

LUOGO:

REGIONE VENETO

PROVINCIA DI TREVISO

COMUNE DI SERNAGLIA DELLA BATTAGLIA

TITOLO:

# AMPLIAMENTO SCHEMA FOGNARIO-DEPURATIVO RECAPITANTE AL DEPURATORE CONSORTILE DI SERNAGLIA DELLA BATTAGLIA

## Realizzazione reti fognarie consortili 3° stralcio 1° lotto - Tratto B

COMMITTENTE:

**ALTO TREVIGIANO SERVIZI S.r.l.**

Via Schiavonesca Priula, 86 - 31044 Montebelluna (TV)



ALTO TREVIGIANO SERVIZI



Sede operativa: Via Calvi, 122 - 31015 Conegliano (TV)  
P. IVA e cod. fiscale: 03540810268  
Tel.: +39 0438 32857, Fax: +39 0438 412713  
e-mail: albertincompany@albertincompany.it  
pec: albertincompany@pec.it  
web: www.albertincompany.it



GRUPPO DI LAVORO:  
ing. Davide Lo Nigro  
geom. Paolo Bozzoli

dott. ing. Roberto Dal Moro

## PROGETTO ESECUTIVO

DESCRIZIONE DOCUMENTO:

### Relazione di calcolo impalcati nei pozzi

01	01	22.02.2019	prima emissione	DLN	RDM	RDM
ed. rev.	data	natura modifiche	eseg.	verif.	appr.	

DOCUMENTO n.:

# B.1.4

commessa n°: 14012B file: 14012B\_E 1.4\_01.01 - rel.calc.docx

A TERMINE DI LEGGE SI RISERVA LA PROPRIETA' DEL PRESENTE ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO O DI RENDERLO NOTO A TERZI SENZA LA NOSTRA AUTORIZZAZIONE SCRITTA.



## SOMMARIO

<b>1 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
1.1 Premessa .....	3
1.2 Descrizione progetto .....	3
1.2.1 Materiali .....	4
1.3 Normativa di riferimento .....	6
<b>2 ASPETTI DEL PROGRAMMA DI CALCOLO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Software: Master-SAP .....	7
<b>3 ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>19</b>
3.1 Impalcato in Acciaio Inox .....	19
3.2 Il carico neve e del vento .....	19
<b>4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA .....</b>	<b>20</b>
4.1 Il metodo di studio .....	20
4.1.1 Verifica della struttura in acciaio inox .....	23
4.2 I grigliati elettrosaldati in acciaio inox .....	38
4.2.1 Progetto e Verifica .....	39
4.3 I nodi della struttura .....	39
4.3.1 Nodo tipo A – ancoraggio al pozzo .....	41
4.3.2 Nodo tipo B – fissaggio parapetto .....	44
<b>5 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI, ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI ED IMPIANTI .....</b>	<b>46</b>
5.1 Elementi strutturali secondari ed elementi costruttivi non strutturali .....	46
5.2 Criteri di progettazione degli impianti .....	47
<b>6 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI E DELLE VERIFICHE CONDOTTE AI SENSI DELLE NORME TECNICHE VIGENTI .....</b>	<b>48</b>

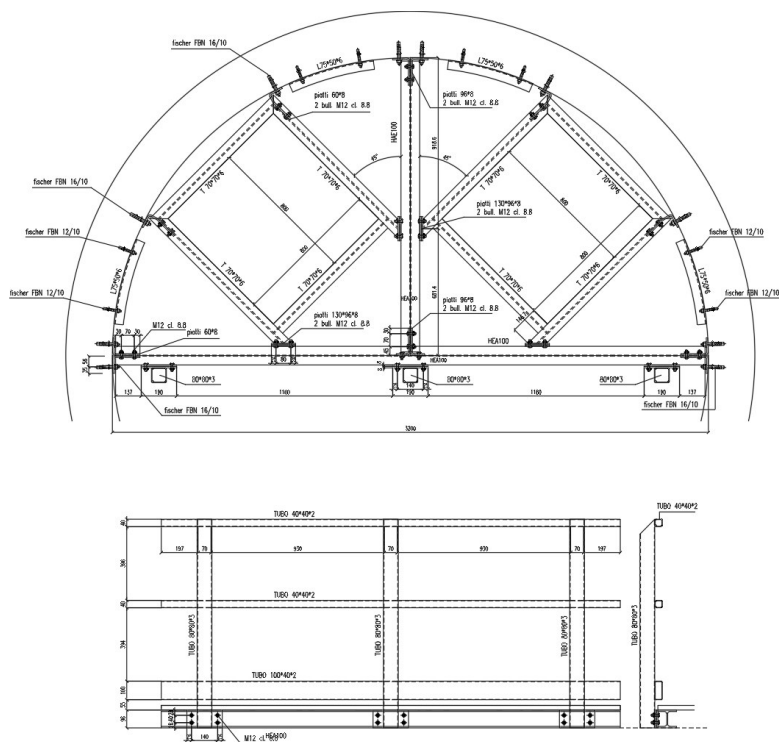
## 1 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

### 1.1 Premessa

I calcoli sono eseguiti in conformità alle vigenti norme tecniche emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici (ora Ministero delle Infrastrutture) ai sensi dell'art. 21 della legge 5 novembre 1971 n. 1086, tenendo presenti le caratteristiche, le qualità e le dosature dei materiali da impiegarsi nelle opere da costruire. Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture datato 17.01.2018 sono state approvate le *“Nuove norme tecniche per le costruzioni”*. La Circolare n. 7 del 21.01.2019, quale normativa di comprovata validità scientifica, fornisce le necessarie istruzioni.

### 1.2 Descrizione progetto

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di un impalcato in acciaio inox **AISI 304 (1.4301 - EN10088)** da installarsi internamente ad un pozzo in calcestruzzo cementizio armato ad ampliamento dello schema fognario-depurativo recapitante al depuratore consortile di Sernaglia Della Battaglia. L'impalcato verrà utilizzato da operatori qualificati per interventi di ispezione e/o manutenzione del sistema fognario di cui sopra. Dal punto di vista geometrico la struttura può essere inscritta in un rettangolo di dimensioni in pianta pari a circa 3.20x1.70 m. Il piano di calpestio sarà realizzato in grigliato elettrosaldato (22x38 piatti 25x3) in acciaio inox. Idoneo parapetto è predisposto a protezione degli operatori. Nella figura che segue si riporta uno schema in esame. Per maggiori dettagli geometrici della struttura in oggetto si rimanda alle tavole grafiche a corredo della presente relazione.



PIANTA (SOPRA) E PROSPETTO (SOTTO) CHIAVE DEGLI INTERVENTI

## 1.2.1 Materiali

Acciaio Inossidabile (Inox) per carpenteria metallica: **AISI 304 (1.4301 - EN10088)**

### 1.2.1.1 Acciaio Inossidabile (Inox) per carpenteria metallica (UNI EN 1993-1-4)

Modulo Elastico:  $E = 2.000.000 \text{ daN/cm}^2$  ( $210.000 \text{ N/mm}^2$ )

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale:  $G = E / [2*(1+\nu)]$  ( $\text{N/mm}^2$ )

Coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$  (per  $T < 100^\circ\text{C}$ )

Densità:  $\rho = 7900 \text{ daN/m}^3$

Caratteristiche minime dei materiali

EN 1993-1-4: 2006 (E)

**Table 2.1: Nominal values of the yield strength  $f_y$  and the ultimate tensile strength  $f_u$  for structural stainless steels to EN 10088<sup>1)</sup>**

Type of stainless steel	Grade	Product form							
		Cold rolled strip		Hot rolled strip		Hot rolled plate		Bars, rods and sections	
		Nominal thickness $t$							
		$t \leq 6$ mm		$t \leq 12$ mm		$t \leq 75$ mm		$t \leq 250$ mm	
		$f_y$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>	$f_y$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>	$f_y$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>	$f_y$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>
Ferritic steels	1.4003	280	450	280	450	250 <sup>3)</sup>	450 <sup>3)</sup>	260 <sup>4)</sup>	450 <sup>4)</sup>
	1.4016	260	450	240	450	240 <sup>3)</sup>	430 <sup>3)</sup>	240 <sup>4)</sup>	400 <sup>4)</sup>
	1.4512	210	380	210	380	-	-	-	-
Austenitic steels	1.4306	220	520	200	520	200	500	180	460
	1.4307							175	450
	1.4541							190	500
	1.4301	230	540	210	520	210	520	200	500
	1.4401	240	530	220	530	220	520		
	1.4404								
	1.4539							230	530
	1.4571	540	540	200	500				
	1.4432	240	550			220	550	220	520
	1.4435								
	1.4311	290	550	270	550	270	550	270	550
	1.4406	300	580	280	580	280	580	280	580
	1.4439	290		270		270			
	1.4529	300	650	300	650	300	650	300	650
	1.4547	320	650	300	650	300	650		
	1.4318	350	650	330	650	330	630	-	-
Austenitic-ferritic steels	1.4362	420	600	400	600	400	630	400 <sup>2)</sup>	600 <sup>2)</sup>
	1.4462	480	660	460	660	460	640	450	650

<sup>1)</sup> The nominal values of  $f_y$  and  $f_u$  given in this table may be used in design without taking special account of anisotropy or strain hardening effects.

<sup>2)</sup>  $t \leq 160$  mm

<sup>3)</sup>  $t \leq 25$  mm

<sup>4)</sup>  $t \leq 100$  mm

<sup>1)</sup> The nominal values of  $f_y$  and  $f_u$  given in this table may be used in design without taking special account of anisotropy or strain hardening effects.

<sup>2)</sup>  $t \leq 160$  mm

<sup>3)</sup>  $t \leq 25$  mm

<sup>4)</sup>  $t \leq 100$  mm

Per la verifica delle sezioni si sono adottati i coefficienti parziali  $\gamma_M$  di seguito riportati come presentati nella norma EN 1993-1-4.

**Table 5.1: Partial factors**

Resistance of cross-sections to excessive yielding including local buckling	$\gamma_{M0}$
Resistance of members to instability assessed by member checks	$\gamma_{M1}$
Resistance of cross-sections in tension to fracture	$\gamma_{M2}$
Resistance of bolts, rivets, welds, pins and plates in bearing	$\gamma_{M2}$

NOTE:  $\gamma_{Mi}$  values may be determined in the National Annex. The following values are recommended

$\gamma_{M0} = 1,1$

$\gamma_{M1} = 1,1$

$\gamma_{M2} = 1,25$

#### 1.2.1.1.1 Bulloneria per Acciaio Inox

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

EN 1993-1-4: 2006 (E)

**Table 2.2: Nominal values of  $f_{yb}$  and  $f_{ub}$  for stainless steel bolts**

Material groups	Property class to EN ISO 3506	Range of sizes	Yield strength $f_{yb}$ N/mm <sup>2</sup>	Ultimate tensile strength $f_{ub}$ N/mm <sup>2</sup>
Austenitic and austenitic-ferritic	50	$\leq M 39$	210	500
	70	$\leq M 24$	450	700
	80	$\leq M 24$	600	800

#### 1.2.1.1.2 Saldature per Acciaio Inox

Su tutte le saldature sarà eseguito un controllo visivo e dimensionale. Le saldature più importanti (ad esempio le saldature delle giunzioni flangiate) verranno controllate a mezzo di particelle magnetiche e/o ultrasuoni.

Tutti i materiali di consumo per saldatura devono essere conformi agli standard pertinenti specificati in **1.2.5 Riferimento norme - Gruppo 5** (EN 1993-1-8)

### 1.3 Normativa di riferimento

La presente relazione è redatta in conformità alle seguenti Leggi e Normative:

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Legge 05/11/71 n°1086</b>	<i>“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”</i>
<input checked="" type="checkbox"/> <b>D.M. 17 gennaio 2018</b>	<i>Norme Tecniche per le costruzioni</i>
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Circ. 02-02-2009, n.617</b>	<i>Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008</i>
<b>Acciaio:</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>CNR-UNI 10011-88</b>	<i>Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione</i>
<input checked="" type="checkbox"/> <b>EC-3</b>	<i>Progettazione delle strutture in acciaio.</i>

## 2 ASPETTI DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

### 2.1 Software: Master-SAP

#### ***Prestazioni di progetto, classe della struttura, vita utile e procedure di qualità***

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche accidentali. Particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

Alla struttura viene attribuita pertanto una Vita Nominale di 50 anni e classe d'uso di tipo II. Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati. Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi. In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi. Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

#### ***Criteri di concezione e di schematizzazione strutturale, modellazione del terreno, proprietà dei materiali, efficacia del modello***

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stata adeguatamente valutata, interpretata e trasferita nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi "truss" oppure con elementi "beam" opportunamente svincolati. Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi "shell" a comportamento flessionale e membranale. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni. Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse. I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliente dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare, ma vengono considerati gli effetti del secondo ordine e si può simulare il comportamento di elementi resistenti a sola trazione o compressione.

