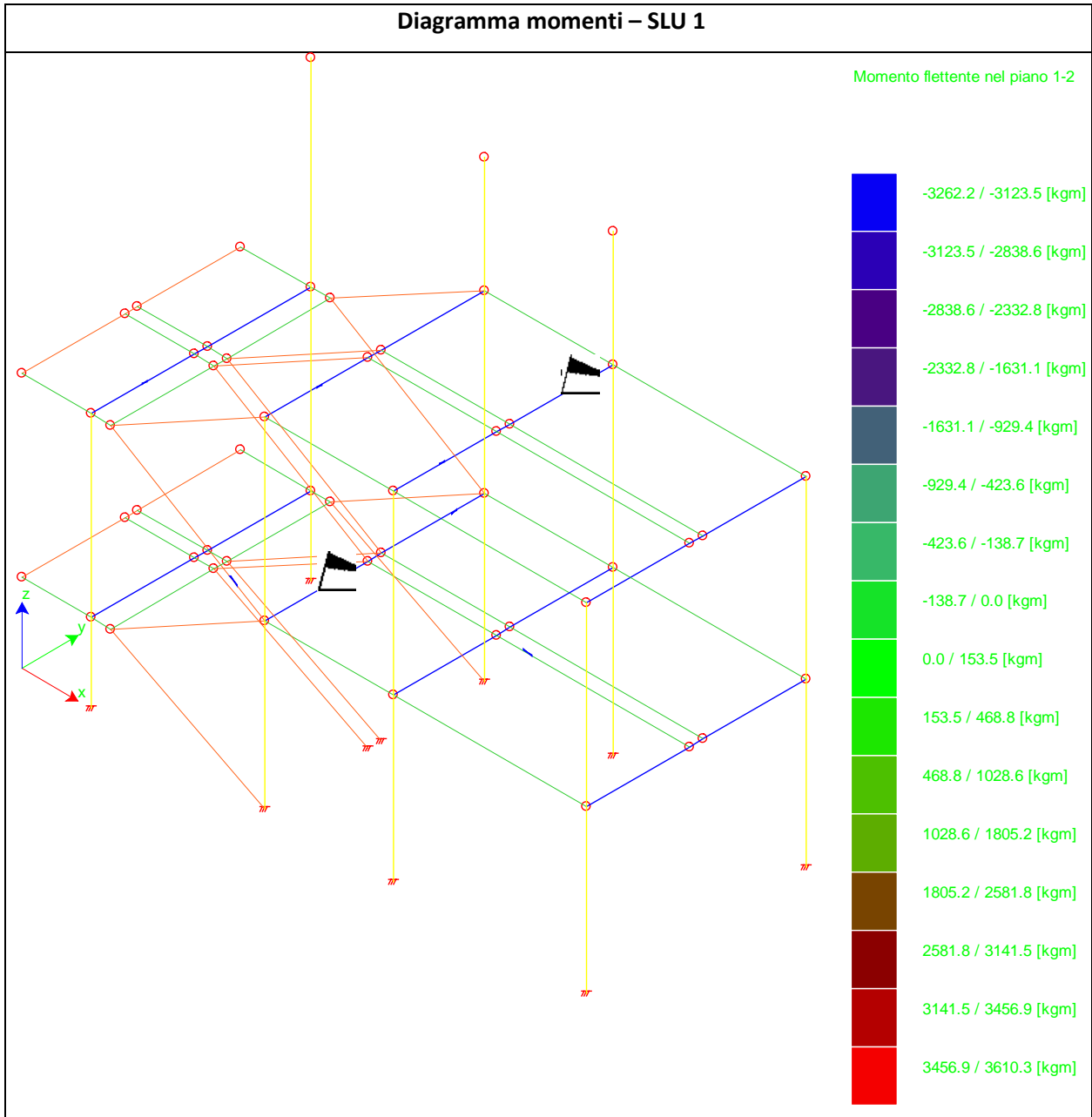
Le verifiche degli elementi strutturali, saranno eseguite mediante il metodo degli Stati Limite; per gli elementi strutturali non soggetti ad elevate sollecitazioni è stata omessa la verifica perché si ritiene manifestamente soddisfatta.

*Le armature riportate negli elaborati esecutivi sono state calcolate in funzione degli schemi risultanti e risultano sufficienti ad assorbire le sollecitazioni di calcolo e a soddisfare gli stati limite ultimi, di fessurazioni, deformazioni e limitazione delle tensioni.*

La struttura in progetto non prevede la realizzazione di tamponamenti esterni, in ogni caso si verificato lo spostamento di interpiano che per la struttura di progetto vale  $d_r < 2/3(0.005h)$  (dove h è l'altezza di interpiano).

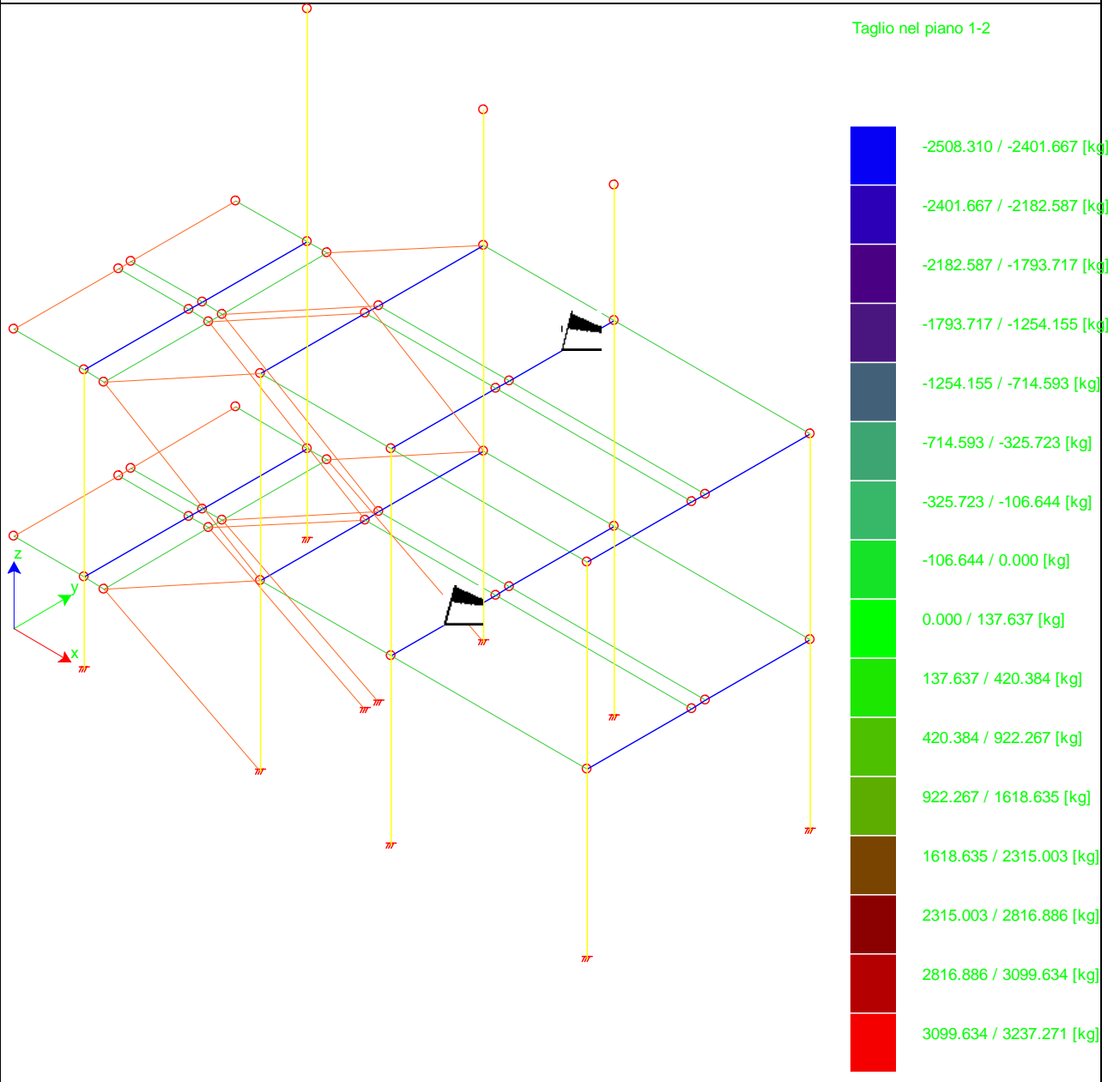


# j) RAPPRESENTAZIONE DEFORMATE E SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE

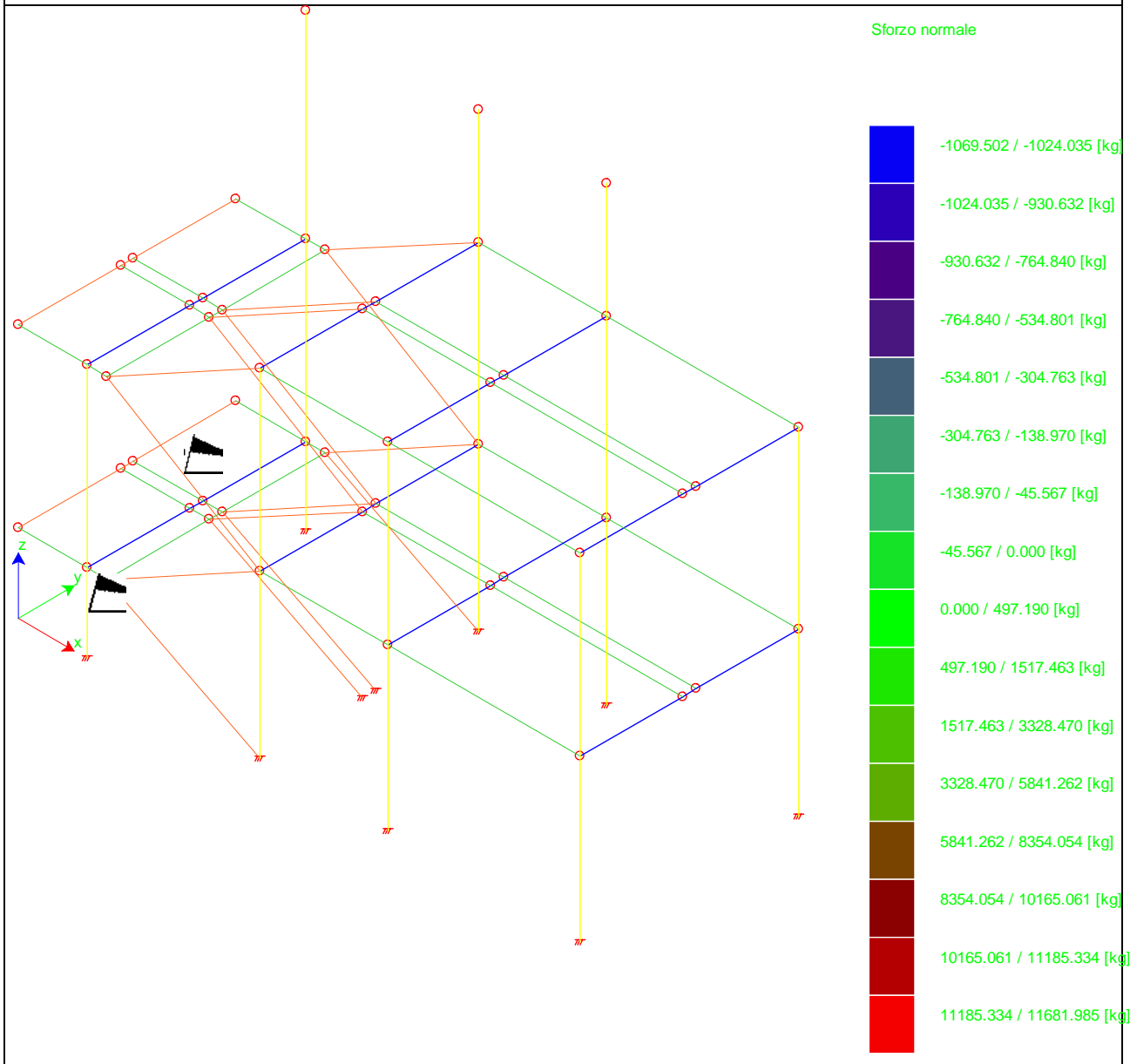


# Diagramma taglio – SLU

Taglio nel piano 1-2



# Diagramma Sforzo Normale Pilastri



## 4. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti. Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

### **k) CARATTERISTICHE E AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO**

Il programma adottato per la modellazione strutturale è il seguente:

Structural Analysis & Design

Ditta produttrice: **En.Ex.Sys.** s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Sigla: WinStrand

Piattaforma software: Microsoft Windows XP Home, Microsoft Windows XP Home Professional

Documentazione in uso: Manuale teorico - Manuale d'uso

Campo di applicazione: Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

#### ***-ELEMENTI FINITI IMPLEMENTATI***

- Truss.
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastri).
- Travi su suolo elastico alla Winckler.
- Plinti su suolo elastico alla Winckler.
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

#### ***- SCHEMI DI CARICO***

- Carichi nodali concentrati.

- Carichi applicati direttamente agli elementi.
- Carichi Superficiali.

#### **- TIPO DI RISOLUZIONE**

- Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.
- Fattorizzazione LDL<sup>T</sup>.
- Analisi Statica:
  - - modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.
    - ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).
- Analisi dinamica. (Nel caso di analisi modale gli autovettori ed autovalori possono essere calcolati mediante *subspace iteration* oppure tramite il *metodo dei vettori di Ritz*):
  - - Via statica equivalente.
    - Modale con il metodo dello spettro di risposta.