La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo. Relazioni analoghe possono essere impostate anche fra elementi contigui.



Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura. E' stata impiegata un'analisi dinamica modale in campo lineare con adozione di spettro di risposta conforme al D.M. 17.01.2078. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite.

#### ***Criteri per la misura della sicurezza***

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

#### ***Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico***

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero – Z nel sistema globale di riferimento del modello). Le azioni del vento sono applicate prevalentemente nelle due direzioni orizzontali o ortogonalmente alla falda in copertura. Le azioni sismiche, statiche o dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma.

I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

#### ***Combinazioni di carico***

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura. Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del secondo ordine.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u. Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità).

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, per le varie travate, tutte le condizioni di lavoro statico derivanti dall'alternanza dei carichi variabili, i cui effetti si sovrappongono a quelli dei pesi propri e dei carichi permanenti. Vengono anche imposte delle sollecitazioni flettenti di sicurezza in campata e risultano controllate le deformazioni in luce degli elementi.

#### ***Metodologie di calcolo, tipo di analisi e strumenti utilizzati***

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). E' stata utilizzata un'analisi lineare dinamica nel rispetto delle norme indicate in precedenza. Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo agli stati limite ultimo e di esercizio secondo quanto previsto dal DM 17.01.2018, Norme Tecniche per le Costruzioni.

Elaboratore utilizzato

Computer

Hewlett – Packard

HP – Workstation Z400

Intel ®

Pentium ® 4 CPU 3.00 GHz

2.99 GHz, 3.00 Gb di RAM

Sistema

Microsoft Windows XP Professional 64 bit

### ***Presentazione del modello strutturale e sue proprietà***

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

#### I Nodi

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate.

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà).

Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi. I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo.

Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master. Esistono tre tipi di relazioni complesse.

Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master.

La relazione di piano rigido prescrive che il nodo slave appartiene ad un piano rigido e quindi che i due spostamenti in piano e la rotazione normale al piano sono legati ai tre parametri di roto-traslazione rigida di un piano.

Il Corpo rigido prescrive che il nodo slave fa parte di un corpo rigido e tutti e sei i suoi gradi di libertà sono legati ai sei gradi di libertà posseduti dal corpo rigido (i gradi di libertà del suo nodo master).

#### I materiali

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica.

#### Le sezioni

Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico, dal tipo e dai relativi parametri identificativi. La simbologia adottata dal programma è la seguente:

- Rettangolare piena (Rp);
- Rettangolare cava (Rc);
- Circolare piena (Cp);
- Circolare cava (Cc);
- T (T.);
- T rovescia (Tr);
- L (L.);
- C (C.);
- C rovescia (Cr);
- Cassone (Ca);
- Profilo singolo (Ps);
- Profilo doppio (Pd);
- Generica (Ge).

#### I carichi

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da un tipo e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (fX, fY, fZ, fV) e locali (fx, fy, fz), forze concentrate riferite agli assi globali (FX, FY, FZ, FV) o locali (Fx, Fy, Fz), momenti concentrati riferiti agli assi locali (Mx, My, Mz), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (mx), carichi termici (tx, ty, tz), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

#### Gli elementi finiti

La struttura può essere suddivisa in sottostrutture, chiamate gruppi.

#### Elemento frame (trave, pilastro, trave di fondazione)

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 2 nodi principali I e J posti alle sue estremità ed un nodo geometrico facoltativo K che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.

L'elemento frame possiede 12 gradi di libertà.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra x, y, z, come mostrato in figura.

L'elemento frame supporta varie opzioni tra cui: deformabilità da taglio (travi tozze); sconnessioni totali o parziali alle estremità; connessioni elastiche alle estremità; offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità; suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione. L'elemento frame supporta i seguenti carichi: carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali; sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali; forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario; carichi generici mediante prescrizione delle reazioni di incastro perfetto.

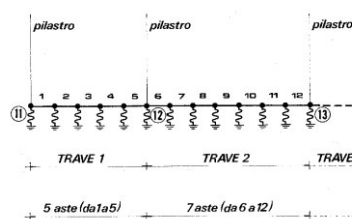
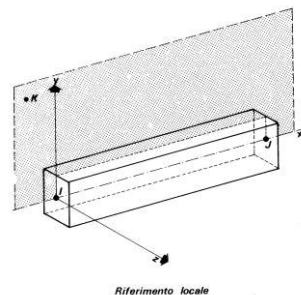
I gruppi formati da elementi del tipo trave riportano, in ordine, i numeri dei nodi iniziale (I), finale (J) e di riferimento (K), la situazione degli svincoli ai nodi I e J (indicate in legenda eventuali situazioni diverse dall'incastro perfetto ad entrambi i nodi), i codici dei materiali e delle sezioni, la situazione di carico nelle otto possibili condizioni A, B, C, D, E, F, G, H: se è presente un numero, esso individua il coefficiente moltiplicativo del carico corrispondente. I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe; le condizioni di carico sono limitate a due (A e B); È indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno e il numero di suddivisioni interne. Per la trave di fondazione il programma abilita automaticamente solo i gradi di libertà relativi alla rotazione intorno agli assi globali X, Y e alla traslazione secondo Z, bloccando gli altri gradi di libertà.

Ogni trave di fondazione è suddivisa in un numero adeguato di parti (aste). Ogni singola asta interagisce con il terreno mediante un elemento finito del tipo vincolo elastico alla traslazione verticale  $t_z$  convergente ai suoi nodi (vedi figura), il cui valore di rigidità viene determinato da programma moltiplicando la costante di sottofondo assegnata dall'utente per l'area di contatto con il terreno in corrispondenza del nodo.

I tipi di carichi ammessi sono solo di tipo distribuito  $f_z$ ,  $f_v$ ,  $f_y$ . Inoltre accade che:

$V_i = V_f$ ;  $d_i = d_f = 0$ , ovvero il carico è di tipo rettangolare esteso per tutta la lunghezza della trave.

#### Elemento shell (guscio)



L'elemento shell implementa il modello del guscio piatto ortotropo nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 3 o 4 nodi I, J, K ed L posti nei vertici e 6 gradi di libertà per ogni nodo. Il comportamento flessionale e quello membranale sono disaccoppiati.

Gli elementi guscio/piastra si caratterizzano perché possono subire carichi nel piano ma anche ortogonali al piano ed essere quindi soggetti anche ad azioni flettenti e torcenti.

Gli elementi in esame hanno formalmente tutti i sei gradi di libertà attivi, ma non posseggono rigidità per la rotazione ortogonale al piano dell'elemento.

Nei gruppi shell definiti "platea" viene attuato il blocco di tre gradi di libertà,  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $r_z$ , per tutti i nodi del gruppo. Ogni gruppo può contenere uno o più elementi (max 1999). Ogni elemento viene definito da questi parametri:

- elemento numero (massimo 1999 per ogni gruppo);
- nodi di riferimento I, J, K, L;
- spessore;
- materiale;
- pressioni e relative aliquote dinamiche;
- temperatura;
- gradiente termico;
- carichi distribuiti e relative aliquote dinamiche.

#### Elemento boundary (vincolo)

L'elemento boundary è sostanzialmente un elemento molla con rigidità assiale in una direzione specificata e rigidità torsionale attorno alla stessa direzione. E' utile quando si vogliono determinare le reazioni vincolari oppure quando si vogliono imporre degli spostamenti o delle rotazioni di alcuni nodi (cedimenti vincolari).

I parametri relativi ad ogni singolo vincolo sono:

- il nodo a cui è collegato il vincolo (o i vincoli, massimo sei);
- la traslazione imposta (L) o la rotazione imposta (radianti);
- la rigidità (per le traslazioni in F/L, per le rotazioni in F\*L/rad).

#### ***I metodi di calcolo***

##### Analisi dinamica modale

Il programma effettua l'analisi dinamica con il metodo dello spettro di risposta.

Il sistema da analizzare è come un oscillatore a  $n$  gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare è un dato di ingresso che l'utente deve assegnare. In generale si osservi che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. L'eventuale spettro nella direzione globale Z è unitario. L'ampiezza degli spettri di risposta è determinata dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

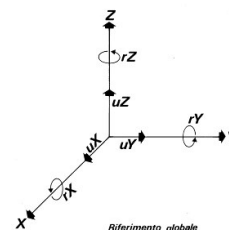
La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico di ogni modo di vibrazione nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti.

Successivamente vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. E' prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate. Tale risultato (involuppo) può essere ottenuto, a discrezione dell'utente in tre modi distinti, inclusi quelli suggeriti dalla normativa italiana e dall'Eurocodice 8.

#### Presentazione dei risultati dell'analisi strutturale

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura L) e rotazioni (radianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. Gli spostamenti sono positivi se diretti nel verso degli assi globali X Y Z, le rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (vedi figura a lato).



Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).

#### Aspetti particolari dell'analisi dinamica

Nella stampa degli autovettori vengono riportati i relativi risultati, pertinenti ad ogni nodo.

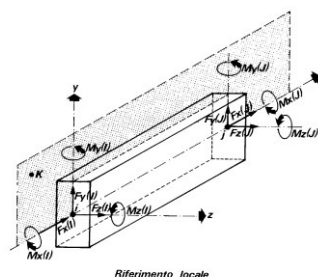
Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali risultati vengono successivamente combinati e danno luogo ad uno o più involuppi in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

Nel caso dell'applicazione dell'Ordinanza 3431 (ex 3272) vengono anche determinate le deformazioni allo stato limite ultimo, che risultano amplificate per effetto dei fattori di struttura  $q$  rassegnati alle due direzioni orizzontali e a quella verticale.

#### Travi, pilastri e travi di fondazione

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

- $F_x$  = forza assiale nella direzione locale x;
- $F_y$  = taglio nella direzione locale y;
- $F_z$  = taglio nella direzione locale z;
- $M_x$  = momento torcente attorno all'asse locale x;
- $M_y$  = momento flettente attorno all'asse locale y;
- $M_z$  = momento flettente attorno all'asse locale z,



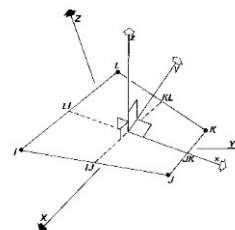
con le seguenti convenzioni sui segni:

forze positive se concordi con gli assi locali (F);

momenti positivi se antiorari rispetto agli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ( $F \cdot L$ ).

Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.



Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste (Z eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

Per le travi di fondazione il programma calcola ai due nodi estremi della trave e in tutti i punti intermedi generati per effetto della suddivisione della trave di fondazione, per ogni combinazione di carico:

- $F_y$  = taglio nella direzione locale y (F);
- $M_x$  = momento torcente attorno asse locale x ( $F \cdot L$ );
- $M_z$  = momento flettente attorno asse locale z ( $F \cdot L$ );
- $U_z$  = spostamento lungo Z (L);
- $r_x$  = rotazione intorno X (rad);
- $r_y$  = rotazione intorno Y (rad);
- pressione sul suolo ( $F/L^2$ ).

#### Gusci

Il programma propone i risultati al "centro" di ogni elemento. Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono evidenziate:

- $S_{xx}$  ( $F/L^2$ );
- $S_{yy}$  ( $F/L^2$ );
- $S_{xy}$  ( $F/L^2$ );
- $M_{xx}$  ( $F \cdot L/L$ );
- $M_{yy}$  ( $F \cdot L/L$ );
- $M_{xy}$  ( $F \cdot L/L$ );
- $S_{id,sup}$  ( $F/L^2$ );
- $S_{id,inf}$  ( $F/L^2$ ).

$S_{xx}$ ,  $S_{yy}$ ,  $S_{xy}$  rappresentano le tensioni membranali (vedi figura);

$M_{xx}$  rappresenta il momento flettente (per unità di lunghezza) che produce tensioni in direzione locale x; analogamente per  $M_{yy}$ ;

$M_{xy}$  rappresenta il momento torcente (sempre per unità di lunghezza).