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

#### **La verifiche geotecniche verranno condotte con il programma di calcolo sismicad.**

##### **DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA SISMICAD**

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

##### **SPECIFICHE TECNICHE**

Denominazione del software: Sismicad 12

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 12.0

Identificatore licenza: SW-4156826

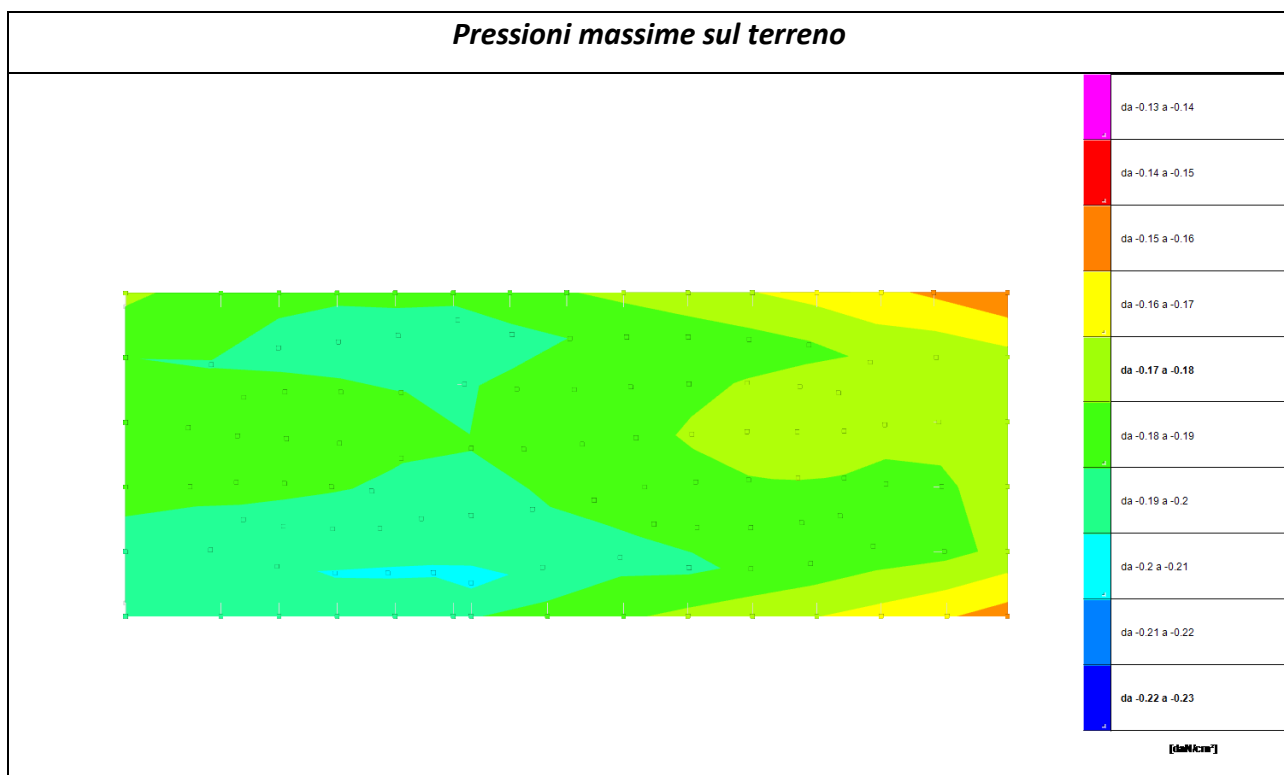
Intestatario della licenza: POLANI ING. ANDREA - VIA ARGIROCASTRO, 40 - (RA)

Versione regolarmente licenziata

## 5. STRUTTURE DI FONDAZIONE

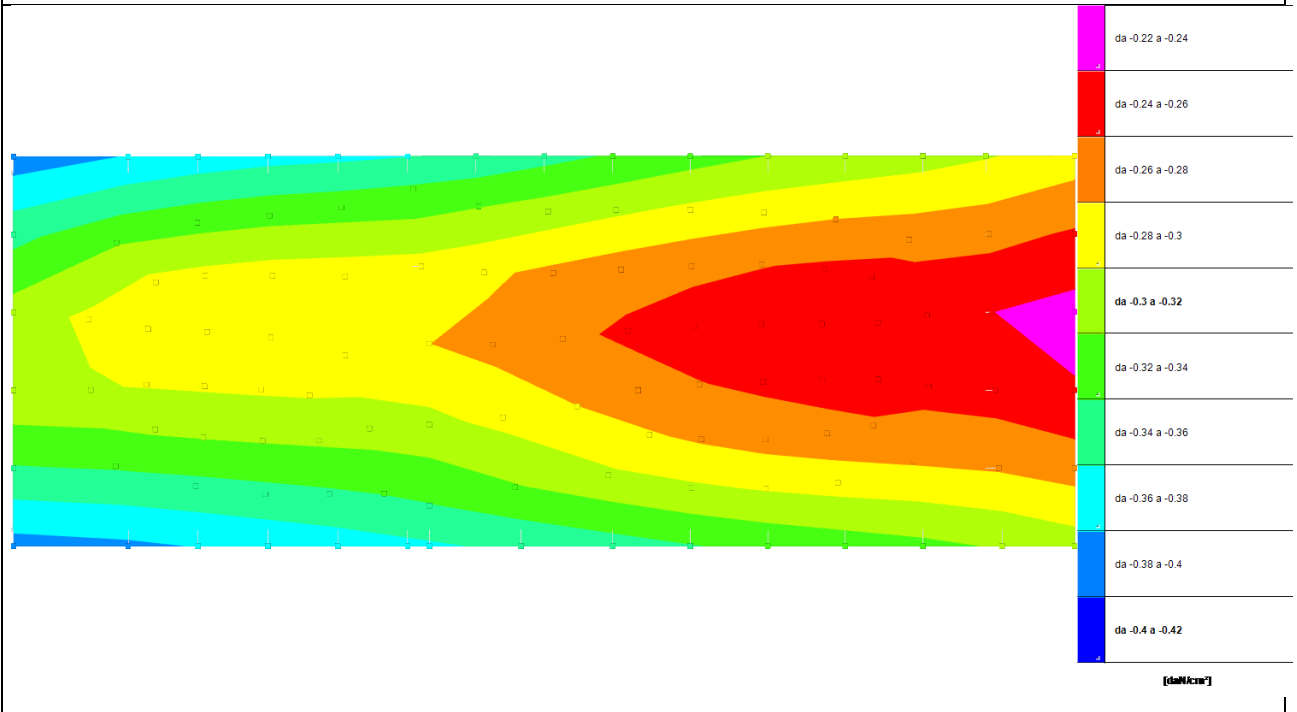
*Si riportano di seguito i diagrammi delle pressioni sul terreno.*

Le nuove fondazioni della scala saranno separate mediante giunto da quelle del fabbricato in ampliamento; si è comunque valutata l'interferenza tra i bulbi delle pressioni delle due fondazioni, che comporta una sovrapposizione delle linee di influenza con un incremento medio di carico valutato agli SLE R secondo l'approccio 2 inferiore a 0.40kg/cm<sup>2</sup> in corrispondenza della fondazione dell'ampliamento. Tale incremento risulta inferiore alla pressione limite della fondazione esistente. Pertanto si ritiene che l'interferenza delle fondazioni del fabbricato in ampliamento sia da considerarsi ininfluenza.





### Pressioni minime sul terreno



## 6. TABULATI DI CALCOLO E VERIFICHE

### 1.2. Giunto sismico.

Calcolo del **giunto sismico** tra la scala in acciaio ed il fabbricato in ampliamento al fine di evitare fenomeni di martellamento fra i corpi di fabbrica

Per il giunto in prossimità del fabbricato di nuova costruzione (US1) si ha:

Nodo numero: 211 [Solaio 2]

	Comb.	U <sub>x</sub> [cm]	U <sub>y</sub> [cm]	U <sub>z</sub> [cm]
1	1	0.00	-0.00	-0.06
2	2	1.37	0.44	-0.06
3	3	1.06	1.00	-0.04
4	4	1.33	-0.44	-0.06
5	5	1.02	-0.14	-0.05
6	6	0.33	1.44	-0.01
7	7	0.02	2.00	0.01
8	8	0.29	1.42	-0.01
9	9	-0.02	1.72	0.00
10	10	0.00	-0.00	-0.04
11	11	0.00	-0.00	-0.04
12	12	0.00	-0.00	-0.04
13	13	0.05	1.00	-0.04
14	14	0.04	1.29	-0.04
15	15	-0.04	-1.00	-0.04
16	16	-0.04	-1.29	-0.04
17	17	0.05	0.03	-0.03
18	18	0.05	0.32	-0.03
19	19	-0.05	-0.03	-0.05
20	20	-0.05	-0.32	-0.05
21	21	1.80	0.58	-0.06
22	22	1.39	1.31	-0.04
23	23	1.75	-0.58	-0.07
24	24	1.34	-0.18	-0.05
25	25	0.44	1.90	0.00
26	26	0.03	2.63	0.02
27	27	0.38	1.87	-0.01
28	28	-0.03	2.26	0.01

SLV1 – U<sub>x</sub> = 1.37 cm Nodo 211 – Edificio nuovo

	Comb.	Ux [cm]	Uy [cm]	Uz [cm]
1	1	-0,05	-0,30	-0,03
2	2	-0,04	-0,50	-0,02
3	3	0,14	0,47	-0,01
4	4	0,14	-0,47	-0,02
5	5	0,01	1,57	-0,01
6	6	-0,09	1,57	-0,00
7	7	-0,20	0,47	-0,01
8	8	-0,19	-0,47	-0,02
9	9	0,03	-1,56	-0,02
10	10	-0,07	-1,56	-0,02
11	11	-0,04	-0,20	-0,02
12	12	-0,03	-0,33	-0,02
13	13	-0,03	0,00	-0,02
14	14	-0,03	-0,07	-0,01
15	15	-0,03	0,00	-0,01
16	16	0,05	0,21	-0,01
17	17	0,05	-0,21	-0,02
18	18	-0,01	0,69	-0,01
19	19	-0,05	0,69	-0,01
20	20	-0,10	0,21	-0,01
21	21	-0,10	-0,20	-0,01
22	22	-0,00	-0,69	-0,02
23	23	-0,05	-0,69	-0,02
24	24	0,06	0,25	-0,01
25	25	0,07	-0,25	-0,02
26	26	-0,00	0,83	-0,01
27	27	-0,06	0,83	-0,01
28	28	-0,12	0,25	-0,01
29	29	-0,12	-0,25	-0,01
30	30	0,00	-0,82	-0,02
31	31	-0,05	-0,82	-0,02

SLV7 – U<sub>y</sub> = 1.56 cm Nodo 403 – Scala

$d_E = \mu_d * d_{Ee}$  [7.3.8 N.T.C. 2018]

dove:

$d_{Ee}$  = Spostamenti massimi ottenuti dall'analisi sismica allo SLV

$\mu_d = q$  se  $T_1 > T_c$  [7.3.9 N.T.C. 2018]

$\mu_d = 1 + (q-1) * T_c / T_1$  se  $T_1 < T_c$  [7.3.9 N.T.C. 2018]

e comunque in ogni caso  $\mu_d \leq 5 * q - 4$  [7.3.9 N.T.C. 2018]

EDIFICIO 1

Direzione:	x
Nodo:	211
Combinazione:	SLV 1
$d_{Ee}$ :	1,37 [cm]
$T_1$ :	0,79 [sec.]
$T_c$ :	0,48 [sec.]
q:	4,14
$\mu_d$ :	4,14000
$d_{E1} = \mu_d * d_{Ee}$ :	5,67 [cm]

H:	1155 [cm] Altezza del punto di massimo
$a_g/g$ :	0,2144
$S_5$ :	1,390 Amplificazione stratigrafica [Tab. 3]
$S_T$ :	1 Amplificazione topografica [Tab. 3.:
$S = S_5 * S_T$ :	1,668

EDIFICIO 2

Direzione:	y
Nodo:	403
Combinazione:	SLV7
$d_{Ee}$ :	1,56 [cm]
$T_1$ :	0,15 [sec.]
$T_c$ :	0,48 [sec.]
q:	1,5
$\mu_d$ :	2,60000
$d_{E2} = \mu_d * d_{Ee}$ :	4,06 [cm]

Giunto min. =  $d_{E1} + d_{E2}$  = 9,728 [cm]

Giunto di progetto = 25,0 [cm]

VERIFICATO

### 1.3. Verifica parapetti

$$H_k=200\text{kg/m}$$

$$h=1.00\text{m}$$

$$i=1.00\text{m}$$

$$M=1.5*200=300\text{kgm}$$

$$V=1.5*200=300\text{kg}$$

Profilo 60x60x3

S235J0

$$W_{pl}=14.00\text{cmc}$$

$$M_r=W_{fy}/1.05=313.33\text{kgm}>M\text{ ok}$$

$$A_v=3.3\text{cmq}$$

$$V_r=A_v f_y/\sqrt{3}*1.05=4264.14\text{kg}>V$$

Collegamento realizzato con n.4M8 cl.8.8 minima

$$V_r=4*1482\text{kg}=5928\text{kg} >V \quad \text{ok}$$

$$T=M/d=300/0.0402=7462.68\text{kg}/4=1865.67\text{kg} \quad \text{trazione singolo bullone}$$

$$V_t=2223\text{kg} >T \quad \text{ok}$$

#### Verifica collegamenti:

I collegamenti tra UPN, e tra UPN e trave HEA240 del telaio sono manifestamente soddisfatti, in quanto si trasmettono solo azioni taglianti, pertanto si omette di riportare le verifiche.

#### Giunto di collegamento Pilastro- Fondazione

(Verifica eseguita in CC2 per l'elemento più sollecitato pilastro 2)

$$N=8755.21\text{kg}$$

$$T_y=1469.12\text{kg}$$

$$T_x=210.765\text{kg}$$

$$M_x=-2859.4\text{kgm}$$

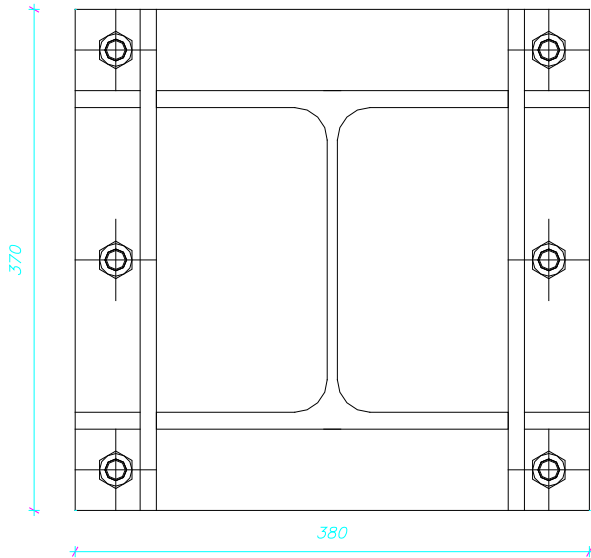
$$M_y=592.8\text{kgm}$$

Resistenza a taglio dei bulloni:

$$V_s = 1469.12\text{kg} = 14.69\text{kN}$$

n.6 Bulloni cl.8.8 d16

$$V \frac{0.6 f_{tb} A_{res}}{\gamma_{M2} R_{min}} > V_s$$



**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	37
3	38	37
4	38	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1.57	3	34
2	1.57	3	18.5
3	1.57	3	3
4	1.57	35	34
5	1.57	35	18.5
6	1.57	35	3

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

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

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

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="87.55"/>	<input type="text" value="87.55"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="-28.59"/>	<input type="text" value="-28.59"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="5.93"/>	<input type="text" value="5.93"/>

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

**Materiali**

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="275"/> 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="14.17"/>
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="1.375"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub>	<input type="text" value="9.75"/>
σ <sub>s,adm</sub>	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ <sub>co</sub>	<input type="text" value="0.6"/>
		τ <sub>cl</sub>	<input type="text" value="1.829"/>

σ <sub>c</sub>	<input type="text" value="-6.705"/> N/mm²		
σ <sub>s</sub>	<input type="text" value="163.7"/> N/mm²		
ε <sub>s</sub>	<input type="text" value="0.8186"/> ‰		
d	<input type="text" value="38.62"/> cm		
x	<input type="text" value="14.7"/>	x/d	<input type="text" value="0.3805"/>
		δ	<input type="text" value="0.9157"/>

**Verifica**  
 N° iterazioni:

Precompresso

σ<sub>max</sub> = -6.705 N/mm²

Determinata la posizione dell'asse neutro si passa alla determinazione del momento sulla piastra in corrispondenza del pilastro

T = 6101.85 kg

M = 244.07 kgm

Calcolo non considerando la presenza dei piatti di rinforzo

Si ottiene una piastra di spessore  $s$  pari a 20mm:

$$s = \sqrt{\frac{M_s \gamma_{m06}}{f_{yk} b}} = 12.13 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

Verifica tirafondi:

si determina la lunghezza minima di ancoraggio, necessaria per garantire che il tirafondo M16 non sia sradicato dalla platea a seguito dello sforzo di trazione massimo.

$$\sigma_s = 163.7 \text{ N/mm}^2$$

$$N = \sigma_s \cdot A_t = 163.7 \cdot 157 = 25700.9 \text{ n} \quad \text{sforzo di trazione massimo del tirante}$$

$A_t$  = area tirafondo

$$l = \frac{N}{\pi \varphi f_{bd, \min}} = 227.24 \text{ mm}$$

Dove:

$$f_{bd} = 2.25 f_{ctd} = 2.25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$\varphi$  diametro tirafondo

Verrà realizzato un tirafondo ancorato nel muretto di fondazione di lunghezza pari a 300mm, non è necessario l'utilizzo di un bolzone.