Le tensioni ideali  $s_{id,sup}$  (al bordo superiore, ovvero sul semiasse positivo dell'asse locale z) e  $s_{id,inf}$  sono calcolate mediante il criterio di Huber-Hencky-Mises. I momenti flettenti generano ai bordi dell'elemento delle tensioni valutate in base al modulo di resistenza dell'elemento. Le tensioni da momento flettente  $M_{xx}$  si sovrappongono alle tensioni  $S_{xx}$ , con segno positivo al bordo superiore, con segno negativo al bordo inferiore (analogamente per  $M_{yy}$  e  $S_{yy}$ ). Gli effetti tensionali da momento torcente vengono sovrapposti a  $S_{xy}$ .

Le convenzioni sui segni dei momenti sono caratteristiche dei codici di calcolo automatici e sono mantenute solo nelle stampe dei risultati conseguenti all'elaborazione strutturale, nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe dei postprocessori vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni elemento, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo, la risultante per sovrapposizione modale per  $S_{xx}$ ,  $S_{yy}$ ,  $S_{xy}$ ,  $M_{xx}$ ,  $M_{yy}$ ,  $M_{xy}$ .

Nel calcolo degli involuipi viene effettuata la sovrapposizione. Anche in questo caso vengono calcolate le tensioni ideali.

Nell'analisi statica e negli involuipi dinamici, fra i risultati, alla fine di ogni gruppo vengono riportati i massimi delle tensioni (comprese quelle ideali) e dei momenti, nonché il numero dell'elemento e la combinazione di carico relativa.

#### Vincoli

In stampa vengono fornite, per ogni nodo vincolato, le reazioni corrispondenti ai vincoli assegnati. Per quanto concerne i versi si tenga presente che è stata adottata la convenzione tradizionale. In generale le forze vincolari (unità di misura F)

sono positive se vanno nel verso dell'asse di riferimento, i momenti ( $F \cdot L$ ) sono positivi se antiorari per un osservatore disposto lungo il corrispondente semiasse positivo; tali sollecitazioni tendono a contrastare deformazioni di segno opposto.

Per quanto concerne i vincoli comunque disposti nello spazio vale la stessa regola: se uno spostamento è positivo tende ad allontanare il nodo N da I; la conseguente reazione è di segno opposto, cioè negativa.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione, per ogni nodo vincolato, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo e il relativo valore; viene anche indicato il risultato complessivo calcolato a partire dai singoli effetti modali. Nella stampa degli involucri viene calcolata la risultante obbedendo alla modalità scelta dall'utente.

#### Verifiche di sicurezza degli elementi

Questa parte richiede di precisare una serie di proprietà che possono essere ricavate in forma grafica direttamente da MasterSap. In particolare:

- Indici di resistenza / stabilità / snellezze;
- Rapporto  $x/d$ ;
- Armatura elementi monodimensionali;
- Armatura elementi bidimensionali.

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

#### **Verifiche di opere in cemento armato con il metodo degli stati limite**

##### Travi, pilastri, setti e travi di fondazione

Fra le informazioni di testa per le travi è anche segnalata la componente del peso proprio e il carico medio. Per i soli pilastri oltre al numero strutturale dell'asta è anche indicato l'eventuale numero di pilastrata.

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale  $x, y, z$ .

Vengono riportate, in ordine:

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza  $F_x, F_y, F_z$  (F);  $M_x, M_y, M_z$  ( $F \cdot m$ ).

Per le travi e le fondazioni viene applicata la regola della traslazione. In particolare il momento flettente viene incrementato, dove richiesto, del prodotto di  $F_y$  (o  $F_z$ ) con  $0.9 \cdot d$ , dove  $d$  è l'altezza utile corrispondente.

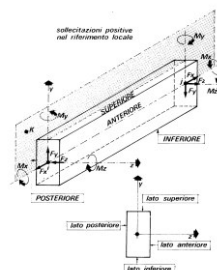
Per elementi trave di fondazione  $F_x, F_z, M_y$  sono generalmente nulli.

Le convenzioni adottate sui segni delle sollecitazioni sono (vedi figura):

- $F_x$  (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- $F_y$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- $F_z$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- $M_x$  (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a  $x$  a sinistra dell'ascissa in esame;
- $M_y$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse  $z$ ;
- $M_z$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse  $y$ .

Compaiono poi nel tabulato gli ulteriori risultati:

- in sequenza: armatura posteriore, anteriore, inferiore, superiore ( $cm^2$ ); si noti che tali armature sono quelle totali. La sezione di due reggistaffe contribuisce in tutti quattro i valori di armatura;
- per i pilastri circolari viene determinata e stampata l'armatura totale distribuita uniformemente su tutta la circonferenza;





- campo (di rottura): rappresenta il campo di rottura determinato dalla procedura di verifica; nel caso delle travi, qualora sia stata deselezionata la verifica a sforzo normale, il campo di rottura viene sostituito dal rapporto  $x/d$ ;
- indice di resistenza a presso-tensoflessione ( $F_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ): rappresenta il moltiplicatore delle sollecitazioni allo s.l.u., ovvero il rapporto fra la sollecitazione agente e quella resistente;
- indice di resistenza a taglio/torsione ( $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ) o indice di resistenza a taglio/torsione (Bielle) per NTC 2018: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;
- Indice di resistenza a taglio/torsione ( $V$ ,  $M_x$ ): rappresenta l'indice di resistenza "taglio e torsione" per elementi che non necessitano di armatura trasversale;
- Indice di resistenza a scorrimento: compare solo nel caso di setti calcolati con l'Ordinanza 3431 e NTC 2018 e riporta l'indice di resistenza che si ricava dal rapporto fra la resistenza a scorrimento (vedi § 5.4.5.2 dell'Ordinanza e § 7.4.4.5.2.2 delle NTC/2018) e la sollecitazione di taglio.
- $asw_{ta}$ ,  $asw_{to}$ : in  $cm^2/m$  rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante, rispettivamente, dall'effetto di taglio e torsione;
- passo staffe (in cm): rappresenta il passo delle staffe derivante da  $asw_{ta}$  e  $asw_{to}$  e dall'applicazione dei minimi di normativa.
- per i pilastri, nel caso NTC 2018, nelle colonne  $\alpha M_y$  e  $\alpha M_z$  vengono riportati i valori dei moltiplicatori delle sollecitazioni  $M_y$  ed  $M_z$  derivanti dal rispetto della gerarchia delle resistenze trave/pilastro.

Viene evidenziata, su una riga conclusiva apposita, l'involuppo delle armature in grado di resistere a tutte le situazioni.

Per la sezione rettangolare viene riportata l'armatura aggiuntiva effettiva sui quattro lati, detraendo dall'armatura totale quella dei reggistaffe. Per la sezione circolare è invece sempre riportato il valore totale distribuito. Viene infine indicato il passo delle staffe calcolato o di normativa.

Alla fine del tabulato di progetto delle armature riguardante un'asta, se attivata l'opzione sulla combinazione dei carichi, la procedura propone uno specchietto che riepiloga nell'ordine:

- numero della combinazione di carico che dà luogo al momento massimo; tale sollecitazione può infatti derivare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero di combinazione o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e variabili o dell'eventuale momento di sicurezza (in questo secondo caso il contrassegno di combinazione è dato dal simbolo --);
- $x_{Mmax}$ ; ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
- $M_{max}$ ; valore del momento massimo positivo;
- $A_{inf}$ , D. inf agg.; armatura inferiore totale derivante dall'azione del momento massimo positivo, numero e diametro delle barre aggiuntive, come al solito, rispetto ai reggistaffe comunque presenti;
- $A_{sup}$ , D. sup agg.; valgono le stesse considerazioni di sopra, riferite all'armatura superiore;
- il rapporto  $x/d$  e l'indice di resistenza a flessione.

Nelle verifiche di esercizio per gli elementi vengono considerati i soli effetti del momento flettente  $M_z$ , ma per comodità dell'utente il tabulato riporta anche il valore delle altre sollecitazioni, incluse fra [ ] per significare che non entrano in gioco nella verifica. Per lo stesso motivo fra parentesi [ ] sono anche riportate le armature anteriori e posteriori.

Apertura delle fessure  $w$  (mm): rappresenta l'ampiezza della fessura derivante dall'azione del momento flettente  $M_z$  all'ascissa indicata. La fessura si apre superiormente per  $M_z$  negativo, inferiormente per  $M_z$  positivo.

La freccia viene riportata nel prospetto specifico (che compare a fine trave) riguardante anche il momento massimo in campata.

Per i restanti tipi di elementi (pilastri e setti) viene effettuata la sola verifica delle tensioni di esercizio (non compaiono pertanto risultati sull'apertura delle fessure e sulla freccia). La sezione viene trattata a presso-tensoflessione, trascurando in questo caso l'eventuale contributo del calcestruzzo a trazione. Vengono ignorate agli effetti della verifica le sollecitazioni torcenti e di taglio, comunque riportate fra [ ] nei tabulati per memoria.

Se si verifica la necessità di armare a punzonamento le travi o le fondazioni viene determinata la sezione complessiva delle barre piegate, che andranno disposte parallelamente alle staffe della trave.

Vengono indicate:

- asta: numero dell'asta oggetto di verifica;
- ascissa  $x$  (cm): ascissa dell'asta;
- taglio: valore dell'azione di taglio complessiva agente al nodo;



- carico limite di punzonamento;
- coefficiente di sicurezza al punzonamento;
- armatura piegati a punzonamento ( $\text{cm}^2$ ), eventuale.

#### Considerazioni per l'analisi dinamica

I risultati dinamici considerati sono quelli ottenuti per inviluppo, a seconda della modalità scelta. Si possono generare diverse combinazioni risultanti (sovrapposizione degli effetti statici e degli effetti dinamici) indicate nei tabulati con delle lettere.

Per quanto riguarda gli effetti dinamici si tenga presente che il segno degli inviluppi è sempre positivo e che le norme impongono che tali risultati siano considerati anche con segno opposto.

#### **Verifiche di opere in acciaio con il metodo dell'Eurocodice 3**

##### I risultati per travi epilastrì

Il tabulato riporta:

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  (F),  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  ( $F \cdot m$ ).

Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:

- $F_x$  (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- $F_y$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- $F_z$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- $M_x$  (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;
- $M_y$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z;
- $M_z$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y.

Vengono poi riportate:

classe: rappresenta la classe della sezione; qualora i singoli componenti della sezione (ad esempio ala e anima) abbiano classi diverse viene presa quella più alta; non viene riportata in caso di trazione o taglio puro.

Il potenziale svergolamento viene indagato solo per sezioni a I. Viene riportato il valore di  $c_{LT}$ , che determina il momento resistente di progetto. La stabilità euleriana comporta la determinazione di tre coefficienti  $c_{min}$ ,  $k_y$ ,  $k_z$ . Il tabulato propone:

numero combinazione di carico;

valore dello sforzo normale  $F_x$  (compressione più elevata trovata);

momento flettente  $M_y$  più elevato riscontrato in tutte le ascisse;

momento flettente  $M_z$  più elevato riscontrato in tutte le ascisse;

classe: rappresenta la classe della sezione;

$c_{minimo}$ : rappresenta il minimo fra i coefficienti di riduzione del modo di instabilità intorno agli assi coinvolti nella verifica.

#### **Verifiche di opere in legno con il metodo dell'Eurocodice 5**

##### I risultati per travi e pilastri

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale x, y, z.:

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  (F),  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  ( $F \cdot m$ );

- l'indice di resistenza I.R. dipende se la sollecitazione è di sola flessione oppure dovuta ad azioni combinate di flessione e trazione;
- per l'azione di taglio viene determinato un indice specifico I.Va;
- per l'azione di torsione viene determinato un indice specifico I.Tor.; se l'azione è di taglio e torsione viene determinato un secondo indice che riguarda entrambi gli effetti. L'indice I.Tor. riportato è il più gravoso fra quello determinato a sola torsione e quello prodotto per effetto combinato.

Il tabulato riguardante la verifica di svergolamento riporta:

- snellezze relative nei due piani  $y_x$  e  $z_x$ ;
- $k_{crit,yx}$ ,  $k_{crit,zx}$ : sono i valori dei coefficienti conseguenti, rispettivamente, alle snellezze relative  $y_x$  e  $z_x$ ;
- indice di svergolamento I.Sv.

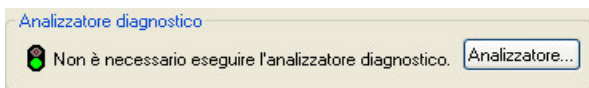
In alternativa alla verifica di svergolamento può essere rappresentata la verifica di instabilità. Le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente sono quelle massime riscontrate durante la verifica di resistenza. In questo caso un tabulato riporta:

- $Sn.y_x$  e  $Sn.z_x$  sono le snellezze valutate nei due piani di flessione  $y_x$  e  $z_x$ ;
- $kc.y_x$ ,  $kc.z_x$ : sono i valori dei coefficienti, conseguenti, rispettivamente, alle snellezze  $y_x$  e  $z_x$ ;
- I.S., indice di stabilità.

#### Informazioni integrative sull'uso dei codici di calcolo

Codice di calcolo adottato, solutore e affidabilità dei risultati

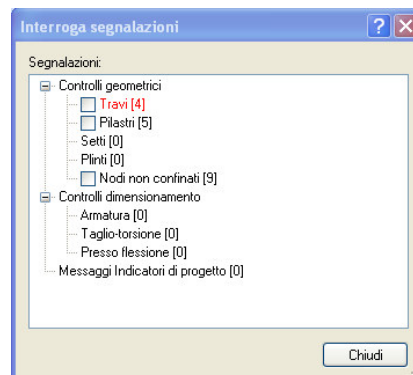
<In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito ([www.amv.it](http://www.amv.it)) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento. Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine. Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima



della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo. Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK. L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica. Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato. Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito [www.amv.it](http://www.amv.it). E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica)

documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in

modo immediato dall'utente. Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione. Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati. Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema. Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.



### 3 ANALISI DEI CARICHI

All'interno di questo capitolo è stata sviluppata l'analisi dei carichi, il peso proprio e le masse strutturali, ovvero i *pesi permanenti strutturali* ( $G_1$ ), sono considerate direttamente dal software utilizzato per lo studio del modello tridimensionale, agli elementi finiti, della struttura.

Nelle combinazioni statiche allo S.L.U. i carichi sono così incrementati:

- per i pesi propri e i carichi permanenti:  $G_1 = G_2 \rightarrow 1.3$
- per le sollecitazioni esterne agenti sul plinto  $Q_k \rightarrow 1.5$

Nelle combinazioni statiche allo S.L.E. i carichi sono mantenuti inalterati:

- per i pesi propri e i carichi permanenti:  $G_1 = G_2 \rightarrow 1.0$
- per le sollecitazioni esterne agenti sul plinto  $Q_k \rightarrow 1.0$

#### 3.1 Impalcato in Acciaio Inox

Sull'impalcato di nuova realizzazione sono previsti i seguenti carichi:

peso permanente portato ( $G_2$ , grigliato di finitura)	50 kg/m <sup>2</sup>
spinta parapetto ( $Q_H$ )	100 kg/m
carico accidentale impalcato ( $Q_{acc}$ – cat. A)*	200 kg/m <sup>2</sup>

*\* Stante le esigenze l'impalcato verrà reso accessibile a soli tecnici abilitati allo scopo per operazioni di ispezione e/o manutenzione del sistema fognario di cui in precedenza.*

#### 3.2 Il carico neve e del vento

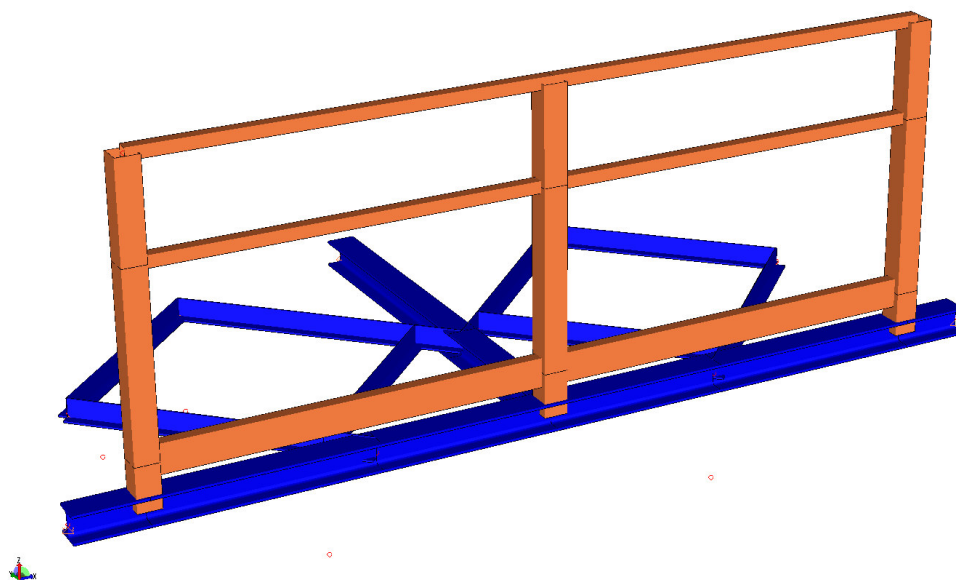
Trattandosi di struttura da installarsi in ambiente chiuso e interrato, le azioni di vento e neve sono state **trascurate**.

## 4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA

### 4.1 Il metodo di studio

La struttura è stata dimensionata e verificata con l'ausilio di un modello tridimensionale agli elementi finiti. Il modello agli elementi finiti è stato realizzato con elementi *frame*, particolarmente utili per lo studio di elementi *1-D* quali travi. Opportuni vincoli interni sono stati inseriti al fine di riprodurre la tipologia di collegamento costruttivo previsto, meglio indicati nelle tavole grafiche a corredo alla presente relazione. Relativamente ai collegamenti a terra, vincoli di *cerniera* sono stati inseriti in corrispondenza delle connessioni della struttura in esame con le pareti del pozzo in c.a. Le sollecitazioni di verifica sono state ricavate da un'analisi statica lineare basata sulle azioni (carichi) indicati in precedenza. Le verifiche sono state condotte con il metodo agli Stati Limite, in accordo a quanto indicato dal testo normativo vigente.

Di seguito si riporta un'immagine del modello analizzato.



MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI

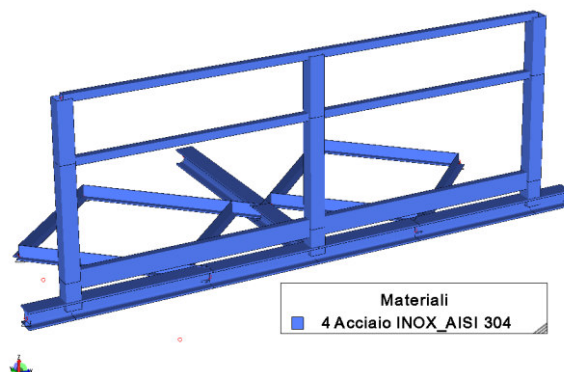
#### STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

##### INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	FEM_impalcato
Intestazione del lavoro	Simpalcato pozzetti
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica
Tipo di soluzione	Lineare
Unità di misura delle forze	kg
Unità di misura delle lunghezze	cm

#### LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
2	Acciaio no peso	+2.10e+006	0.300	0.00001	+1.20e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
4	Acciaio INOX_AISI 304	+2.00e+006	0.300	0.00800	+1.20e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
5	rigidoleggero	+1.00e+010	0.300	0.00000	+1.20e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000



#### MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI- MATERIALI UTILIZZATI

#### RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE

##### SEZIONE RETTANGOLARE CAVA

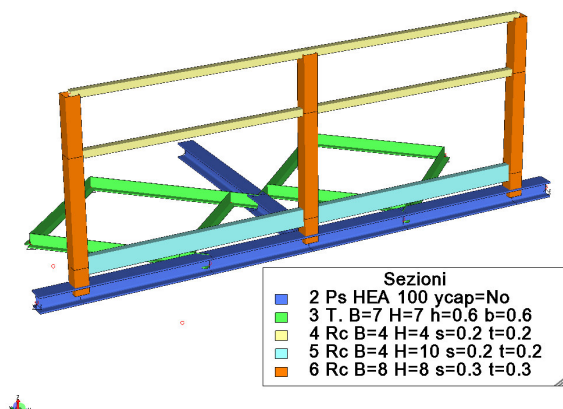
Codice	B	H	s	t
1	7.000	7.000	0.600	0.600
4	4.000	4.000	0.200	0.200
5	4.000	10.000	0.200	0.200
6	8.000	8.000	0.300	0.300

##### SEZIONE A T

Codice	B	H	h	b
3	7.000	7.000	0.600	0.600

##### SEZIONE PROFILO SEMPLICE

Codice	Codice sezione	Asse Y capovolto
2	HEA 100	No



## MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI- SEZIONI UTILIZZATE

### CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

#### Carico distribuito con riferimento globale Y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
FY_spintaparepetto [kg/cm]	25	Condizione 2	Eccezionale	-1.000000	0.000	-1.000000	0.000	0.3000	0.3000

#### Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
G2_impalcato [kg/cm]	24	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.005000	0.000	-0.005000	0.000	1.0000	1.0000
QcatA_impalcato	27	Condizione 3	Variabile: Domestici e residenziali	-0.020000	0.000	-0.020000	0.000	0.3000	0.3000

### COMBINAZIONI DI CARICO

#### NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	SLU_01_1.3G+1.5(Q+psil0*Fy)	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Eccezionale	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3 Condizione 2	1.300 1.300 1.500 1.050

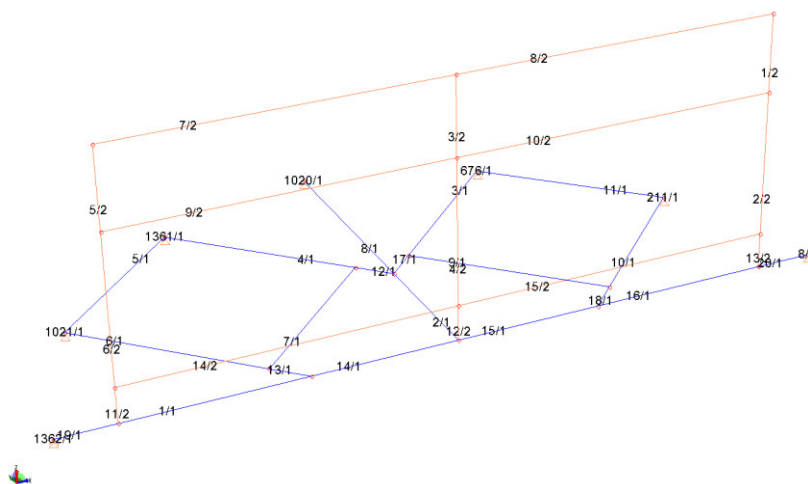
#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
2	SLE_R	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Eccezionale	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3 Condizione 2	1.000 1.000 1.000 1.000
3	d_max	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	1.000
			Eccezionale	Condizione 2	1.000
4	d2_max	Tipologia: Rara	Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	1.000
			Eccezionale	Condizione 2	1.000
5	SLE_spintaparapetto	Tipologia: Rara	Eccezionale	Condizione 2	1.000

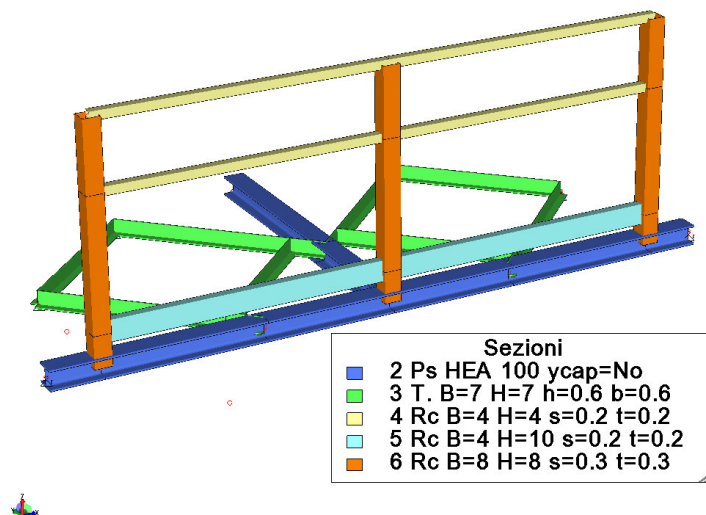
#### 4.1.1 Verifica della struttura in acciaio inox

La struttura dell'impalcato in acciaio INOX (**AISI 304**) di opportune sezioni, meglio indicate in seguito, è stata dimensionata e verificata con l'ausilio del software MasterSap. Nelle immagini successive sono visibili la nomenclatura degli elementi strutturali, le sezioni, lo stato sollecitante presente e gli indici di resistenza, questi ultimi, in particolare, evidenziano il soddisfacimento di quanto imposto dal testo normativo vigente.