Giunto di collegamento pilastro HEA 260 - trave principale HEA 240

Sollecitazione massima trave

$$V = 3269.18 \text{ kg}$$

$$M = 3605.6 \text{ kgm}$$

Resistenza a taglio dei bulloni:

$$V_s = \frac{32.69}{8} = 4.086 \text{ kN} \quad \text{taglio su singolo bullone}$$

Bulloni cl.8.8 d14

$$V \frac{0.6 f_{tb} A_{res}}{\gamma_{M2} R_{min}} > V_s$$

Resistenza a trazione dei bulloni:

$$N_s = \frac{M_d \gamma_{imax}}{\sum y_i^2 \frac{36056 \cdot 220}{(60^2 + 140^2 + 220^2)}}$$

$$N_{sb} = \frac{N_s}{n_b} = \frac{110.79}{2} = 55.40kN \quad \text{sforzo normale su singolo bullone}$$

$$N \frac{0.9f_{tb}A_{res}}{\gamma_{M2} R_{min}} > N_s$$

$$\frac{N_s}{1.4N_{Rmin} \frac{V_s}{V_{Rmin}}}$$

Verifica rifollamento del piatto:

$$F_R = \frac{k\alpha f_{tk} d t}{\gamma_{M2}} = 88.20kN \quad \text{bulloni di bordo} \quad \text{OK}$$

Dove:

$$k=2.5$$

$$\alpha=0.729$$

Unione corrente tra UPN180

Unione corrente tra UPN200

Calcolo eseguito a favore di sicurezza per UPN 180. Sollecitazione massima UPN180

$$V=615.1kg$$

$$M=117.2kgm$$

Taglio assorbito dal coprigiunto:

Resistenza a taglio dei bulloni nel coprigiunto:

$$V_s = 6.15/8kg = 0.77kN$$

n.8 Bulloni cl.8.8 d12

$$V \frac{0.6f_{tb}A_{res}}{\gamma_{M2} R_{min}} > V_s$$

Momento assorbito da coprigiunto e piattabanda:

$$I_{tot}=I_c+2I_p$$

$$I_c=3111563mm^4$$

$$I_p = 4166.67mm^4$$

Coprigiunto:

$$M_c=M \cdot I_c / I_{tot} = 116.88kgm$$

$$V_s/2=307.5kg$$

$$M_v = V_s / 2 * 0.075 = 23.0625 \text{ kgm}$$

$$H_v = M_v / 0.085 = 271.32 \text{ kg}$$

$$H_c = M_c / 0.085 = 1375.13 \text{ kg}$$

$$H_s = H / n_{\text{bulloni}} = (271.32 / 2 + 1375.13 / 4) = 479.441 \text{ kg} = 4.79 \text{ kN}$$

$$V_{\text{tot}} = \sqrt{V_s^2 + H_s^2} = 4.85 \text{ kN} < V_r$$

Piattabanda:

$$M_p = 0.157 \text{ kgm}$$

$$N_s = M_p / d = 0.872 \text{ kg}$$

$N_s = V_s$  per i bulloni

Resistenza a taglio dei bulloni nel coprigiunto:

$$V_s = 0.872 \text{ kg} = 0.0087 \text{ kN}$$

n.4 Bulloni cl.8.8 d12

$$V \frac{0.6 f_{tb} A_{res}}{\gamma_{M2} R_{min}} > V_s$$

Verifica rifollamento del piatto:

$$F_R = \frac{k \alpha f_{tk} d t}{\gamma_{M2}} = 58.69 \text{ kN} \quad \text{bulloni di bordo} \quad \text{OK}$$

Dove:

$$k = 2.5$$

$$\alpha = 0.9$$



## 7. RELAZIONE SUI MATERIALI

Il calcestruzzo impiegato è **C25/30** con le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 35MPa$ ;
- resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 45MPa$ ;
- modulo di elasticità normale  $E = 31400MPa$ ;
- peso specifico medio  $\gamma = 25kN/m^3$ ;
- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$ ;

Le armature sono in acciaio **B450C** con le seguenti caratteristiche:

- tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} = 450MPa$ ;
- tensione di rottura caratteristica  $f_{tk} = 540MPa$ ;
- modulo di elasticità normale  $E = 200000MPa$ ;
- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_s = 1.15$ ;

L'acciaio da carpenteria impiegato è **S275J0** con le caratteristiche seguenti:

- modulo di elasticità  $E = 210000MPa$
- carico di rottura alla trazione  $f_{tk} = 430MPa$
- carico di snervamento alla trazione  $f_{tk} = 275MPa$
- peso specifico  $\gamma = 7,87kN/m^3$
- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_{M0} = 1.05$ ;  $\gamma_{M2} = 1.25$

## 8. TABULATI DI CALCOLO

### VERIFICA PILASTRI SEZIONE 1 PROFILO HEA 260 Pilastri

Tipo di verifica da eseguire:

- Resistenza (Componenti Azioni Interna)..... : - N - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2 ..... : Profilo singolo
- Instabilità Nel Piano 1/3 ..... : Profilo singolo
- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna). : N - Mx - My
- Instabilità Flesso-Torsionale ..... : A doppio T

- Acciaio tipo ..... : **Acciaio**
- Tensione di Snervamento ..... : 2750.000 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tensione di Rottura ..... : 4300.000 [kg/cm<sup>2</sup>]

Asta		Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	
208	408	3.50	31.9	53.9	1	0.09	6	1	0.01	1	1	0.02	1	1	0.10	5	1	0.09	6	
8	208	3.23	29.4	49.8	1	0.11	6	1	0.03	1	1	0.03	1	1	0.12	5	1	0.11	6	
407	507	2.28	20.8	35.1	1	0.02	2	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.02	2	1	0.02	2	
207	407	3.50	31.9	53.9	1	0.17	5	1	0.03	1	1	0.03	1	1	0.18	6	1	0.17	5	
7	207	3.23	29.4	49.8	1	0.22	5	1	0.05	1	1	0.06	1	1	0.25	5	1	0.22	5	
406	506	2.28	20.8	35.1	1	0.04	2	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.04	2	1	0.04	2	
206	406	3.50	31.9	53.9	1	0.13	5	1	0.02	1	1	0.02	1	1	0.13	5	1	0.13	5	
6	206	3.23	29.4	49.8	1	0.17	5	1	0.06	3	1	0.06	3	1	0.20	5	1	0.17	5	
305	505	3.95	36.0	60.8	1	0.10	2	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.13	2	1	0.13	2	
105	305	3.50	31.9	53.9	1	0.13	6	1	0.04	7	1	0.04	7	1	0.14	6	1	0.13	6	
5	105	1.56	14.2	24.0	1	0.12	6	1	0.07	7	1	0.07	7	1	0.14	6	1	0.12	6	
204	404	3.50	31.9	53.9	1	0.09	10	1	0.02	1	1	0.02	1	1	0.10	9	1	0.09	10	
4	204	3.23	29.4	49.8	1	0.11	10	1	0.03	1	1	0.04	1	1	0.12	9	1	0.11	10	
203	403	3.50	31.9	53.9	1	0.18	9	1	0.03	1	1	0.03	1	1	0.19	10	1	0.18	9	
3	203	3.23	29.4	49.8	1	0.22	9	1	0.06	1	1	0.07	1	1	0.25	10	1	0.22	9	
202	402	3.50	31.9	53.9	1	0.13	9	1	0.02	1	1	0.02	1	1	0.13	9	1	0.13	9	
2	202	3.23	29.4	49.8	1	0.17	9	1	0.05	4	1	0.06	4	1	0.20	9	1	0.17	9	
101	301	3.50	31.9	53.9	1	0.14	10	1	0.03	8	1	0.04	8	1	0.15	10	1	0.14	10	
1	101	1.56	14.2	24.0	1	0.12	10	1	0.06	8	1	0.07	8	1	0.14	10	1	0.12	10	

### VERIFICA TRAVI SEZIONE 1 PROFILO HEA 240 TR HEA 240

Tipo di verifica da eseguire:

- Resistenza (Componenti Azioni Interna)..... : - N - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2 ..... : Profilo singolo
- Instabilità Nel Piano 1/3 ..... : Profilo singolo
- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna). : N - Mx - My
- Instabilità Flesso-Torsionale ..... : A doppio T

- Acciaio tipo ..... : **Acciaio**
- Tensione di Snervamento ..... : 2750.000 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tensione di Rottura ..... : 4300.000 [kg/cm<sup>2</sup>]

Asta		Luce [m]	Snellezza		Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A		1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
412	408	2.05	20.4	34.2	1	0.11	6	1	0.00	6	1	0.00	6	1	0.13	6	1	0.12	6
405	412	0.26	2.6	4.3	1	0.09	8	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.10	8	1	0.08	1
404	405	2.05	20.4	34.2	1	0.11	10	1	0.00	10	1	0.00	10	1	0.13	10	1	0.12	10
411	407	2.05	20.4	34.2	1	0.23	5	1	0.01	1	1	0.01	1	1	0.26	5	1	0.25	5
401	411	0.26	2.6	4.3	1	0.17	1	1	0.01	1	1	0.01	1	1	0.19	1	1	0.17	1
403	401	2.05	20.4	34.2	1	0.22	9	1	0.01	1	1	0.01	1	1	0.26	9	1	0.25	9
410	406	2.05	20.4	34.2	1	0.16	5	1	0.01	2	1	0.01	2	1	0.19	5	1	0.18	5
409	410	0.26	2.6	4.3	1	0.12	1	1	0.01	2	1	0.01	2	1	0.13	1	1	0.12	1
402	409	2.05	20.4	34.2	1	0.16	9	1	0.01	2	1	0.01	2	1	0.19	9	1	0.18	9
309	305	2.05	20.4	34.2	1	0.18	6	1	0.01	2	1	0.01	2	1	0.21	6	1	0.20	6
306	309	0.26	2.6	4.3	1	0.14	1	1	0.01	2	1	0.01	2	1	0.15	7	1	0.14	1
301	306	2.05	20.4	34.2	1	0.17	10	1	0.01	2	1	0.01	2	1	0.20	2	1	0.19	10
212	208	2.05	20.4	34.2	1	0.14	6	1	0.00	6	1	0.00	6	1	0.16	6	1	0.16	6
205	212	0.26	2.6	4.3	1	0.07	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.07	1
204	205	2.05	20.4	34.2	1	0.14	10	1	0.00	10	1	0.00	10	1	0.16	10	1	0.16	10
211	207	2.05	20.4	34.2	1	0.30	5	1	0.00	6	1	0.00	6	1	0.34	5	1	0.34	5
201	211	0.26	2.6	4.3	1	0.16	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.16	1
203	201	2.05	20.4	34.2	1	0.30	9	1	0.00	10	1	0.00	10	1	0.34	9	1	0.34	9
210	206	2.05	20.4	34.2	1	0.25	5	1	0.00	2	1	0.00	2	1	0.28	5	1	0.27	5
209	210	0.26	2.6	4.3	1	0.14	1	1	0.00	2	1	0.00	2	1	0.11	2	1	0.14	1
202	209	2.05	20.4	34.2	1	0.25	9	1	0.00	2	1	0.00	2	1	0.28	9	1	0.27	9
109	105	2.05	20.4	34.2	1	0.18	6	1	0.00	6	1	0.00	6	1	0.20	6	1	0.20	6
106	109	0.26	2.6	4.3	1	0.12	7	1	0.00	7	1	0.00	7	1	0.13	7	1	0.12	7
101	106	2.05	20.4	34.2	1	0.18	10	1	0.00	10	1	0.00	10	1	0.20	10	1	0.20	10

### VERIFICA TRAVI SEZIONE 2 PROFILO UPN 200 TR UPN 200 - Rampe

Tipo di verifica da eseguire:

- Resistenza (Componenti Azioni Interna)..... : - N - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2 ..... : Profilo singolo
- Instabilità Nel Piano 1/3 ..... : Profilo singolo
- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna). : N - Mx - My
- Instabilità Flesso-Torsionale ..... : Non richiesta

- Acciaio tipo ..... : **Acciaio**
- Tensione di Snervamento ..... : 2750.000 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tensione di Rottura ..... : 4300.000 [kg/cm<sup>2</sup>]

Asta		Luce [m]	Snellezza		Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da	A		1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
312	406	3.49	45.2	162.8	1	0.14	8	1	0.05	7	1	0.18	7	1	0.21	8
410	310	3.49	45.2	162.8	1	0.14	6	1	0.01	8	1	0.06	8	1	0.10	10
307	409	3.49	45.2	162.8	1	0.12	10	1	0.01	7	1	0.03	7	1	0.09	6
308	311	2.05	26.6	95.7	1	0.08	8	1	0.00	9	1	0.00	9	1	0.05	10
304	308	0.26	3.4	12.1	1	0.13	10	1	0.00	3	1	0.00	3	1	0.06	9
302	304	2.05	26.6	95.7	1	0.08	7	1	0.00	5	1	0.00	5	1	0.04	6
303	402	3.49	45.2	162.8	1	0.11	7	1	0.04	8	1	0.13	8	1	0.18	7
210	310	3.57	46.3	166.5	1	0.08	6	1	0.02	3	1	0.08	3	1	0.10	3
307	209	3.57	46.3	166.5	1	0.14	1	1	0.02	4	1	0.09	4	1	0.14	1
206	312	3.57	46.3	166.5	1	0.12	8	1	0.05	3	1	0.20	3	1	0.22	3
202	303	3.57	46.3	166.5	1	0.13	1	1	0.05	3	1	0.18	3	1	0.21	4
112	206	3.49	45.2	162.8	1	0.14	7	1	0.08	8	1	0.29	8	1	0.31	8
210	110	3.49	45.2	162.8	1	0.15	1	1	0.02	8	1	0.09	8	1	0.14	1
107	209	3.49	45.2	162.8	1	0.10	9	1	0.02	7	1	0.08	7	1	0.10	7
108	111	2.05	26.6	95.7	1	0.05	8	1	0.00	9	1	0.00	9	1	0.04	8
104	108	0.26	3.4	12.1	1	0.10	6	1	0.00	4	1	0.00	4	1	0.02	4
102	104	2.05	26.6	95.7	1	0.05	7	1	0.00	5	1	0.00	5	1	0.04	7
103	202	3.49	45.2	162.8	1	0.10	7	1	0.06	8	1	0.24	8	1	0.27	8
10	110	3.43	44.6	160.4	1	0.10	7	1	0.03	3	1	0.10	3	1	0.11	3
107	9	3.43	44.6	160.4	1	0.20	1	1	0.03	4	1	0.12	4	1	0.21	1
6	112	3.43	44.6	160.4	1	0.13	8	1	0.06	3	1	0.22	3	1	0.23	3
2	103	3.43	44.6	160.4	1	0.15	1	1	0.05	4	1	0.20	4	1	0.23	4

### VERIFICA TRAVI SEZIONE 3 PROFILO UPN 180 TR UPN 160 - Rampe

Tipo di verifica da eseguire:

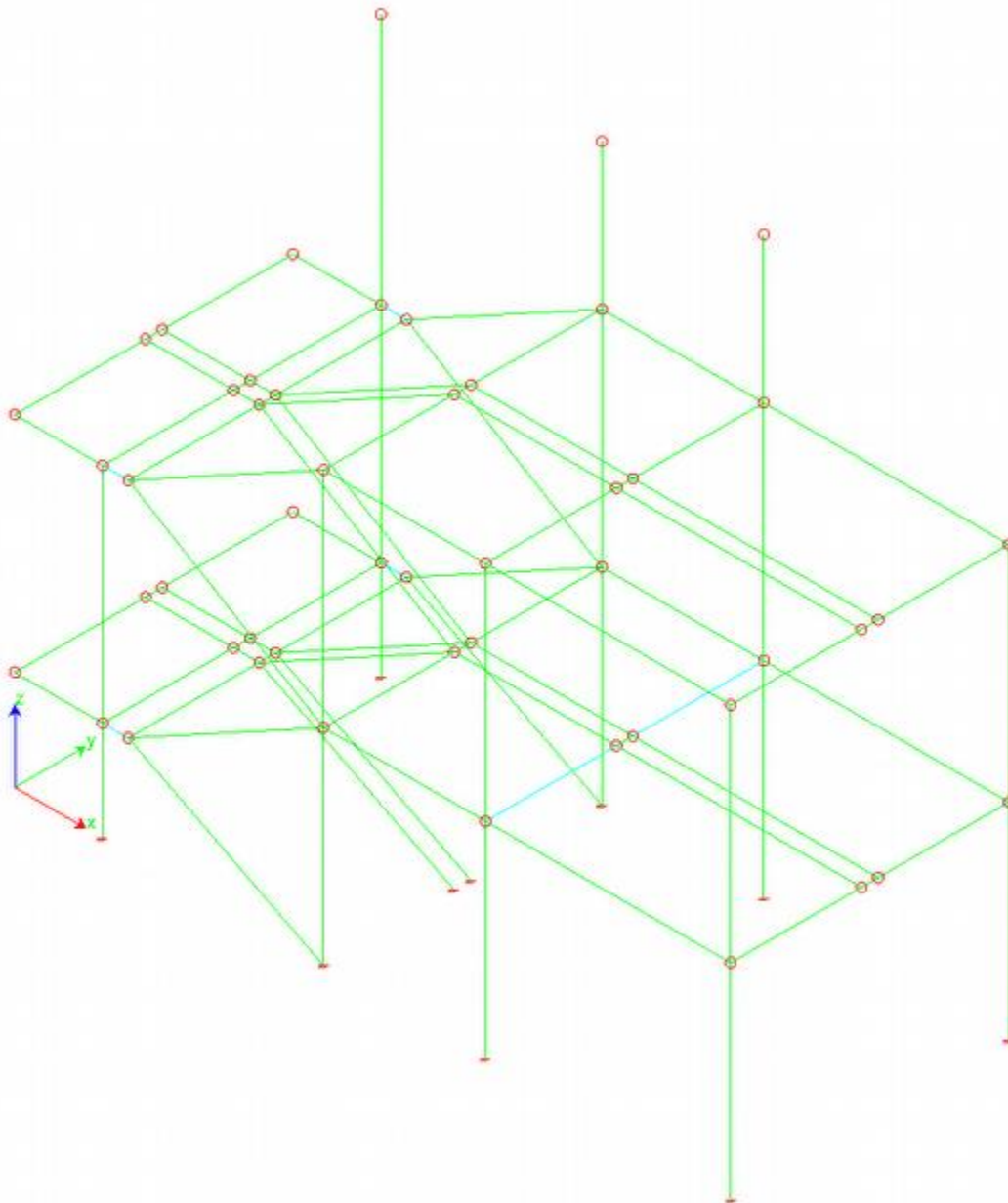
- Resistenza (Componenti Azioni Interna)..... : - N - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2 ..... : Profilo singolo
- Instabilità Nel Piano 1/3 ..... : Profilo singolo

- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna). : N - Mx - My
- Instabilità Flesso-Torsionale ..... : Non richiesta

- Acciaio tipo ..... : **Acciaio**
- Tensione di Snervamento ..... : 2750.000 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tensione di Rottura ..... : 4300.000 [kg/cm<sup>2</sup>]

Asta		Luce			Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.			
407	408	3.84	55.2	190.7	1	0.23	10	1	0.02	8	1	0.07	8	1	0.21	1			
406	407	2.54	36.5	126.1	1	0.21	7	1	0.03	8	1	0.07	8	1	0.17	7			
401	405	3.84	55.2	190.7	1	0.21	1	1	0.00	7	1	0.01	7	1	0.12	5			
412	411	3.84	55.2	190.7	1	0.21	1	1	0.00	8	1	0.01	8	1	0.11	10			
409	401	2.54	36.5	126.1	1	0.21	1	1	0.01	7	1	0.02	7	1	0.12	5			
411	410	2.54	36.5	126.1	1	0.20	1	1	0.01	8	1	0.02	8	1	0.11	10			
404	403	3.84	55.2	190.7	1	0.23	6	1	0.02	7	1	0.07	7	1	0.21	1			
403	402	2.54	36.5	126.1	1	0.19	8	1	0.02	7	1	0.06	7	1	0.15	8			
310	312	2.05	29.5	101.8	1	0.09	7	1	0.01	8	1	0.01	8	1	0.09	1			
307	310	0.26	3.7	12.9	1	0.17	10	1	0.01	8	1	0.01	8	1	0.10	10			
303	307	2.05	29.5	101.8	1	0.09	8	1	0.01	7	1	0.01	7	1	0.07	7			
312	305	0.40	5.7	19.9	1	0.43	8	1	0.01	3	1	0.01	3	1	0.17	3			
305	311	1.38	19.8	68.5	1	0.21	10	1	0.00	3	1	0.00	3	1	0.12	9			
306	307	0.40	5.7	19.9	1	0.18	10	1	0.01	10	1	0.01	10	1	0.13	1			
310	309	0.40	5.7	19.9	1	0.18	6	1	0.01	6	1	0.01	6	1	0.12	5			
304	306	1.38	19.8	68.5	1	0.24	9	1	0.01	9	1	0.02	9	1	0.15	9			
309	308	1.38	19.8	68.5	1	0.24	5	1	0.01	5	1	0.02	5	1	0.15	5			
303	301	0.40	5.7	19.9	1	0.39	8	1	0.01	4	1	0.01	4	1	0.14	4			
301	302	1.38	19.8	68.5	1	0.21	1	1	0.00	4	1	0.00	4	1	0.13	9			
207	208	3.84	55.2	190.7	1	0.22	1	1	0.00	8	1	0.02	8	1	0.13	8			
206	207	2.54	36.5	126.1	1	0.15	7	1	0.01	8	1	0.03	8	1	0.12	7			
212	211	3.84	55.2	190.7	1	0.20	1	1	0.00	8	1	0.01	8	1	0.10	8			
201	205	3.84	55.2	190.7	1	0.20	1	1	0.00	7	1	0.01	7	1	0.15	2			
211	210	2.54	36.5	126.1	1	0.21	1	1	0.00	8	1	0.01	8	1	0.15	2			
209	201	2.54	36.5	126.1	1	0.20	1	1	0.00	8	1	0.01	8	1	0.12	8			
204	203	3.84	55.2	190.7	1	0.20	1	1	0.00	7	1	0.02	7	1	0.13	7			
203	202	2.54	36.5	126.1	1	0.15	8	1	0.01	7	1	0.03	7	1	0.12	8			
110	112	2.05	29.5	101.8	1	0.06	8	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.06	8			
107	110	0.26	3.7	12.9	1	0.10	10	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.07	8			
103	107	2.05	29.5	101.8	1	0.06	7	1	0.00	6	1	0.00	6	1	0.06	7			

112	105	0.40	5.7	19.9	1	0.39	7	1	0.01	7	1	0.01	7	1	0.36	8
105	111	1.38	19.8	68.5	1	0.21	1	1	0.00	3	1	0.00	3	1	0.11	5
110	109	0.40	5.7	19.9	1	0.16	4	1	0.01	5	1	0.01	5	1	0.14	3
106	107	0.40	5.7	19.9	1	0.16	3	1	0.01	9	1	0.01	9	1	0.15	4
109	108	1.38	19.8	68.5	1	0.19	5	1	0.01	5	1	0.01	5	1	0.13	1
104	106	1.38	19.8	68.5	1	0.19	9	1	0.01	9	1	0.01	9	1	0.14	1
103	101	0.40	5.7	19.9	1	0.36	8	1	0.01	8	1	0.01	8	1	0.33	7
101	102	1.38	19.8	68.5	1	0.21	1	1	0.00	4	1	0.00	4	1	0.11	9





## 9. Verifica fondazioni.

La **struttura in oggetto** è stata analizzata secondo la norma D.M. 17-01-18 (N.T.C.), considerandola come tipo di costruzione 2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari. In particolare si è prevista, in accordo con il committente, una vita nominale dell'opera di  $V_n=50$  anni per una classe d'uso III, e quindi una vita di riferimento di 75 anni (NTC18 e NTC08 §2.4.3).

L'opera è edificata in località Ravenna, Lugo; Latitudine ED50 44,4148° (44° 24' 53"); Longitudine ED50 11,9086° (11° 54' 31"); Altitudine s.l.m. 18,24 m. (coordinate esatte: 44,4148 11,9086).

La pericolosità sismica di base del sito di costruzione è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo in condizioni ideali su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. I tre parametri fondamentali (accelerazione  $a_g$ , fattore di amplificazione  $F_o$  e periodo  $T^*C$ ) si ricavano per ciascun nodo del del reticolo di riferimento in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  previsto, espresso in anni; quest'ultimo è noto una volta fissate la vita di riferimento  $V_r$  della costruzione e la probabilità di superamento attesa nell'arco della vita di riferimento. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{Vr}$  cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportate nella tabella 3.2.I del §3.2.1 della norma; i valori di  $P_{Vr}$  forniti in tabella possono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Nella presente progettazione si sono considerati i seguenti parametri sismici:

PVr (%)	63	SLD
Tr SLD	75.43	
Ag/g SLD	0.0865	
Fo SLD	2.434	
Tc* SLD	0.281 [s]	
PVr (%)	10	SLV
Tr SLV	711.84	
Ag/g SLV	0.2145	
Fo SLV	2.409	
Tc* SLV	0.311 [s]	



## Risposta sismica locale

Le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Gli effetti stratigrafici sono legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno. Gli effetti topografici sono invece legati alla configurazione topografica del piano campagna ed alla possibile focalizzazione delle onde sismiche in punti particolari (pendii, creste).

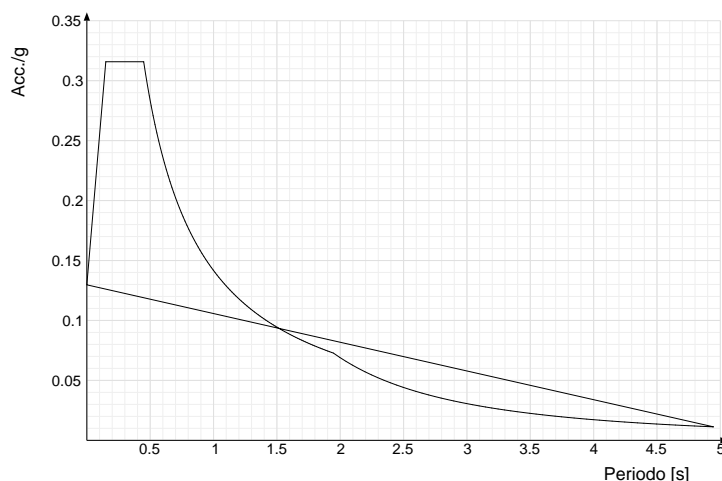
Nella presente progettazione l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato individuando la categoria di sottosuolo di riferimento corrispondente alla situazione in sito e considerando le condizioni topografiche locali (NTC18 e NTC08 §3.2.2). Per la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_S$  la caratterizzazione geotecnica condotta nel volume significativo consente di identificare il sottosuolo prevalente nella categoria C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (NTC18 e NTC08 Tab. 3.2.II).

**Categoria topografica T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

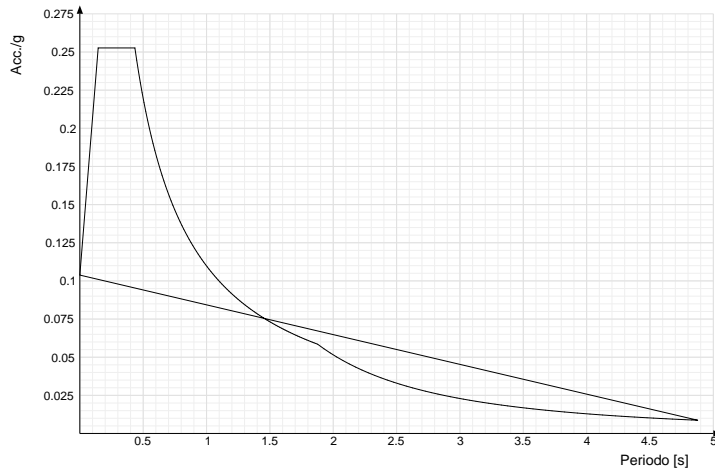
In base alle categorie scelte si sono infine adottati i seguenti coefficienti di amplificazione e spettrali:

Si riportano infine gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

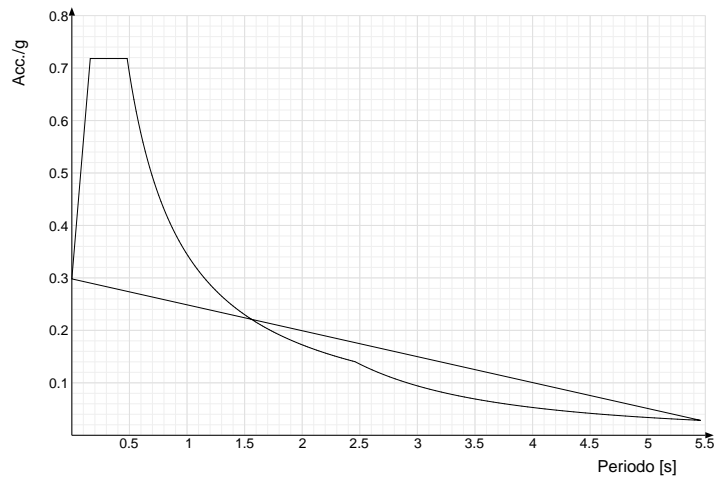
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 [3.2.2]".



Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLO § 3.2.3.2.1 [3.2.2]".



Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 [3.2.2]".



### Parametri di analisi

Si è condotta una analisi di tipo Lineare dinamica su una costruzione di acciaio.

Le parti strutturali in acciaio sono inquadrabili nella tipologia , con rapporto  $\alpha U/\alpha 1$  corrispondente a 1.5.

Altri parametri che influenzano l'azione sismica di progetto sono riassunti in questo prospetto:

Smorzamento (%)		5	viscoso
Rotazione sisma		0 [deg]	del
Quota sismico	dello	0 [cm]	'0'

Nell'analisi dinamica modale si sono analizzati 30 modi di vibrare valutati secondo il metodo di Ritz.

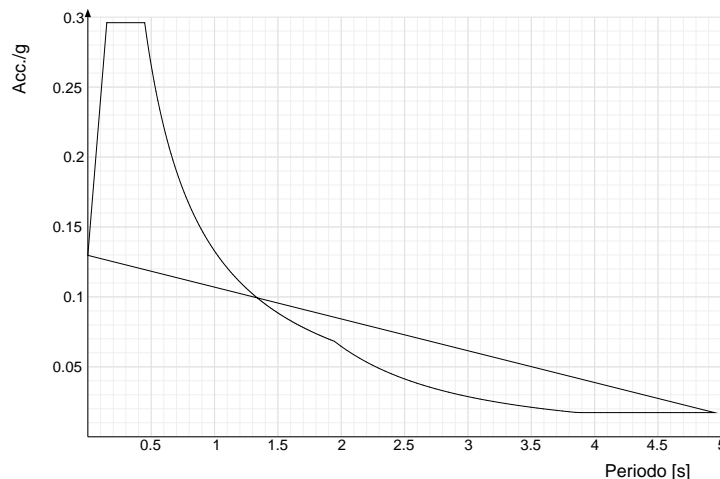
Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, la normativa richiede di attribuire al centro di massa una eccentricità accidentale (NTC18 e NTC08 §7.2.6), in aggiunta alla eccentricità naturale della costruzione, mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

Nella struttura in oggetto si è applicata una eccentricità accidentale secondo il seguente prospetto:

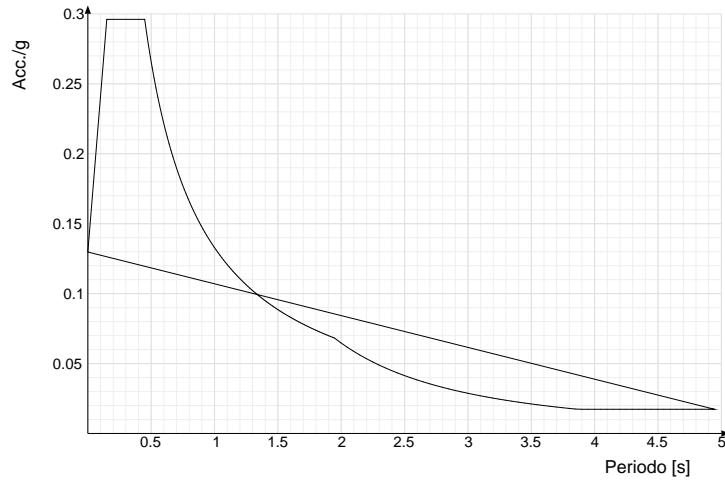
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 1"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 1"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 2"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 2"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 3"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 3"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 4"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 4"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 5"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 5"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 6"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 6"	0	[cm]

Si riportano infine gli spettri di risposta di progetto delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

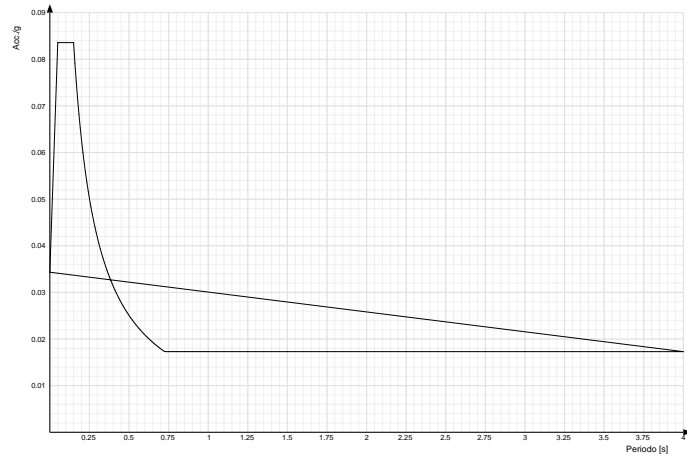
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLD § 3.2.3.5".



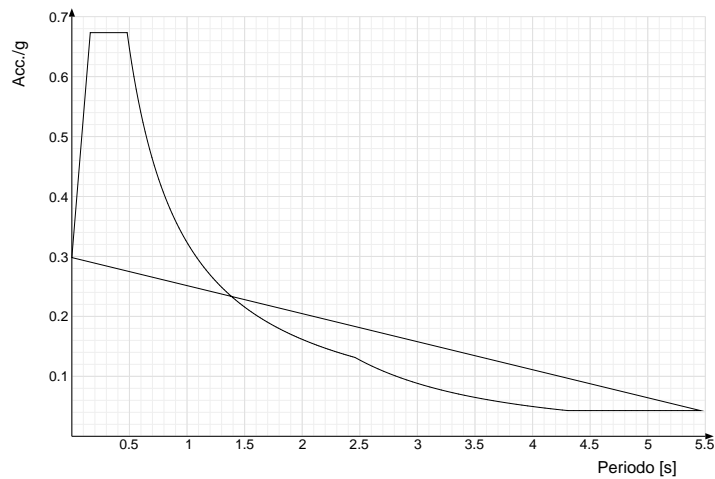
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLD § 3.2.3.5".



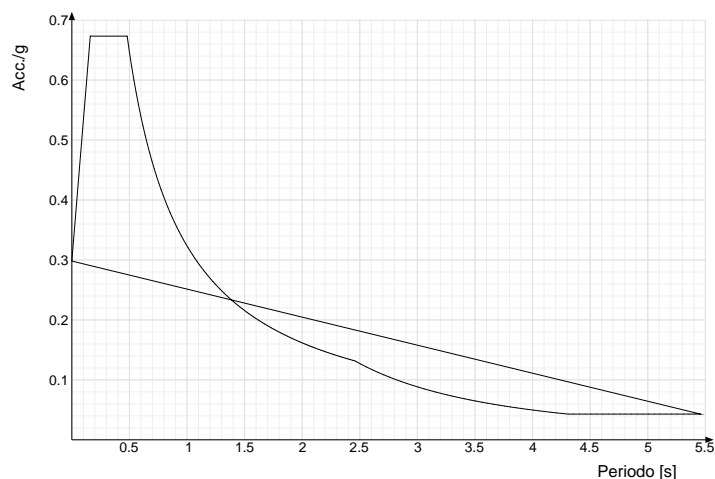
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLD § 3.2.3.5".



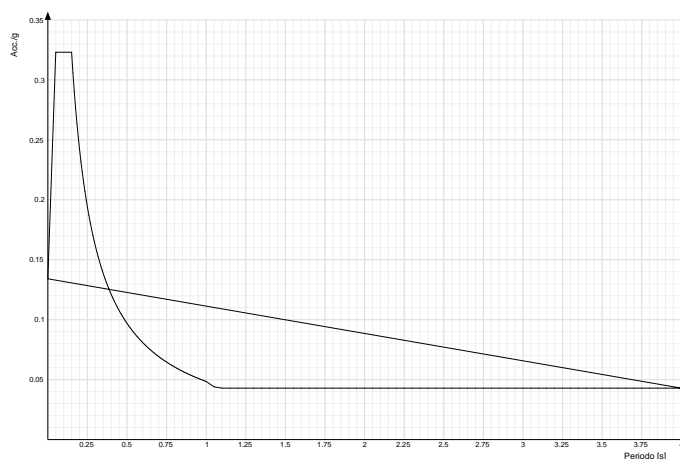
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5".



Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5".



Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLV § 3.2.3.5".



## Problemi geotecnici e scelte tipologiche

### Tipologia di fondazione

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni superficiali, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidezza. In direzione orizzontale si è considerata la struttura bloccata.

I valori di default dei parametri di modellazione del suolo, cioè quelli adottati dove non diversamente specificato, sono i seguenti:.

Coefficiente di sottofondo verticale per fondazioni superficiali (default)

1.97

[daN/cm<sup>3</sup>]

Per elementi nei quali si sono valutati i parametri geotecnici in funzione della stratigrafia sottostante si sono adottate le seguenti formulazioni di letteratura:

Metodo di calcolo della K verticale

Vesic

Metodo di calcolo della capacità portante

Vesic

La resistenza limite offerta dai pali in direzione orizzontale e verticale è funzione dell'attrito e della coesione che si può sviluppare all'interfaccia con il terreno. Oltre ai dati del suolo, descritti nelle seguenti stratigrafie, hanno influenza anche i seguenti parametri:

Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2.3
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1.1

## Elementi di fondazione

### Fondazioni di piastre

**Descrizione breve:** descrizione breve usata nelle tabelle dei capitoli delle piastre di fondazione.

**Stratigrafia:** stratigrafia del terreno nel punto medio in pianta dell'elemento.

**Sondaggio:** è possibile indicare esplicitamente un sondaggio definito nelle preferenze oppure richiedere di estrapolare il sondaggio dalla definizione del sito espressa nelle preferenze.

**Estradosso:** distanza dalla quota superiore del sondaggio misurata in verticale con verso positivo verso l'alto.  
[cm]

**Deformazione volumetrica:** valore della deformazione volumetrica impiegato nel calcolo della pressione limite a rottura con la formula di Vesic. Il valore è adimensionale. Accetta anche il valore di default espresso nelle preferenze.

**Angolo pendio:** angolo del pendio rispetto l'orizzontale; il valore deve essere positivo per opere in sommità di un pendio mentre deve essere negativo per opere al piede di un pendio. [deg]

**K verticale:** coefficiente di sottofondo verticale del letto di molle. [daN/cm<sup>3</sup>]

**Limite compressione:** pressione limite di plasticizzazione a compressione del letto di molle. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Limite trazione:** pressione limite di plasticizzazione a trazione del letto di molle. [daN/cm<sup>2</sup>]

Descrizione breve	Stratigrafia			Angolo pendio	K verticale	Limite compressione	Limite trazione
	Sondaggio	Estradosso	Deformazione volumetrica				
FS1	Piu' vicino in sito	0		0	Default (1.97)	Default (10)	Default (0.001)

### Sondaggi del sito

Vengono elencati in modo sintetico tutti i sondaggi risultanti dalle verticali di indagine condotte in sito, con l'indicazione dei terreni incontrati, degli spessori e dell'eventuale falda acquifera.

Nome attribuito al sondaggio: Sondaggio

Coordinate planimetriche del sondaggio nel sistema globale scelto: 0, 0

Quota della sommità del sondaggio (P.C.) nel sistema globale scelto: 0



Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
SCUOLA LUGO_10	150	No	1.5	1	1	1	78	78	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
SCUOLA LUGO_11	100	No	1.5	1	1	1	105	105	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

#### Falde acquifere

**Profondità:** profondità della superficie superiore della falda dalla quota del punto di riferimento. [cm]

**Carico piezometrico:** carico piezometrico rispetto alla superficie superiore, 0 per falde freatiche. [cm]

**Spessore:** spessore dell'acquifero.

Profondità	Carico piezometrico	Spessore
200	0	Fino in fondo

## Caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito

### Terreni

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Coesione:** coesione efficace del terreno. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Coesione non drenata:** coesione non drenata (Cu) del terreno, per terreni eminentemente coesivi. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Attrito interno:** angolo di attrito interno del terreno. [deg]

**δ:** angolo di attrito all'interfaccia terreno-cls. [deg]

**Coeff. α di adesione:** coeff. di adesione della coesione all'interfaccia terreno-cls, compreso tra 0 ed 1. Il valore è adimensionale.

**Coeff. di spinta K0:** coefficiente di spinta a riposo del terreno. Il valore è adimensionale.

**γ naturale:** peso specifico naturale del terreno in sito, assegnato alle zone non immerse. [daN/cm<sup>3</sup>]

**γ saturo:** peso specifico saturo del terreno in sito, assegnato alle zone immerse. [daN/cm<sup>3</sup>]

**E:** modulo elastico longitudinale del terreno. [daN/cm<sup>2</sup>]

**v:** coefficiente di Poisson del terreno. Il valore è adimensionale.

**Rqd:** rock quality degree. Per roccia assume valori nell'intervallo (0;1). Il valore convenzionale 0 indica che si tratta di un terreno sciolto. Il valore è adimensionale.

**Permeabilità Kh:** permeabilità orizzontale. Permeabilità orizzontale del terreno. [cm/s]

**Permeabilità Kv:** permeabilità verticale. Permeabilità verticale del terreno. [cm/s]

Descrizione	Coesione	Coesione non drenata	Attrito interno	δ	Coeff. α di adesione	Coeff. di spinta K0	γ naturale	γ saturo	E	v	Rqd	Permeabilità Kh	Permeabilità Kv
Sabbia densa	0	0	34	24	1	0.44	0.00195	0.00205	500	0.25	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO	0	0	25	20	1	0.58	0.00185	0.00193	84	0.35	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_1	0	0	23	20	1	0.61	0.00192	0.00195	70	0.4	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_2	0	0	35	20	1	0.43	0.00188	0.00198	275	0.3	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_3	0	0	22	20	1	0.63	0.0019	0.00196	42	0.35	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_4	0	0	30	20	1	0.5	0.0019	0.00196	95	0.3	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_5	0	0	23	20	1	0.61	0.00192	0.00195	75	0.4	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_6	0	0	24	20	1	0.59	0.00193	0.00196	80	0.4	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_7	0	0	34	20	1	0.44	0.0022	0.0023	180	0.3	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_8	0	0	24	20	1	0.59	0.00194	0.00196	78	0.4	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_9	0	0	33	20	1	0.46	0.00195	0.00205	140	0.3	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_10	0	0	25	20	1	0.58	0.00194	0.00196	78	0.4	0	0.1	0.01
SCUOLA LUGO_11	0	0	33	20	1	0.46	0.00195	0.00205	105	0.3	0	0.1	0.01

## Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica

### Modello di fondazione

Le travi di fondazione sono modellate tramite uno specifico elemento finito che gestisce il suolo elastico alla Winkler. Le fondazioni a plinto superficiale sono modellate con un numero elevato di molle verticali elastiche agenti su nodi collegati rigidamente al nodo centrale. Le fondazioni a platea sono modellate con l'inserimento di molle verticali elastiche agenti nei nodi delle mesh.