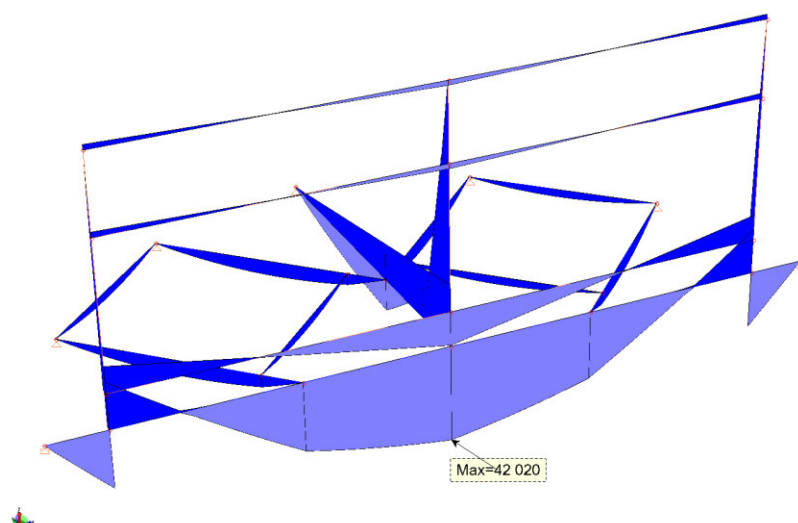


NOMENCLATURA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

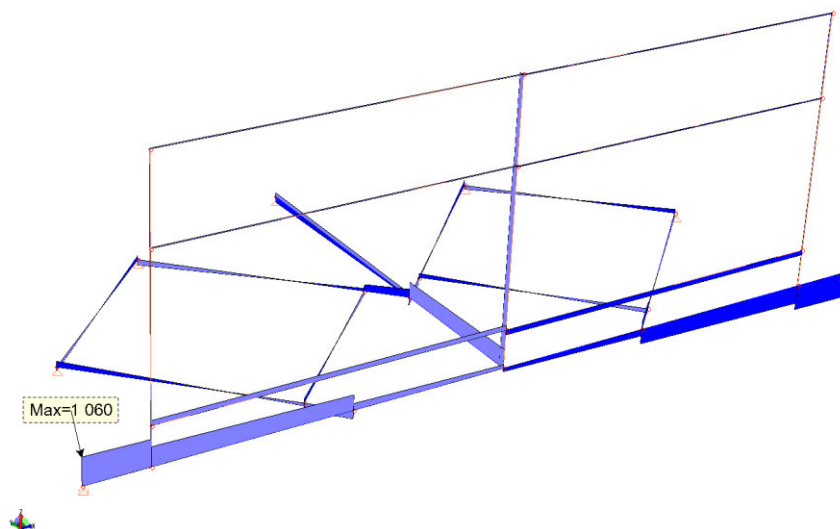




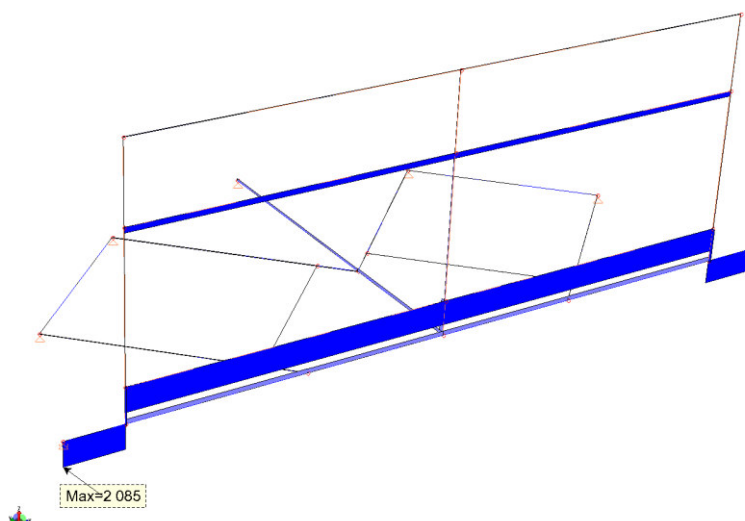
SEZIONI



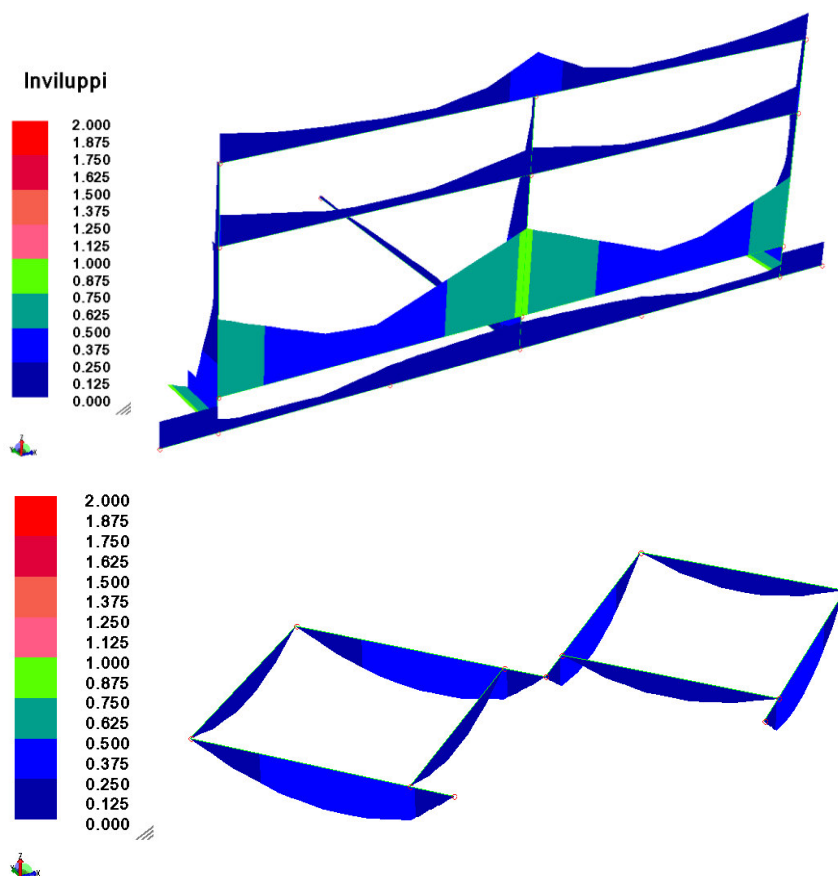
MOMENTO FLETTENTE –  $M_z$



TAGLIO –  $F_y$



SFORZO ASSIALE –  $F_x$



#### INDICI DI RESISTENZA

A seguire si riportano i tabulati di verifica di alcuni elementi strutturali.

#### 4.1.1.1 RES - Verifica di resistenza (SLU)

Allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita Umana (SLV) e allo Stato Limite Ultimo (SLU) si ha:

Lavoro: **FEM\_impalcato** Intestazione lavoro: **Simpalcato pozzetti**  
Elemento: **TRAVE** Metodo di verifica: **Eurocodice 3**  
Gruppo: **1** Descrizione: **impalcato**  
Tabella: **TRA\_INOX [res]**  
Tipo acciaio: **INOX AISI304**  
 $\gamma_{M0}$ : **1.100**  $\gamma_{M1}$ : **1.100**  $\gamma_{M1}'$ : **1.100**  $\gamma_{M2}$ : **1.250**  $\gamma_{M0}$  Pf: **1.000**  $\gamma_{M1}$  Pf: **1.000**  
Tipo collegamento: **saldato** Connessione su un solo lato Connessione sul lato corto (solo 'L')

**ASTA NUM. 1** NI 1360 NF 10 Lungh. 74.9 cm SEZ. 2 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: 0.1696 0.2500 1.0000 1.4196 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
--	--											
	cm		kg			kg*m						
1	0	378	742	16	3	9	-199	1	0.09	0.01	0.12	
1	12	378	716	16	3	7	-108	1	0.08	0.01	0.06	
1	25	378	691	16	3	5	-20	1	0.08	0.01	0.01	
1	37	378	665	16	3	3	65	1	0.08	0.01	0.04	
1	50	378	640	16	3	1	146	1	0.07	0.01	0.09	
1	62	378	614	16	3	-1	224	1	0.07	0.01	0.13	
1	75	378	589	16	3	-3	300	1	0.07	0.01	0.18	

**ASTA NUM. 2** NI 9 NF 6 Lungh. 61.1 cm SEZ. 2 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: 0.1696 0.2500 1.0000 1.4196 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
--	--											
	cm		kg			kg*m						
1	0	258	741	-0	0	-0	-275	1	0.08	0.01	0.16	
1	10	258	720	-0	0	-0	-200	1	0.08	0.01	0.12	
1	20	258	699	-0	0	-0	-128	1	0.08	0.01	0.08	
1	31	258	678	-0	0	-0	-58	1	0.08	0.01	0.03	
1	41	258	657	-0	0	-0	10	1	0.07	0.01	0.01	
1	51	258	637	-0	0	-0	76	1	0.07	0.01	0.04	
1	61	258	616	-0	0	0	140	1	0.07	0.01	0.08	

**ASTA NUM. 8** NI 6 NF 1020 Lungh. 98.9 cm SEZ. 2 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: 0.1696 0.2500 1.0000 1.4196 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
--	--											
	cm		kg			kg*m						
1	0	190	-40	0	0	0	140	1	0.00	0.00	0.08	
1	16	190	-74	0	0	0	130	1	0.01	0.00	0.08	
1	33	190	-108	0	0	0	115	1	0.01	0.00	0.07	
1	49	190	-141	0	0	0	95	1	0.02	0.00	0.06	
1	66	190	-175	0	0	0	69	1	0.02	0.00	0.04	
1	82	190	-209	0	0	0	37	1	0.02	0.00	0.02	
1	99	190	-243	0	0	0	0	--	0.03	0.00	0.00	

**ASTA NUM. 14** NI 10 NF 9 Lungh. 61.1 cm SEZ. 2 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: 0.1696 0.2500 1.0000 1.4196 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	357	259	-4	2	-3	300	1	0.03	0.01	0.18	
1	10	357	238	-4	2	-2	326	1	0.03	0.01	0.19	
1	20	357	217	-4	2	-2	349	1	0.02	0.01	0.21	
1	31	357	196	-4	2	-1	370	1	0.02	0.01	0.22	
1	41	357	175	-4	2	-1	389	1	0.02	0.01	0.23	
1	51	357	154	-4	2	-0	406	1	0.02	0.01	0.24	
1	61	357	134	-4	2	0	420	1	0.02	0.01	0.25	

**ASTA NUM. 15** NI 9 NF 2 Lungh. 61.1 cm SEZ. 2 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: 0.1696 0.2500 1.0000 1.4196 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	357	-134	4	-2	0	420	1	0.02	0.01	0.25	
1	10	357	-154	4	-2	-0	406	1	0.02	0.01	0.24	
1	20	357	-175	4	-2	-1	389	1	0.02	0.01	0.23	
1	31	357	-196	4	-2	-1	370	1	0.02	0.01	0.22	
1	41	357	-217	4	-2	-2	349	1	0.02	0.01	0.21	
1	51	357	-238	4	-2	-2	326	1	0.03	0.01	0.19	
1	61	357	-259	4	-2	-3	300	1	0.03	0.01	0.18	