### Verifica di scorrimento

La verifica di scorrimento della fondazione superficiale viene eseguita considerando le caratteristiche del terreno immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, ricavato in base alla stratigrafia associata all'elemento, e trascurando, a favore di sicurezza, l'eventuale spinta passiva laterale.



Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

Lo scorrimento di una fondazione avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e la coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la spinta passiva laterale.

Il coefficiente di sicurezza a scorrimento si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti di progetto ( $R_d$ ) e quelle instabilizzanti ( $E_d$ ):

$$R_d = (N \cdot \tan(\varphi) + c_a \cdot B \cdot L + \alpha \cdot S_p) / \gamma_{Rs}$$

$$|E_d = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

dove:

$N$  = risultante delle forze normali al piano di scorrimento;

$T_x, T_y$  = componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;

$\tan(\varphi)$  = coefficiente di attrito terreno-fondazione;

$c_a$  = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione;

$B, L$  = dimensioni della fondazione;

$\alpha$  = fattore di riduzione della spinta passiva;

$S_p$  = spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;

$\gamma_{rs}$  = fattore di sicurezza parziale per lo scorrimento;

Le normative prevedono che il fattore di sicurezza a scorrimento  $FS=R_d/E_d$  sia non minore di un prefissato limite.

### **Verifica di capacità portante**

La verifica di capacità portante della fondazione superficiale viene eseguita mediante formulazioni di letteratura geotecnica considerando le caratteristiche dei terreni sottostanti al piano di posa della fondazione, ricavati in base alla stratigrafia associata all'elemento.

Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

La verifica viene fatta raffrontando la portanza di progetto ( $R_d$ ) con la sollecitazione di progetto ( $E_d$ ); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo di progetto della fondazione ( $R_d$ ) ed il carico agente ( $E_d$ ), sia non minore di un prefissato limite.

La portanza di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura

del terreno. Le formule di calcolo presenti in letteratura sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite agente su di una fondazione equivalente soggetta a carico centrato.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di Vesic, che viene descritto nei paragrafi successivi.

**Metodo di Vesic**

La capacità portante valutata attraverso la formula di Vesic risulta, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ( $\phi = 0$ ) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

$\gamma'$  = peso di volume efficace dello strato di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione ( $B = B_f - 2e$ );

L = lunghezza efficace della fondazione ( $L = L_f - 2e$ );

c = coesione dello strato di fondazione;

$c_u$  = coesione non drenata dello strato di fondazione;

q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s_c, s_q, s_\gamma$  = fattori di forma della fondazione;

$d_c, d_q, d_\gamma$  = fattori di profondità del piano di posa della fondazione;

$i_c, i_q, i_\gamma$  = fattori di inclinazione del carico;

$b_c, b_q, b_\gamma$  = fattori di inclinazione della base della fondazione;

$g_c, g_q, g_\gamma$  = fattori di inclinazione del piano campagna;

Nel caso di piano di campagna inclinato ( $\beta > 0$ ) e  $\phi = 0$ , Vesic propone l'aggiunta, nella formula sopra definita, del termine

$$0.5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \cos \beta \quad \text{con } N_\gamma = \frac{1}{2} \cdot \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\phi; \quad N_q = tg^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{(\pi \cdot tg\phi)}; \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg\phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg\phi; \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot tg\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2; \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c}; \quad i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^m;$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^{m+1}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - tg\beta)^2; \quad g_\gamma = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b_q = (1 - \eta \cdot tg\phi)^2; \quad b_\gamma = b_q$$

$$k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

phi = angolo di attrito dello strato di fondazione;

ca = aderenza alla base della fondazione;

nu = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale (nu = 0 se orizzontale);

beta = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;

#### Influenza degli strati sulla capacità portante

Le formulazioni utilizzate per la portanza prevedono la presenza di uno stesso terreno nella zona interessata dalla potenziale rottura. In prima approssimazione lo spessore di tale zona è pari a:

$$H = \frac{1}{2} \cdot B \cdot Tan(45^\circ + \phi/2)$$

In presenza di stratificazioni di terreni diversi all'interno di tale zona, il calcolo diventa più complesso; non esiste una metodologia univoca per questi casi, differenti autori hanno proposto soluzioni diverse a seconda dei casi che si possono presentare. In prima approssimazione, nel caso di stratificazioni, viene trovata una media delle caratteristiche dei terreni, pesata sullo spessore degli strati interessati. Nel caso in cui il primo strato incontrato sia coesivo viene anche verificato che la compressione media agente sulla fondazione non superi la tensione limite di espulsione, circostanza che provocherebbe il rifluimento del terreno da sotto la fondazione, rendendo impossibile la portanza.

La tensione limite di espulsione qult per terreno coesivo viene calcolata come:

$$q_{ult} = 4c + q$$

dove  $c$  è la coesione e  $q$  è il sovraccarico agente sul piano di posa.

#### **Influenza del sisma sulla capacità portante**

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

L'**effetto inerziale** prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze  $T$  parallele al piano di posa e carico normale  $N$ ) e dell'eccentricità (rapporto tra momento  $M$  e carico normale  $N$ ) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'**effetto cinematico** si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale  $k_h$ , cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo. L'effetto è più marcato su terreni granulari, mentre nei suoli coesivi è poco rilevante.

Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi  $e$  (earthquake), valutati secondo **Paolucci e Pecker**:

$$e_q = \left(1 - \frac{k_h}{\text{tg}\phi}\right)^{0.35}; \quad e_c = 1 - 0.32 \cdot k_h; \quad e_\gamma = e_q$$

## **10. Verifiche delle fondazioni**

### **10.1 Verifiche piastre C.A. di fondazione**

Le unità di misura elencate nel capitolo sono in [cm, daN, deg] ove non espressamente specificato.

**Nodo:** indice del nodo di verifica.

**Dir.:** direzione della sezione di verifica.

**B:** base della sezione rettangolare di verifica. [cm]

**H:** altezza della sezione rettangolare di verifica. [cm]

**A. sup.:** area barre armatura superiori. [cm<sup>2</sup>]

**C. sup.:** distanza media delle barre superiori dal bordo superiore della sezione. [cm]

**A. inf.:** area barre armatura inferiori. [cm<sup>2</sup>]

**C. inf.:** distanza media delle barre inferiori dal bordo inferiore della sezione. [cm]

**Comb.:** combinazione di verifica.

**M:** momento flettente. [daN\*cm]

**N:** sforzo normale. [daN]

**Mu:** momento flettente ultimo. [daN\*cm]

**Nu:** sforzo normale ultimo. [daN]

**c.s.:** coefficiente di sicurezza.

**Verifica:** stato di verifica.

**$\sigma_c$ :** tensione nel calcestruzzo. [daN/cm<sup>2</sup>]

**$\sigma_{lim}$ :** tensione limite. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Es/Ec:** coefficiente di omogenizzazione.

**$\sigma_f$ :** tensione nell'acciaio d'armatura. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Comb.:** combinazione.

**Fh:** componente orizzontale del carico. [daN]

**Fv:** componente verticale del carico. [daN]

**Cnd:** resistenza valutata a breve o lungo termine (BT - LT).

**Ad:** adesione di progetto. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Phi:** angolo di attrito di progetto. [deg]

**RPI:** resistenza passiva laterale unitaria di progetto. [daN/cm<sup>2</sup>]

**$\gamma_R$ :** coefficiente parziale sulla resistenza di progetto.

**Rd:** resistenza alla traslazione di progetto. [daN]

**Ed:** azione di progetto. [daN]

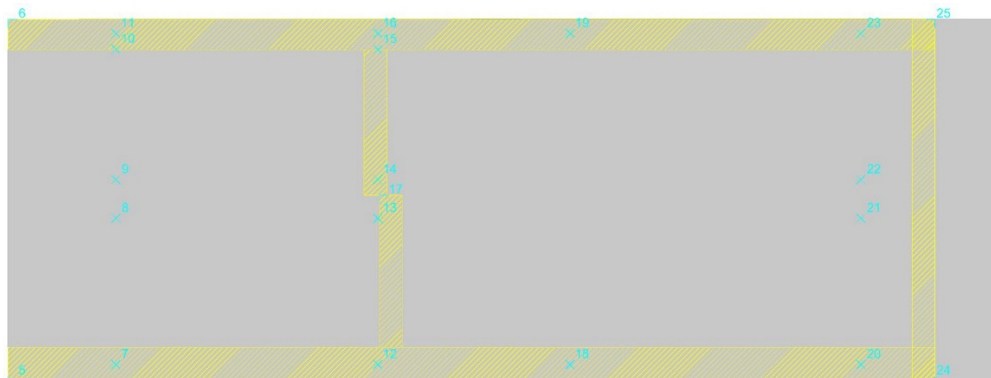
**Rd/Ed:** coefficiente di sicurezza allo scorrimento.

**ID:** indice della verifica di capacità portante.  
**F<sub>x</sub>:** componente lungo x del carico. [daN]  
**F<sub>y</sub>:** componente lungo y del carico. [daN]  
**F<sub>z</sub>:** componente verticale del carico. [daN]  
**M<sub>x</sub>:** componente lungo x del momento. [daN\*cm]  
**M<sub>y</sub>:** componente lungo y del momento. [daN\*cm]  
**i<sub>x</sub>:** inclinazione del carico in x. [deg]  
**i<sub>y</sub>:** inclinazione del carico in y. [deg]  
**e<sub>x</sub>:** eccentricità del carico in x. [cm]  
**e<sub>y</sub>:** eccentricità del carico in y. [cm]  
**B':** larghezza efficace. [cm]  
**L':** lunghezza efficace. [cm]  
**C:** coesione di progetto. [daN/cm<sup>2</sup>]  
**Q<sub>s</sub>:** sovraccarico laterale da piano di posa. [daN/cm<sup>2</sup>]  
**R<sub>d</sub>:** resistenza alla rottura del complesso di progetto. [daN]  
**E<sub>d</sub>:** azione di progetto (sforzo normale al piano di posa). [daN]  
**R<sub>d</sub>/E<sub>d</sub>:** coefficiente di sicurezza alla capacità portante.  
**N:**  
**N<sub>q</sub>:** fattore di capacità portante per il termine di sovraccarico.  
**N<sub>c</sub>:** fattore di capacità portante per il termine coesivo.  
**N<sub>g</sub>:** fattore di capacità portante per il termine attritivo.  
**S:**  
**S<sub>q</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine di sovraccarico.  
**S<sub>c</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine coesivo.  
**S<sub>g</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine attritivo.  
**D:**  
**D<sub>q</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine di sovraccarico.  
**D<sub>c</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine coesivo.  
**D<sub>g</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine attritivo.  
**I:**  
**I<sub>q</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine di sovraccarico.  
**I<sub>c</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine coesivo.  
**I<sub>g</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine attritivo.  
**B:**  
**B<sub>q</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine di sovraccarico.  
**B<sub>c</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine coesivo.  
**B<sub>g</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine attritivo.  
**G:**  
**G<sub>q</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine di sovraccarico.  
**G<sub>c</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine coesivo.  
**G<sub>g</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine attritivo.  
**P:**  
**P<sub>q</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine di sovraccarico.  
**P<sub>c</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine coesivo.  
**P<sub>g</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine attritivo.  
**E:**  
**E<sub>q</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine di sovraccarico.  
**E<sub>c</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine coesivo.  
**E<sub>g</sub>:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine attritivo.

## Platea a "Fondazione"

Verifiche condotte secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

### Geometria



## Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 4500

Calcestruzzo: C35/45 Rck 450

## Sistema di riferimento e direzioni di armatura

Le coordinate citate nel seguito sono espresse in un sistema di riferimento cartesiano con origine in (0; 0; 0), direzione dell'asse X = (1; 0; 0), direzione dell'asse Y = (0; 1; 0).

Le direzioni X/Y di armatura e le sezioni X/Y di verifica sono individuate dagli assi del sistema di riferimento.

## Verifiche nei nodi

### Verifiche SLU flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
146	X	100	40	5.65	6.5	5.65	6.5	SLV 1	576743	0	698959	0	1.2119	Si
3	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLV 7	947330	0	1397918	0	1.4756	Si
147	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLV 5	916257	0	1397918	0	1.5257	Si
2	X	100	40	5.65	6.5	5.65	6.5	SLV 7	453731	0	698959	0	1.5405	Si
4	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLV 7	810536	0	1397918	0	1.7247	Si

### Verifiche SLD Resistenza flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
146	X	100	40	5.65	6.5	5.65	6.5	SLD 1	337525	0	698959	0	2.0708	Si
3	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLD 7	614309	0	1397918	0	2.2756	Si
2	X	100	40	5.65	6.5	5.65	6.5	SLD 7	296769	0	698959	0	2.3552	Si
147	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLD 5	571584	0	1397918	0	2.4457	Si
4	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLD 7	525108	0	1397918	0	2.6622	Si

### Verifiche SLE tensione calcestruzzo nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	oc	olim	Es/Ec	Verifica
147	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLE RA 1	497081	0	-8.8	224.1	15	Si
3	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLE QP 2	352917	0	-6.3	168.1	15	Si
146	X	100	40	5.65	6.5	5.65	6.5	SLE RA 1	232600	0	-8.2	224.1	15	Si
2	X	100	40	5.65	6.5	5.65	6.5	SLE QP 2	173543	0	-6.2	168.1	15	Si
147	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLE QP 2	310574	0	-5.5	168.1	15	Si

### Verifiche SLE tensione acciaio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	af	olim	Es/Ec	Verifica
147	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLE RA 1	497081	0	89.2	3600	15	Si
146	X	100	40	5.65	6.5	5.65	6.5	SLE RA 1	232600	0	83.5	3600	15	Si
148	X	200	40	11.31	6.5	11.31	6.5	SLE RA 1	413419	0	74.2	3600	15	Si
69	X	196.1	40	18.79	6.3	18.79	6.3	SLE RA 1	-398839	0	71.2	3600	15	Si
66	X	100	40	13.35	6.4	13.35	6.4	SLE RA 1	-210370	0	71.1	3600	15	Si

### Verifiche SLE fessurazione nei nodi

La piastra non presenta nodi con apertura delle fessure.