**ASTA NUM. 16** NI 2 NF 1359 Lungh. 74.9 cm SEZ. 2 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: 0.1696 0.2500 1.0000 1.4196 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	378	-589	-16	-3	-3	300	1	0.07	0.01	0.18	
1	12	378	-614	-16	-3	-1	224	1	0.07	0.01	0.13	
1	25	378	-640	-16	-3	1	146	1	0.07	0.01	0.09	
1	37	378	-665	-16	-3	3	65	1	0.08	0.01	0.04	
1	50	378	-691	-16	-3	5	-20	1	0.08	0.01	0.01	
1	62	378	-716	-16	-3	7	-108	1	0.08	0.01	0.06	
1	75	378	-742	-16	-3	9	-199	1	0.09	0.01	0.12	

**ASTA NUM. 19** NI 1362 NF 1360 Lungh. 24.0 cm SEZ. 2 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: 0.1696 0.2500 1.0000 1.4196 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	-2085	1060	34	-19	0	0	1	0.23	0.05	0.00	
1	4	-2085	1052	34	-19	-1	42	1	0.23	0.05	0.02	
1	8	-2085	1044	34	-19	-3	84	1	0.23	0.05	0.05	

1	12	-2085	1036	34	-19	-4	126	1	0.23	0.05	0.07
1	16	-2085	1027	34	-19	-5	167	1	0.23	0.05	0.10
1	20	-2085	1019	34	-19	-7	208	1	0.23	0.05	0.12
1	24	-2085	1011	34	-19	-8	249	1	0.23	0.05	0.15

**ASTA NUM. 20** NI 1359 NF 8 Lungh. 24.0 cm SEZ. 2 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: 0.1696 0.2500 1.0000 1.4196 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	-2085	-1011	-34	19	-8	249	1	0.23	0.05	0.15	
1	4	-2085	-1019	-34	19	-7	208	1	0.23	0.05	0.12	
1	8	-2085	-1027	-34	19	-5	167	1	0.23	0.05	0.10	
1	12	-2085	-1036	-34	19	-4	126	1	0.23	0.05	0.07	
1	16	-2085	-1044	-34	19	-3	84	1	0.23	0.05	0.05	
1	20	-2085	-1052	-34	19	-1	42	1	0.23	0.05	0.02	
1	24	-2085	-1060	-34	19	0	-0	1	0.23	0.05	0.00	

Lavoro: **FEM impalcato** Intestazione lavoro: **Simpalcato pozzetti**  
 Elemento: **TRAVE** Metodo di verifica: **Eurocodice 3**  
 Gruppo: **2** Descrizione: **parapetto**  
 Tabella: **TRA INOX [res]**  
 Tipo acciaio: **INOX AISI304**  
☐M0: **1.100** ☐M1': **1.100** ☐M1'': **1.100** ☐M2: **1.250** ☐M0 Pf: **1.000** ☐M1 Pf: **1.000**  
 Tipo collegamento: **saldato** Connessione su un solo lato Connessione sul lato corto (solo 'L')

**ASTA NUM. 1** NI 1358 NF 1355 Lungh. 33.0 cm SEZ. 6 Rc B= 8.0 H= 8.0 s= 0.3 t= 0.3 cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	-35	49	38	-2	33	-15	1	0.01	0.00	0.06	
1	6	-34	49	38	-2	31	-12	1	0.01	0.00	0.06	
1	11	-34	49	38	-2	29	-10	1	0.01	0.00	0.05	
1	17	-33	49	38	-2	27	-7	1	0.01	0.00	0.05	
1	22	-33	49	38	-2	25	-4	1	0.01	0.00	0.05	
1	28	-32	49	38	-2	23	-2	1	0.01	0.00	0.04	
1	33	-31	49	38	-2	21	1	1	0.01	0.00	0.04	

**ASTA NUM. 2** NI 1350 NF 1358 Lungh. 62.0 cm SEZ. 6 Rc B= 8.0 H= 8.0 s= 0.3 t= 0.3 cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	-74	30	-397	10	-191	-33	1	0.08	0.00	0.35	
1	10	-73	30	-397	10	-150	-29	1	0.08	0.00	0.27	
1	21	-72	30	-397	10	-109	-26	1	0.08	0.00	0.20	
1	31	-71	30	-397	10	-67	-23	1	0.08	0.00	0.12	
1	41	-70	30	-397	10	-26	-20	1	0.08	0.00	0.05	
1	52	-69	30	-397	10	15	-17	1	0.08	0.00	0.03	
1	62	-68	30	-397	10	56	-14	1	0.08	0.00	0.10	

**ASTA NUM. 3** NI 1356 NF 1353 Lungh. 33.0 cm SEZ. 6 Rc B= 8.0 H= 8.0 s= 0.3 t= 0.3 cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						

cm		kg		kg*m							
1	0	51	188	-0	-0	-0	-64	1	0.03	0.00	0.12
1	6	52	188	-0	-0	-0	-54	1	0.03	0.00	0.10
1	11	52	188	-0	-0	-0	-43	1	0.03	0.00	0.08
1	17	53	188	-0	-0	-0	-33	1	0.03	0.00	0.06
1	22	53	188	-0	-0	-0	-23	1	0.03	0.00	0.04
1	28	54	188	-0	-0	-0	-12	1	0.03	0.00	0.02
1	33	54	188	-0	-0	0	-2	1	0.03	0.00	0.00
<b>ASTA NUM. 4</b> NI 1348 NF 1356 Lungh. 62.0 cm SEZ. 6 Rc B= 8.0 H= 8.0 s= 0.3 t= 0.3 cm											

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	kg			kg*m							
1	0	104	225	0	-0	0	-206	1	0.04	0.01	0.38	
1	10	105	225	0	-0	0	-183	1	0.04	0.01	0.34	
1	21	106	225	0	-0	0	-160	1	0.04	0.01	0.29	
1	31	107	225	0	-0	0	-136	1	0.04	0.01	0.25	
1	41	108	225	0	-0	0	-113	1	0.04	0.01	0.21	
1	52	109	225	0	-0	-0	-90	1	0.04	0.01	0.17	
1	62	110	225	0	-0	-0	-67	1	0.04	0.01	0.12	
ASTA NUM. 5		NI 1357	NF 1354	Lungh.	33.0 cm		SEZ. 6	Rc	B= 8.0	H= 8.0	s= 0.3	t= 0.3 cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota			
	cm	kg			kg*m										
1	0	-35	49	-38	2	-33	-15	1	0.01	0.00	0.06				
1	6	-34	49	-38	2	-31	-12	1	0.01	0.00	0.06				
1	11	-34	49	-38	2	-29	-10	1	0.01	0.00	0.05				
1	17	-33	49	-38	2	-27	-7	1	0.01	0.00	0.05				
1	22	-33	49	-38	2	-25	-4	1	0.01	0.00	0.05				
1	28	-32	49	-38	2	-23	-2	1	0.01	0.00	0.04				
1	33	-31	49	-38	2	-21	1	1	0.01	0.00	0.04				
ASTA NUM. 6		NI 1349	NF 1357	Lungh.	62.0 cm		SEZ. 6	Rc B=	8.0	H=	8.0	s=	0.3	t=	0.3 cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	kg			kg*m							
1	0	-74	30	397	-10	191	-33	1	0.08	0.00	0.35	
1	10	-73	30	397	-10	150	-29	1	0.08	0.00	0.27	
1	21	-72	30	397	-10	109	-26	1	0.08	0.00	0.20	
1	31	-71	30	397	-10	67	-23	1	0.08	0.00	0.12	
1	41	-70	30	397	-10	26	-20	1	0.08	0.00	0.05	
1	52	-69	30	397	-10	-15	-17	1	0.08	0.00	0.03	
1	62	-68	30	397	-10	-56	-14	1	0.08	0.00	0.10	
ASTA NUM. 7		NI 1354	NF 1353	Lungh.	136.0 cm		SEZ. 4	Rc	B= 4.0	H= 4.0	s= 0.2	t= 0.2 cm

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.0243 0.0243 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
----	---	----	----	----	----	----	----	--------	--------	--------	------	------

cm		kg			kg*m						
1	0	38	31	49	1	2	-21	1	0.03	0.01	0.23
1	23	38	31	25	1	-7	-13	1	0.02	0.01	0.15
1	45	38	30	1	1	-10	-7	1	0.02	0.01	0.11
1	68	38	29	-23	1	-7	0	1	0.02	0.01	0.08
1	91	38	29	-46	1	1	7	1	0.03	0.01	0.08
1	113	38	28	-70	1	14	13	1	0.04	0.01	0.16
1	136	38	27	-94	1	32	19	1	0.05	0.01	0.37

**ASTA NUM. 8** NI 1353 NF 1355 Lungh. 136.0 cm SEZ. 4 Rc B= 4.0 H= 4.0 s= 0.2 t= 0.2 cm

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.0243 0.0243 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	kg			kg*m							
1	0	38	-27	94	-1	32	19	1	0.05	0.01	0.37	
1	23	38	-28	70	-1	14	13	1	0.04	0.01	0.16	
1	45	38	-29	46	-1	1	7	1	0.03	0.01	0.08	
1	68	38	-29	23	-1	-7	0	1	0.02	0.01	0.08	
1	91	38	-30	-1	-1	-10	-7	1	0.02	0.01	0.11	
1	113	38	-31	-25	-1	-7	-13	1	0.02	0.01	0.15	
1	136	38	-31	-49	-1	2	-21	1	0.03	0.01	0.23	

**ASTA NUM. 9** NI 1357 NF 1356 Lungh. 136.0 cm SEZ. 4 Rc B= 4.0 H= 4.0 s= 0.2 t= 0.2 cm

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.0243 0.0243 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	kg			kg*m							
1	0	-435	34	-18	1	-12	-23	1	0.02	0.07	0.26	
1	23	-435	33	-18	1	-7	-15	1	0.02	0.07	0.17	
1	45	-435	32	-18	1	-3	-8	1	0.02	0.07	0.09	
1	68	-435	32	-18	1	1	-0	1	0.02	0.07	0.01	
1	91	-435	31	-18	1	5	7	1	0.02	0.07	0.08	
1	113	-435	30	-18	1	9	14	1	0.02	0.07	0.15	
1	136	-435	29	-18	1	13	20	1	0.02	0.07	0.23	

**ASTA NUM. 10** NI 1356 NF 1358 Lungh. 136.0 cm SEZ. 4 Rc B= 4.0 H= 4.0 s= 0.2 t= 0.2 cm

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.0243 0.0243 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	kg			kg*m							
1	0	-435	-29	18	-1	13	20	1	0.02	0.07	0.23	
1	23	-435	-30	18	-1	9	14	1	0.02	0.07	0.15	
1	45	-435	-31	18	-1	5	7	1	0.02	0.07	0.08	
1	68	-435	-32	18	-1	1	-0	1	0.02	0.07	0.01	
1	91	-435	-32	18	-1	-3	-8	1	0.02	0.07	0.09	
1	113	-435	-33	18	-1	-7	-15	1	0.02	0.07	0.17	
1	136	-435	-34	18	-1	-12	-23	1	0.02	0.07	0.26	



**ASTA NUM. 11** NI 1360 NF 1349 Lungh. 15.0 cm SEZ. 6 Rc B= 8.0 H= 8.0 s= 0.3 t= 0.3 cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	-269	18	2463	-17	447	-22	1	0.48	0.01	0.82	
1	8	-268	18	2463	-17	263	-20	1	0.48	0.01	0.48	
1	15	-267	18	2463	-17	78	-19	1	0.48	0.01	0.14	

**ASTA NUM. 12** NI 9 NF 1348 Lungh. 15.0 cm SEZ. 6 Rc B= 8.0 H= 8.0 s= 0.3 t= 0.3 cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	473	249	0	-0	0	-271	1	0.05	0.03	0.50	
1	8	474	249	0	-0	0	-252	1	0.05	0.03	0.46	
1	15	475	249	0	-0	0	-234	1	0.05	0.03	0.43	

**ASTA NUM. 13** NI 1359 NF 1350 Lungh. 15.0 cm SEZ. 6 Rc B= 8.0 H= 8.0 s= 0.3 t= 0.3 cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	-269	18	-2463	17	-447	-22	1	0.48	0.01	0.82	
1	8	-268	18	-2463	17	-263	-20	1	0.48	0.01	0.48	
1	15	-267	18	-2463	17	-78	-19	1	0.48	0.01	0.14	