## 10.2 Verifiche geotecniche

### Dati geometrici dell'impronta di calcolo

Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente

Centro impronta, nel sistema globale: 657; 241.5; -40

Lato minore B dell'impronta: 482.7

Lato maggiore L dell'impronta: 1313.3

Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 634005

### Verifica di scorrimento sul piano di posa

Coefficiente di sicurezza minimo per scorrimento 2.48

Comb.	Fh	Fv	Cnd	Ad	Phi	RPI	yR	Rd	Ed	Rd/Ed	Verifica
SLU 1	6233	-217494	LT	0	20	0	1.1	71965	6233	11.55	Si
SLV 7	20955	-156808	LT	0	20	0	1.1	51885	20955	2.48	Si

### Verifica di capacità portante sul piano di posa

Profondità massima del bulbo di rottura considerato: 3.79 m

Peso specifico efficace del terreno di progetto  $\gamma_s$ : 1584 daN/m<sup>3</sup>

Accelerazione normalizzata massima attesa al suolo  $A_{max}$  per verifiche in SLD: 0.039

Accelerazione normalizzata massima attesa al suolo  $A_{max}$  per verifiche in SLV: 0.089

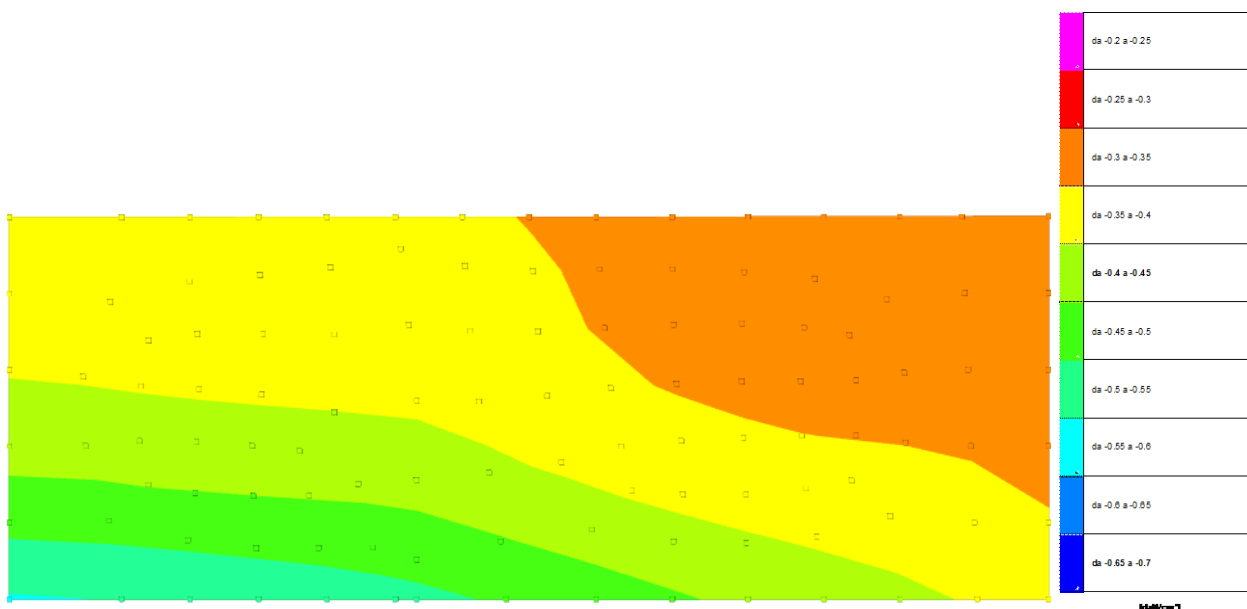
Coefficiente di sicurezza minimo per portanza 2.2

ID	Comb.	Fx	Fy	Fz	Mx	My	ix	iy	ex	ey	B'	L'	Cnd	C	Phi	Qs	$\gamma_R$	Rd	Ed	Rd/Ed	Verifica
1	SLU 2	0	-6233	-246343	3642462	-7406720	0	-1	-30	15	453	1253	LT	0	25	0	2.3	768836	-246343	3.12	Si
2	SLV 7	-7066	19727	-156808	-8836808	-7755334	-3	7	-49	-56	370	1214	LT	0	25	0	2.3	344393	-156808	2.2	Si
3	SLD 7	-3107	8683	-157179	-3750896	-5429767	-1	3	-35	-24	435	1244	LT	0	25	0	2.3	625581	-157179	3.98	Si

**Verifiche geotecniche di capacità portante - fattori utilizzati nel calcolo di Rd**

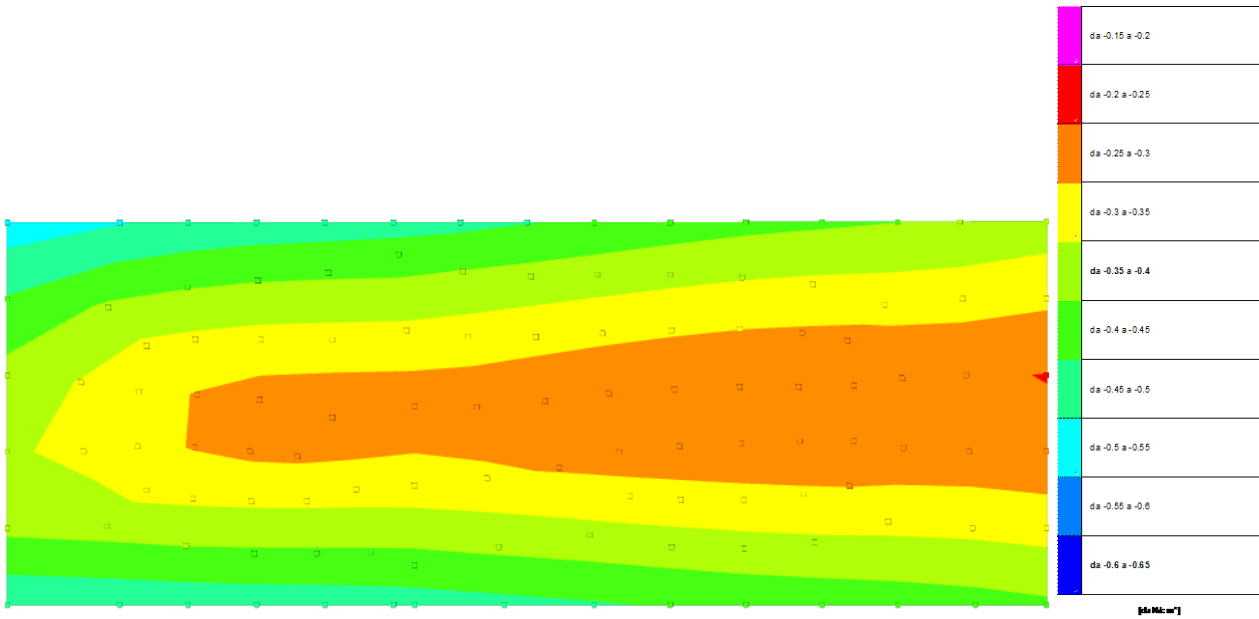
ID	N			S			D			I			B			G			P			E		
	Nq	Nc	Ng	Sq	Sc	Sg	Dq	Dc	Dg	Iq	lc	Ig	Bq	Bc	Bg	Gq	Gc	Gg	Pq	Pc	Pg	Eq	Ec	Eg
1	11	21	11	1.17	1.19	0.86	1	1	1	0.96	0.95	0.93	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	11	21	11	1.14	1.16	0.88	1	1	1	0.78	0.76	0.68	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.93	0.97	0.93
3	11	21	11	1.16	1.18	0.86	1	1	1	0.9	0.89	0.85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.97	0.99	0.97

**Pressioni terreno in SLU**



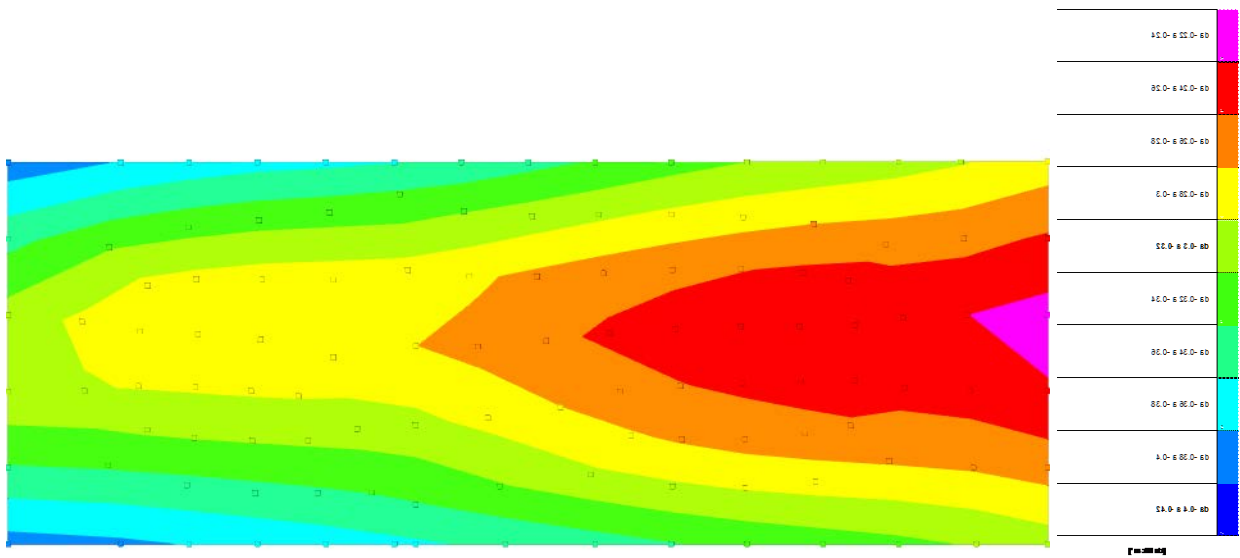
Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU.

## Pressioni terreno in SLV/SLVf/SLUEcc



Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLV/SLVf/SLUEcc.

## Pressioni terreno in SLE/SLD



Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLE/SLD.



# 11. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

## 11.1 MANUALE D'USO

### PLATEE

**Descrizione:** Strutture di fondazione diretta di tipo continuo con sviluppo piano, che trasmettono le sollecitazioni statiche e sismiche della sovrastruttura al terreno.

**Collocazione:** Vedasi le tavole architettoniche e/o strutturali relative al progetto.

**Modalità d'uso:** Le platee sono elementi di fondazione progettate per resistere: a rotture di taglio lungo superfici di scorrimento nel terreno, ad eccessive variazioni di volume del complesso di terreno interessato, ai cedimenti differenziali nei punti di contatto con il terreno.

**Rappresentazione grafica:** Vedi disegni esecutivi allegati.

**Prestazioni:** Tali elementi di fondazione devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

**Tempo vita:** 30

### STRUTTURE DI ELEVAZIONE

#### TRAVI IN ACCIAIO

**Descrizione:** Strutture orizzontali o inclinate in acciaio, costituite generalmente da profilati metallici presagomati o ottenuti per composizione saldata, aventi la funzione di trasferire i carichi dei piani della sovrastruttura agli elementi strutturali verticali.

**Collocazione:** Vedasi le tavole architettoniche e/o strutturali relative al progetto.

**Modalità d'uso:** Le travi in acciaio sono elementi strutturali portanti che, una volta avvenuta la connessione tra i componenti dei vari collegamenti, sono progettati per resistere a fenomeni di pressoflessione, taglio e torsione nei confronti dei carichi trasmessi dalle varie parti della struttura e che assumono una configurazione deformata dipendente anche dalle condizioni di vincolo presenti alle loro estremità.

**Rappresentazione grafica:** Vedi disegni esecutivi allegati.

**Prestazioni:** Tali elementi strutturali devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

**Tempo vita:** 20

#### PILASTRI IN ACCIAIO

**Descrizione:** Strutture verticali in acciaio, costituite generalmente da profilati metallici presagomati o ottenuti per composizione saldata, aventi la funzione di trasferire al piano di fondazione le sollecitazioni statiche e sismiche trasmesse dai piani della sovrastruttura.

**Collocazione:** Vedasi le tavole architettoniche e/o strutturali relative al progetto.

**Modalità d'uso:** I pilastri in acciaio sono elementi strutturali portanti che, una volta avvenuta la connessione tra i componenti dei vari collegamenti, sono progettati per resistere a fenomeni di pressoflessione e taglio nei confronti dei carichi trasmessi dalle varie parti della struttura e che assumono una configurazione deformata dipendente anche dalle condizioni di vincolo presenti alle loro estremità.

**Rappresentazione grafica:** Vedi disegni esecutivi allegati.

**Prestazioni:** Tali elementi strutturali devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

## 11.2 MANUALE DI MANUTENZIONE

### STRUTTURE IN FONDAZIONE

#### PLATEE

##### Cedimenti

**Descrizione:** Dissesti uniformi e/o differenziali con manifestazioni di abbassamento del piano di imposta della fondazione.

**Cause:** Mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc. Mutamenti delle condizioni di carico applicate.

**Effetto:** Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale; riduzione della stabilità a livello globale della struttura; lesioni all'elemento strutturale e/o alla sovrastruttura.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Opere di consolidamento del terreno o della struttura, georesine, opere di sostegno, opere provvisori.

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Corrosione

**Descrizione:** Degradazione che implica l'evolversi di processi chimici che portano alla corrosione delle armature in acciaio per carbonatazione del ricoprimento di calcestruzzo o per cloruri, visibile con distacchi del copriferro, lesioni e striature di ruggine.

**Cause:** Fattori esterni ambientali o climatici; errata realizzazione dell'elemento strutturale e dei getti di calcestruzzo; manutenzione carente; cause accidentali.

**Effetto:** Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, resine, vernici, malte e trattamenti specifici, opere provvisori.

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Fessurazioni

**Descrizione:** Degrado superficiale che si manifesta con fessurazioni e crepe.

**Cause:** Ritiro; cedimenti strutturali e/o del terreno; mutamenti di carico e/o temperatura; eccessive deformazioni.

**Effetto:** Esposizione delle armature agli agenti corrosivi; ampliamento delle fessurazioni stesse con ramificazioni più o meno profonde.

**Valutazione:** Moderata

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, georesine, malte, macchine di pompaggio a controllo, trattamenti specifici, opere provvisori.

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Lesioni

**Descrizione:** Rotture che si manifestano con l'interruzione del tessuto strutturale dell'elemento, le cui caratteristiche e andamento ne definiscono l'importanza e il tipo.

**Cause:** Le lesioni e le rotture si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale.

**Effetto:** Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale e dell'edificio.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, resine bicomponenti, malte, rinforzi, opere provvisori, sottofondazioni locali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Non perpendicolarità dell'edificio

**Descrizione:** L'edificio è sottoposto a spostamenti, rotazioni o alterazioni della propria posizione statica di normale funzionamento.

**Cause:** Cedimenti; rotture; eventi di natura diversa.

**Effetto:** Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale e dell'edificio.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Opere di consolidamento del terreno o della struttura, georesine, opere di sostegno, opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

## **STRUTTURE DI ELEVAZIONE**

### **TRAVI IN ACCIAIO**

#### *Bolle o screpolature*

**Descrizione:** Presenza di bolle o screpolature dello strato protettivo superficiale con pericolo di corrosione e formazione di ruggine.

**Cause:** Azione degli agenti atmosferici e fattori ambientali; urti o minime sollecitazioni meccaniche esterne; perdita di adesione dello strato protettivo.

**Effetto:** Esposizione dell'elemento metallico agli agenti corrosivi e alla formazione di ruggine.

**Valutazione:** Moderata

**Risorse necessarie:** Prodotti antiruggine e/o passivanti, vernici, attrezzature manuali, trattamenti specifici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### *Corrosione o presenza di ruggine*

**Descrizione:** Presenza di zone corrose dalla ruggine, estese o localizzate anche in corrispondenza dei giunti e degli elementi di giunzione.

**Cause:** Perdita degli strati protettivi e/o passivanti; esposizione agli agenti atmosferici e fattori ambientali; presenza di agenti chimici.

**Effetto:** Riduzione degli spessori delle varie parti dell'elemento; perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Prodotti antiruggine, passivanti, vernici, prodotti e/o trattamenti specifici per la rimozione della ruggine, attrezzature manuali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### *Deformazioni o distorsioni*

**Descrizione:** Presenza di evidenti ed eccessive variazioni geometriche e di forma dell'elemento strutturale e/o di locali distorsioni delle lamiere di metallo che costituiscono l'elemento stesso.

**Cause:** Le eccessive deformazioni e distorsioni si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale.

**Effetto:** Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Nuovi componenti, elementi di rinforzo, opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### *Imbozzamenti locali*

**Descrizione:** Fenomeno d'instabilità locale che si può presentare nelle lamiere metalliche costituenti un elemento strutturale in acciaio, le quali si instabilizzano fuori dal piano piegandosi e corrugandosi.

**Cause:** Carichi concentrati; cambiamento delle condizioni di carico.

**Effetto:** Perdita di stabilità e di portanza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Elementi di rinforzo, irrigidimenti, nuovi componenti, attrezzature per saldature in opera.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Serraggio elementi giuntati

**Descrizione:** Perdita della forza di serraggio nei bulloni costituenti le giunzioni tra elementi in acciaio.

**Cause:** Non corretta messa in opera degli elementi giuntati; cambiamento delle condizioni di carico; cause esterne.

**Effetto:** Perdita di resistenza della giunzione e quindi perdita di stabilità dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, attrezzature speciali, chiave dinamometrica.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Trattamenti ignifughi

**Descrizione:** Perdita della protezione e/o dei rivestimenti ignifughi.

**Cause:** Agenti atmosferici e fattori ambientali esterni; ammaloramenti dei rivestimenti; minime sollecitazioni meccaniche esterne.

**Effetto:** Perdita della protezione nei confronti delle elevate temperature che portano deformazioni notevoli e quindi il possibile collasso degli elementi strutturali.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Prodotti ignifughi, attrezzature manuali, trattamenti specifici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

## PILASTRI IN ACCIAIO

### Bolle o screpolature

**Descrizione:** Presenza di bolle o screpolature dello strato protettivo superficiale con pericolo di corrosione e formazione di ruggine.

**Cause:** Azione degli agenti atmosferici e fattori ambientali; urti o minime sollecitazioni meccaniche esterne; perdita di adesione dello strato protettivo.

**Effetto:** Esposizione dell'elemento metallico agli agenti corrosivi e alla formazione di ruggine.

**Valutazione:** Moderata

**Risorse necessarie:** Prodotti antiruggine e/o passivanti, vernici, attrezzature manuali, trattamenti specifici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Corrosione o presenza di ruggine

**Descrizione:** Presenza di zone corrose dalla ruggine, estese o localizzate anche in corrispondenza dei giunti e degli elementi di giunzione.

**Cause:** Perdita degli strati protettivi e/o passivanti; esposizione agli agenti atmosferici e fattori ambientali; presenza di agenti chimici.

**Effetto:** Riduzione degli spessori delle varie parti dell'elemento; perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Prodotti antiruggine, passivanti, vernici, prodotti e/o trattamenti specifici per la rimozione della ruggine, attrezzature manuali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Deformazioni o distorsioni

**Descrizione:** Presenza di evidenti ed eccessive variazioni geometriche e di forma dell'elemento strutturale e/o di locali distorsioni delle lamiere di metallo che costituiscono l'elemento stesso.

**Cause:** Le eccessive deformazioni e distorsioni si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale.

**Effetto:** Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Nuovi componenti, elementi di rinforzo, opere provvisoriale.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Imbozzamenti locali

**Descrizione:** Fenomeno d'instabilità locale che si può presentare nelle lamiere metalliche costituenti un elemento strutturale in acciaio, le quali si instabilizzano fuori dal piano piegandosi e corrugandosi.

**Cause:** Carichi concentrati; cambiamento delle condizioni di carico.

**Effetto:** Perdita di stabilità e di portanza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Elementi di rinforzo, irrigidimenti, nuovi componenti, attrezzature per saldature in opera.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Serraggio elementi giuntati

**Descrizione:** Perdita della forza di serraggio nei bulloni costituenti le giunzioni tra elementi in acciaio.

**Cause:** Non corretta messa in opera degli elementi giuntati; cambiamento delle condizioni di carico; cause esterne.

**Effetto:** Perdita di resistenza della giunzione e quindi perdita di stabilità dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, attrezzature speciali, chiave dinamometrica.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Trattamenti ignifughi

**Descrizione:** Perdita della protezione e/o dei rivestimenti ignifughi.

**Cause:** Agenti atmosferici e fattori ambientali esterni; ammaloramenti dei rivestimenti; minime sollecitazioni meccaniche esterne.

**Effetto:** Perdita della protezione nei confronti delle elevate temperature che portano deformazioni notevoli e quindi il possibile collasso degli elementi strutturali.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Prodotti ignifughi, attrezzature manuali, trattamenti specifici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

## 11.3 **PROGRAMMA DI MANUTENZIONE**

### **STRUTTURE IN FONDAZIONE**

#### **PLATEE**

##### **Controlli da effettuare**

##### Controllo a cura di personale specializzato

**Descrizione:** Controllo della consistenza dell'elemento strutturale e dell'eventuale presenza di lesioni. Verifica dell'integrità e perpendicolarità della struttura e delle zone di terreno direttamente interessate dalla stessa.

**Modalità d'uso:** A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### **Manutenzioni da effettuare**

##### Consolidamento terreno

**Descrizione:** Opere e/o procedimenti specifici di consolidamento del terreno da scegliere dopo indagini specifiche e approfondite. Trattamenti di miglioramento della resistenza delle fondazioni anche tramite l'impiego di georesine.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### *Intervento per anomalie di corrosione*

**Descrizione:** Opere di rimozione delle parti ammalorate e della ruggine. Ripristino dell'armatura metallica corrosa con vernici anticorrosive, malte, trattamenti specifici o anche attraverso l'uso di idonei passivanti per la protezione delle armature. Opere di protezione e/o ricostruzione dei copriferri mancanti.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### *Intervento per anomalie di fessurazione*

**Descrizione:** Opere di ripristino delle fessure e consolidamento dell'integrità del materiale tramite l'utilizzo di resine, malte, cemento o vernici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### *Realizzazione sottofondazioni*

**Descrizione:** Realizzazione di sottofondazioni locali o globali a sostegno del sistema di fondazione e della struttura.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### *Rinforzo elemento*

**Descrizione:** Realizzazione di interventi di rinforzo strutturale dell'elemento mediante la realizzazione di gabbie di armature integrative con getto di malte a ritiro controllato o attraverso l'applicazione di nuovi componenti di rinforzo che aumentino la sezione resistente dell'elemento strutturale.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### *Riparazione e ripresa delle lesioni*

**Descrizione:** Interventi di riparazione e di ripristino dell'integrità e della resistenza dell'elemento strutturale lesionato tramite l'utilizzo di resine, malte, cemento o altri prodotti specifici, indicati anche per la ricostruzione delle parti di calcestruzzo mancanti; tali trattamenti saranno eseguiti dopo una approfondita valutazione delle cause del difetto accertato e considerando che la lesione sia stabilizzata o meno.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

## STRUTTURE DI ELEVAZIONE

### TRAVI IN ACCIAIO

#### Controlli da effettuare

##### Controllo a cura di personale specializzato

**Descrizione:** Controllo del livello di serraggio degli elementi costituenti le giunzioni. Verifica dell'integrità e della presenza di distorsioni e deformazioni eccessive nell'elemento strutturale, nonché della perpendicolarità della struttura.

**Modalità d'uso:** A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Controllo a vista

**Descrizione:** Esame dell'aspetto e del degrado dell'elemento strutturale e dei suoi eventuali strati protettivi. Controllo della presenza di possibili corrosioni dell'acciaio e di locali imbozzamenti.

**Modalità d'uso:** A vista.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Utente

#### Manutenzioni da effettuare

##### Applicazione prodotti protettivi

**Descrizione:** Applicazione prodotti antiruggine con ripristino degli strati protettivi e/o passivanti, previa pulizia delle superfici da trattare.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

##### Controllo e riapplicazione serraggio

**Descrizione:** Verifica ed eventualmente, riapplicazione delle forze di serraggio negli elementi giuntati.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

##### Intervento di rinforzo

**Descrizione:** Realizzazione di elementi di rinforzo con piastre e profili da aggiungere all'elemento strutturale indebolito anche attraverso l'applicazione di irrigidimenti longitudinali e/o trasversali per le lamiere imbozzate.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

##### Pulizia delle superfici metalliche

**Descrizione:** Spazzolature, sabbiature ed in generale opere ed interventi di rimozione della ruggine, della vernice in fase di distacco o di sostanze estranee eventualmente presenti sulla superficie dell'elemento strutturale, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

### Sostituzione elementi giunzione

**Descrizione:** Sostituzione degli elementi danneggiati facenti parte di una giunzione (lamiere, dadi, bulloni, rosette) con elementi della stessa classe e tipo.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

### Sostituzione elemento

**Descrizione:** Interventi di sostituzione dell'elemento o degli elementi eccessivamente deformati, danneggiati o usurati, considerando di sostituire anche i relativi collegamenti. Durante l'intervento si dovrà verificare e garantire la stabilità globale della struttura o dei singoli elementi che la costituiscono anche attraverso l'uso di opere provvisoriale.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

### Trattamenti ignifughi

**Descrizione:** Trattamenti di rimozione e rifacimento del manto protettivo ignifugo danneggiato o ammalorato presente sulla superficie dell'elemento strutturale di acciaio.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

## PILATRI IN ACCIAIO

### **Controlli da effettuare**

#### Controllo a cura di personale specializzato

**Descrizione:** Controllo del livello di serraggio degli elementi costituenti le giunzioni. Verifica dell'integrità e della presenza di distorsioni e deformazioni eccessive nell'elemento strutturale, nonché della perpendicolarità della struttura.

**Modalità d'uso:** A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### Controllo a vista

**Descrizione:** Esame dell'aspetto e del degrado dell'elemento strutturale e dei suoi eventuali strati protettivi. Controllo della presenza di possibili corrosioni dell'acciaio e di locali imbozzamenti.

**Modalità d'uso:** A vista.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Utente



## **Manutenzioni da effettuare**

### Applicazione prodotti protettivi

**Descrizione:** Applicazione prodotti antiruggine con ripristino degli strati protettivi e/o passivanti, previa pulizia delle superfici da trattare.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

### Controllo e riapplicazione serraggio

**Descrizione:** Verifica ed eventualmente, riapplicazione delle forze di serraggio negli elementi giuntati.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

### Intervento di rinforzo

**Descrizione:** Realizzazione di elementi di rinforzo con piastre e profili da aggiungere all'elemento strutturale indebolito anche attraverso l'applicazione di irrigidimenti longitudinali e/o trasversali per le lamiere imbozzate.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

### Pulizia delle superfici metalliche

**Descrizione:** Spazzolature, sabbiature ed in generale opere ed interventi di rimozione della ruggine, della vernice in fase di distacco o di sostanze estranee eventualmente presenti sulla superficie dell'elemento strutturale, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

### Sostituzione elementi giunzione

**Descrizione:** Sostituzione degli elementi danneggiati facenti parte di una giunzione (lamiere, dadi, bulloni, rosette) con elementi della stessa classe e tipo.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

### Sostituzione elemento

**Descrizione:** Interventi di sostituzione dell'elemento o degli elementi eccessivamente deformati, danneggiati o usurati, considerando di sostituire anche i relativi collegamenti. Durante l'intervento si dovrà verificare e garantire la stabilità globale della struttura o dei singoli elementi che la costituiscono anche attraverso l'uso di opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Trattamenti ignifughi**

**Descrizione:** Trattamenti di rimozione e rifacimento del manto protettivo ignifugo danneggiato o ammalorato presente sulla superficie dell'elemento strutturale di acciaio.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

## 12. RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI

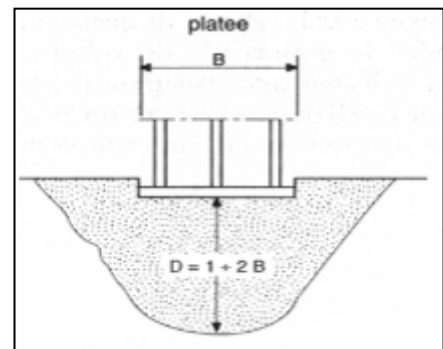
### 12.1 *RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO*

Per l'intervento in oggetto si è fatto riferimento ad una relazione geologica specifica redatta dal Dott. Geol. Oberdan Drapelli che si allega.

Per quanto riguarda la categoria del suolo di fondazione, secondo la nuova normativa di legge, si inserisce tale suolo nella categoria "C".

### 12.2 *RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DEL TERRENO*

In riferimento alla tipologia di fondazione prevista si ritiene che il volume di terreno indagato con la CPT allegata sia significativamente rappresentativo della caratterizzazione litologica e stratigrafica del terreno e quindi utile al fine di ricostruire il modello geologico e valutare l'interazione terreno-struttura.



Schematizzazione                      Volume  
significativo

Per le verifiche geotecniche e di resistenza della fondazione si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.

### 12.3 *RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA 'PERICOLOSITA SISMICA DI BASE' DEL SITO DI COSTRUZIONE*

Si è valutata la pericolosità sismica di base del sito sulla base del progetto S1-INGV. I valori  $a_g$ ,  $F_0$  e  $TC^*$  sono stati ottenuti interpolando i dati del reticolo intorno al sito di riferimento. Di seguito sono riportati i valori ottenuti:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	45	0.069	2.435	0.271
SLD	75	0.086	2.435	0.281
SLV	712	0.214	2.409	0.311
SLC	1462	0.274	2.425	0.320

Considerando un terreno di categoria C, a favore di sicurezza non avendo ancora a disposizione una relazione geologica, si ottiene infine:

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.214 g
$F_o$	2.409
$T_C^*$	0.311 s
$S_s$	1.391
$C_c$	1.543
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.391
$\eta$	1.000
$T_B$	0.160 s
$T_C$	0.480 s
$T_D$	2.456 s