**ASTA NUM. 14** NI 1349 NF 1348 Lungh. 136.0 cm SEZ. 5 Rc B= 4.0 H= 10.0 s= 0.2 t= 0.2 cm

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.0435 0.0435 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	-2066	193	-12	14	-7	-113	4	0.08	0.20	0.65	
1	23	-2066	192	-12	14	-5	-69	4	0.08	0.20	0.48	
1	45	-2066	190	-12	14	-2	-26	4	0.08	0.20	0.30	
1	68	-2066	189	-12	14	1	17	4	0.08	0.20	0.26	
1	91	-2066	188	-12	14	3	60	4	0.08	0.20	0.44	
1	113	-2066	187	-12	14	6	103	4	0.08	0.20	0.61	
1	136	-2066	185	-12	14	9	145	4	0.08	0.20	0.78	

**ASTA NUM. 15** NI 1348 NF 1350 Lungh. 136.0 cm SEZ. 5 Rc B= 4.0 H= 10.0 s= 0.2 t= 0.2 cm

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.0435 0.0435 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		kg			kg*m						
1	0	-2066	-185	12	-14	9	145	4	0.08	0.20	0.78	
1	23	-2066	-187	12	-14	6	103	4	0.08	0.20	0.61	
1	45	-2066	-188	12	-14	3	60	4	0.08	0.20	0.44	
1	68	-2066	-189	12	-14	1	17	4	0.08	0.20	0.26	
1	91	-2066	-190	12	-14	-2	-26	4	0.08	0.20	0.30	
1	113	-2066	-192	12	-14	-5	-69	4	0.08	0.20	0.48	

1 136 -2066 -193 12 -14 -7 -113 4 0.08 0.20 0.65

Lavoro: **FEM impalcato** Intestazione lavoro: **Simpalcato pozzetti**  
Elemento: **TRAVE** Metodo di verifica: **Stati limite**  
Gruppo: **1** Descrizione: **impalcato**  
Tabella: **TRA(T)\_SL\_RES**  
Tipo acciaio: **INOX AISI304**

**ASTA NUM. 3** NI 676 NF 7 Lungh. 87.0 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	48	-220	0	0	0	-0	6.0	1.1	5.1	0.0	10.8	3	
1	17	48	-155	0	0	0	-33	6.0	435.1	3.6	0.0	429.0	5	
1	35	48	-90	0	0	0	-54	6.0	719.1	2.1	0.0	713.1	5	
1	52	48	-25	0	0	-0	-64	6.0	852.9	0.6	0.0	846.9	5	
1	70	48	40	0	0	-0	-63	6.0	836.3	0.9	0.0	830.3	5	
1	87	48	105	0	0	-0	-50	6.0	669.4	2.4	0.0	663.4	5	

**ASTA NUM. 4** NI 209 NF 1361 Lungh. 87.0 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	48	-105	-0	0	-0	-50	6.0	669.4	2.4	0.0	663.4	5	
1	17	48	-40	-0	0	-0	-63	6.0	836.3	0.9	0.0	830.3	5	
1	35	48	25	-0	0	-0	-64	6.0	852.9	0.6	0.0	846.9	5	
1	52	48	90	-0	0	0	-54	6.0	719.1	2.1	0.0	713.1	5	
1	70	48	155	-0	0	0	-33	6.0	435.1	3.6	0.0	429.0	5	
1	87	48	220	-0	0	0	-0	6.0	1.1	5.1	0.0	10.8	3	

**ASTA NUM. 5** NI 1361 NF 1021 Lungh. 86.4 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	-0	-161	0	0	0	-0	0.0	1.1	3.7	0.0	6.5	3	
1	17	-0	-97	0	0	0	-22	0.0	296.9	2.2	0.0	296.9	5	
1	35	-0	-32	0	0	0	-33	0.0	445.0	0.7	0.0	445.0	5	
1	52	-0	32	0	0	0	-33	0.0	444.7	0.7	0.0	444.7	5	
1	69	-0	97	0	0	-0	-22	0.0	296.2	2.2	0.0	296.2	5	
1	86	-0	161	0	0	-0	0	0.0	0.7	3.7	0.0	6.5	3	

**ASTA NUM. 6** NI 1021 NF 159 Lungh. 87.0 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	-29	-221	0	0	-0	0	3.6	0.6	5.1	0.0	9.6	3	

1	17	-29	-156	0	0	-0	-33	3.6	435.3	3.6	0.0	438.9	5
1	35	-29	-91	0	0	-0	-54	3.6	720.9	2.1	0.0	724.5	5
1	52	-29	-26	0	0	-0	-64	3.6	856.1	0.6	0.0	859.7	5
1	70	-29	39	0	0	-0	-63	3.6	841.0	0.9	0.0	844.6	5
1	87	-29	104	0	0	-0	-51	3.6	675.5	2.4	0.0	679.1	5

**ASTA NUM. 7** NI 159 NF 209 Lungh. 86.4 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	1	-163	0	0	0	1	0.1	15.9	3.8	0.0	16.0	5	
1	17	1	-98	0	0	0	-21	0.1	284.0	2.3	0.0	283.9	5	
1	35	1	-34	0	0	0	-33	0.1	435.6	0.8	0.0	435.5	5	
1	52	1	31	0	0	0	-33	0.1	438.8	0.7	0.0	438.7	5	
1	69	1	95	0	0	0	-22	0.1	293.8	2.2	0.0	293.7	5	
1	86	1	160	0	0	0	-0	0.1	0.8	3.7	0.0	6.4	3	

**ASTA NUM. 9** NI 7 NF 3 Lungh. 86.4 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	1	-160	-0	0	0	-0	0.1	0.8	3.7	0.0	6.4	3	
1	17	1	-95	-0	0	0	-22	0.1	293.8	2.2	0.0	293.7	5	
1	35	1	-31	-0	0	0	-33	0.1	438.8	0.7	0.0	438.7	5	
1	52	1	34	-0	0	0	-33	0.1	435.6	0.8	0.0	435.5	5	
1	69	1	98	-0	0	0	-21	0.1	284.0	2.3	0.0	283.9	5	
1	86	1	163	-0	0	0	1	0.1	15.9	3.8	0.0	16.0	5	

**ASTA NUM. 10** NI 3 NF 211 Lungh. 87.0 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	-29	-104	-0	0	-0	-51	3.6	675.5	2.4	0.0	679.1	5	
1	17	-29	-39	-0	0	-0	-63	3.6	841.0	0.9	0.0	844.6	5	
1	35	-29	26	-0	0	-0	-64	3.6	856.1	0.6	0.0	859.7	5	
1	52	-29	91	-0	0	-0	-54	3.6	720.9	2.1	0.0	724.5	5	
1	70	-29	156	-0	0	-0	-33	3.6	435.3	3.6	0.0	438.9	5	
1	87	-29	221	-0	0	-0	0	3.6	0.6	5.1	0.0	9.6	3	

**ASTA NUM. 11** NI 211 NF 676 Lungh. 86.4 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf (Fx)	Sf (M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	-0	-161	-0	0	-0	0	0.0	0.7	3.7	0.0	6.5	3	

1	17	-0	-97	-0	0	-0	-22	0.0	296.2	2.2	0.0	296.2	5
1	35	-0	-32	-0	0	0	-33	0.0	444.7	0.7	0.0	444.7	5
1	52	-0	32	-0	0	0	-33	0.0	445.0	0.7	0.0	445.0	5
1	69	-0	97	-0	0	0	-22	0.0	296.9	2.2	0.0	296.9	5
1	86	-0	161	-0	0	0	-0	0.0	1.1	3.7	0.0	6.5	3

**ASTA NUM. 12** NI 6 NF 209 Lungh. 17.0 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf(Fx)	Sf(M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	48	-328	1	0	0	0	6.0	0.0	7.6	0.0	14.5	3	
1	8	48	-296	1	0	-0	-27	6.0	352.9	6.9	0.0	346.9	5	
1	17	48	-265	1	0	-0	-50	6.0	670.0	6.1	0.0	663.9	5	

**ASTA NUM. 13** NI 159 NF 10 Lungh. 17.0 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf(Fx)	Sf(M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	-29	267	-1	0	-0	-51	3.6	674.9	6.2	0.0	678.5	5	
1	8	-29	298	-1	0	-0	-27	3.6	355.4	6.9	0.0	359.0	5	
1	17	-29	330	-1	0	0	-0	3.6	0.0	7.6	0.0	13.7	3	

**ASTA NUM. 17** NI 7 NF 6 Lungh. 17.0 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf(Fx)	Sf(M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	48	265	-1	0	-0	-50	6.0	670.0	6.1	0.0	663.9	5	
1	8	48	296	-1	0	-0	-27	6.0	352.9	6.9	0.0	346.9	5	
1	17	48	328	-1	0	0	-0	6.0	0.0	7.6	0.0	14.5	3	

**ASTA NUM. 18** NI 2 NF 3 Lungh. 17.0 cm SEZ. 3 T. B= 7.0 H= 7.0 b= 0.6 h= 0.6 cm

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.  
qy medio: -0.0643 -0.5000 -2.0000 -2.5643 kg/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sf(Fx)	Sf(M)	taglio	tors.	Sf.id.	Loc.	Nota
	cm		kg			kg*m				kg/cmq				
1	0	-29	-330	1	0	0	0	3.6	0.0	7.6	0.0	13.7	3	
1	8	-29	-298	1	0	-0	-27	3.6	355.4	6.9	0.0	359.0	5	
1	17	-29	-267	1	0	-0	-51	3.6	674.9	6.2	0.0	678.5	5	

I tabulati riportati evidenziano il soddisfacimento di quanto imposto dal testo normativo vigente.

#### 4.1.1.2 SLE - Stato limite di deformazione e/o spostamento (SLE)

Agli Stati Limite di Esercizio (SLE) le verifiche sono state sviluppate in termini di deformate, la seguente disuguaglianza evidenzia il soddisfacimento di quanto imposto dal testo normativo vigente.

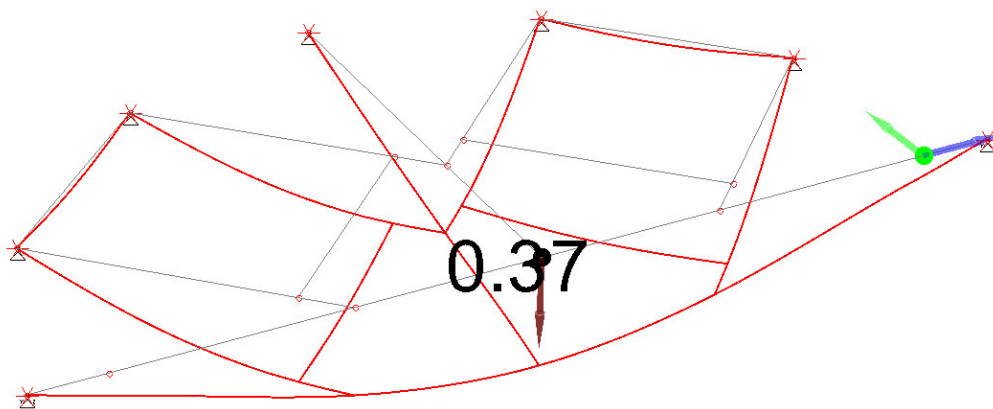
Per il caso di *solai in generale*, in presenza di tutti i carichi:

$$\delta_{sd\ max,z} = 0.37\ cm \leq \delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{320}{250} = 1.28\ cm \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

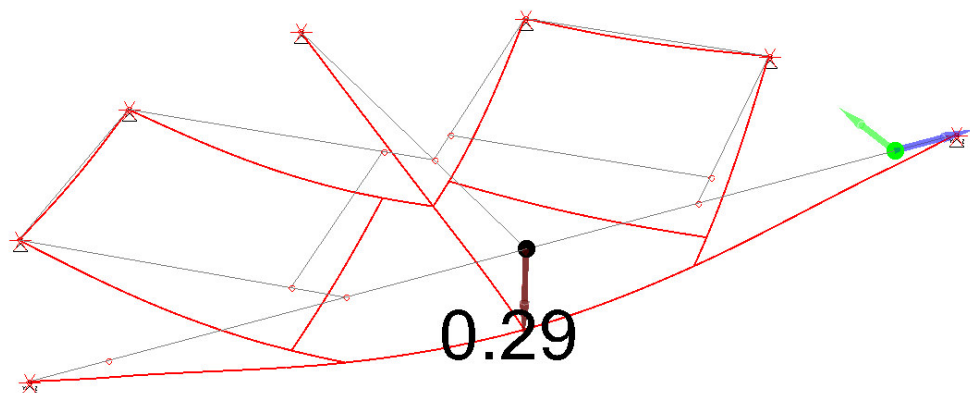
Per il caso di *solai in generale*, in presenza del solo carico accidentale:

$$\delta_{sd\ 2,z} = 0.29\ cm \leq \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{320}{300} = 1.07\ cm \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

dove  $\delta_{sd\ max,z}$  e  $\delta_{sd\ 2,z}$  rappresentano gli spostamenti elastici in direzione Z (gravità) calcolati rispettivamente sotto l'azione della combinazione #03\_d\_max e sotto l'azione dei soli carichi variabili identificati nella combinazione #04\_d2\_max.



DEFORMATA IN PRESENZA DI TUTTI I CARICHI (#03\_d\_max)



DEFORMATA IN PRESENZA DEL SOLO CARICO ACCIDENTALE (#04\_d2\_max)

## 4.2 I grigliati elettrosaldati in acciaio inox

I grigliati di impalcato, in acciaio inox (**AISI 304**), presentano una maglia 22x38 mm ed un piatto di 25x3 mm. I grigliati considerati nella presente relazione sono prodotti dalla ditta “Gridiron group” di cui si riporta nella figura che segue un estratto dal catalogo tecnico.

**NOTA:** Si precisa che l'elemento finale che verrà posta in opera potrà non essere quello qui analizzato a titolo di esempio, purché rispettino le ipotesi di carico qui presentate, siano compatibili con gli scopi previsti in fase di progetto, ed abbiano caratteristiche meccaniche, di resistenza etc. almeno pari, se non superiori, a quelle qui descritte. Sarà quindi compito dell'impresa esecutrice fornire i relativi certificati delle tipologie realmente poste in opere in accordo con la D.L. Tali certificati verranno quindi allegati per completezza alla relazione finale delle opere.



### CLASSI DI PORTATA-CARICHI-IMPRONTE

NORME UNI 11002 - 1 : 2002

I pannelli di grigliato elettrosaldato e/o pressato si suddividono nelle seguenti classi di portata:

1 CARICO PEDONALE

2-3-4 CARICO DI VEICOLI STRADALI

Ogni classe è determinata da due elementi caratteristici:

• IL CARICO

• L'IMPRONTA

Per la classe di portata 1, il carico si intende uniformemente distribuito su tutta la superficie del pannello e non riguarda altri carichi particolari.

Per le classi di portata 2,3 e 4 il carico si intende applicato sull'impronta corrispondente alla propria classe.

I carichi e le impronte sono stati selezionati in base alle masse totali a terra a pieno carico ed alla distribuzione dei carichi per impronta dei vari tipi di veicoli attualmente in circolazione. Il tipo di utilizzo previsto per i pannelli deve essere precisato dal committente.

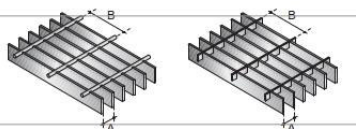
CARICO PEDONALE		
CLASSE	PORTATA (TPO)	CARICO DINAMICO P (N/m²)
1	folia compatta	6300

nota 1 - Il D.M. n° 603/89 prescrive le prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche al punto 8.2.2 stabilisce che i grigliati inseriti nelle pavimentazioni devono essere realizzati con maglie non attraversabili da una sfera di 2 cm di diametro.

nota 2 - La classe di portata 1 non riguarda eventuali applicazioni di carichi locali concentrati (piedini di armadi scaffalature o altro) che devono prevedere ulteriori verifiche meccaniche.

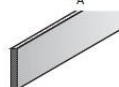
#### MAGLIE (A e B)

Superficie delimitata dagli interassi di due piatti portanti consecutivi (A) e di due collegamenti trasversali consecutivi (B).



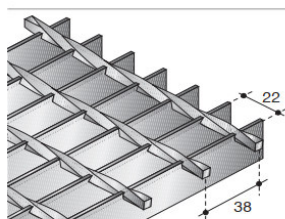
#### PIATTI

Costituiscono gli elementi portanti del grigliato e forniscono al grigliato caratteristiche di portata differenti a seconda della loro dimensione. Vengono disposti con la sezione in verticale e paralleli fra loro. La misura della loro sezione seguita dalla formula della maglia identifica il tipo di grigliato. Es.: 25x2 22x76.



#### DIREZIONE PORTANTE

La direzione dei piatti portanti viene indicata con il simbolo convenzionale →



MAGLIA mm 22x38

PIATTO PORTANTE mm	25x2	25x3	30x3
COLLEGAMENTO mm	4	4	4
PESO GREZZO kg/m²	22,29	32,30	36,75
PESO ZINCATO kg/m²	23,86	33,95	38,62
DIMENSIONI GRATA	6100x997	6100x998	6100x998

SCHEDA TECNICA DEI GRIGLIATI “CLASSE 1 – PEDONALE” – ditta “Gridiron group”

#### 4.2.1 Progetto e Verifica


Si assumono i seguenti parametri di progetto/verifica a titolo cautelativo:

- **Carichi sollecitanti:**
  - carico accidentale (Q, cat. A): 200 kg/m<sup>2</sup> (per maggiori dettagli si rimanda al capitolo relativo all'analisi dei carichi)
- **Luce di calcolo:** L=1.50 m (ipotesi cautelativa)

Adottando le ipotesi di cui sopra si ha:

$$q_{sd} = Q_{acc} = 200 \text{ kg / mq} \leq q_{Rd} = 286 \text{ kg / mq} \quad \text{VERIFICATO}$$

come evidenziato dalla *tabella di calcolo (sovraccarichi ammissibili)* estratta dal catalogo tecnico del produttore del grigliato in esame.



**GRIDIRON**  
BUILD YOUR CHANGES

> TIPO DI PORTATA NORME UNI. 11002		IMPRONTA	1000x1000	200x200	400x200	600x250
		CLASSE	1	2	3	4
		CARICO	1000 daN/impronta carico min.	1000 daN/impronta carico min.	3000 daN/impronta carico min.	9000 daN/impronta carico min.

MAGLIA mm 22x38	PIATTO PORTANTE mm	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
		13830	7667	4907	3407	2503	1887	1325	966	660	466	338	251	191	147	116	92	74	60
		667	444	333	267	222	190	166	134	100	77	60	48	39	32	27	23	19	16
		1185	667	444	333	267	222	178	141	105	80	62	50	40	33	27	23	20	17
		2133	1200	768	533	400	319	239	186	136	102	79	63	50	41	34	28	24	21
25 x 2		20444	11500	7360	5111	3755	2830	1988	1449	990	699	507	377	286	221	173	138	111	91
		1000	667	500	400	333	286	249	201	150	115	91	72	59	48	40	34	29	25
		1778	1000	667	500	400	333	266	212	157	120	94	75	60	50	41	35	29	25
		3200	1800	1152	800	600	478	358	279	204	154	119	94	75	62	51	43	36	31
		29440	16560	10598	7360	5407	4140	3271	2504	1710	1208	877	652	495	382	300	239	192	156
25 x 3		1440	960	720	576	480	411	360	320	260	200	157	125	102	84	70	59	60	43
		2560	1440	960	720	576	480	411	360	272	207	162	129	104	86	71	60	51	43
		4608	2592	1659	1152	864	691	576	482	352	265	205	162	130	106	88	74	62	53
30 x 3																			

La tabella indica le portate teoriche comprensive di effetto dinamico dei vari tipi di grigliato in relazione alle distanze tra gli appoggi. I valori colorati soddisfanno i requisiti di portata indicati dalle seguenti categorie:

> **CLASSE 1** CARICO PEDONALE  
 Portata uniformemente distribuita in daN/mq

> **CLASSE 2** CARICO AUTOVEICOLI FINO A MAX 3.000 Kg  
 Portata concentrata su impronta da 200 x 200 mm espressa in daN/impronta

> **CLASSE 3** CARICO AUTOCARRI LEGGERI FINO A MAX 6.000 Kg  
 Portata concentrata su impronta da 400 x 200 mm espressa in daN/impronta

> **CLASSE 4** CARICO AUTOTRENI O AUTOPORTICOLATI FINO A MAX 45.000 Kg  
 Portata concentrata su impronta da 600 x 250 mm espressa in daN/impronta

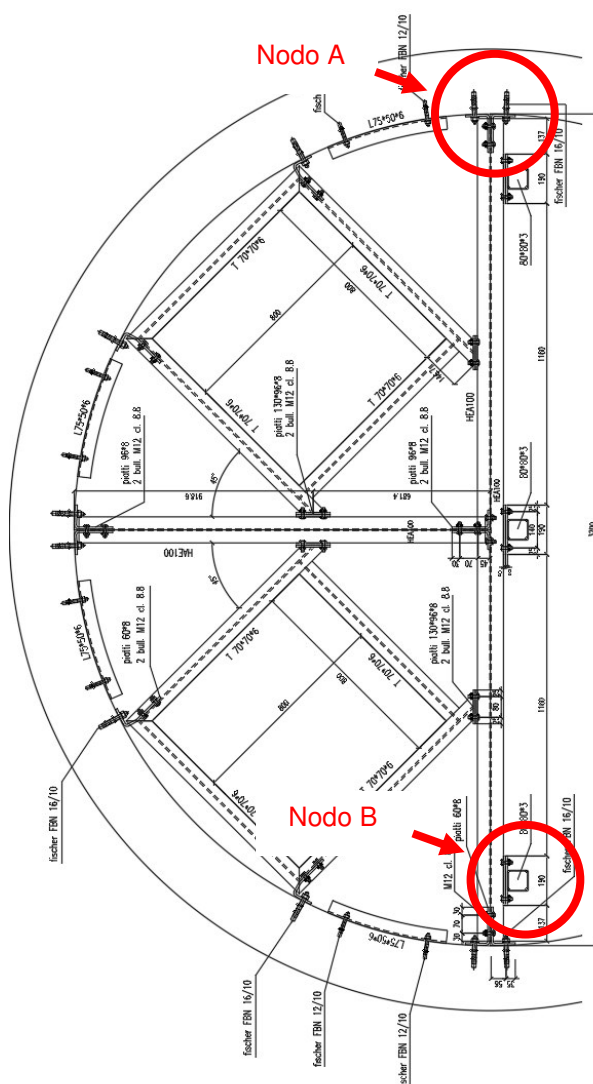
SCHEDA TECNICA – Tabelle di carico grigliati ditta “Gridiron” – maglia 22x38 / piatto 25x3

#### 4.3 I nodi della struttura

I nodi della struttura metallica sono stati dimensionati e verificati sulle prescrizioni date dal testo normativo vigente, con l'ausilio di calcoli manuali semplificati, come suggerito dalla Tecnica e



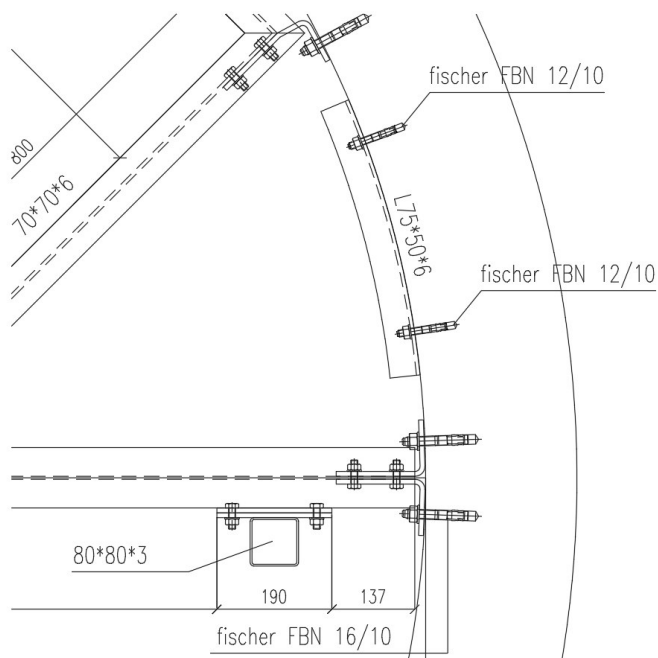
Nell'immagine seguente si riporta uno schema di posizionamento dei nodi.



## NODI STRUTTURALI

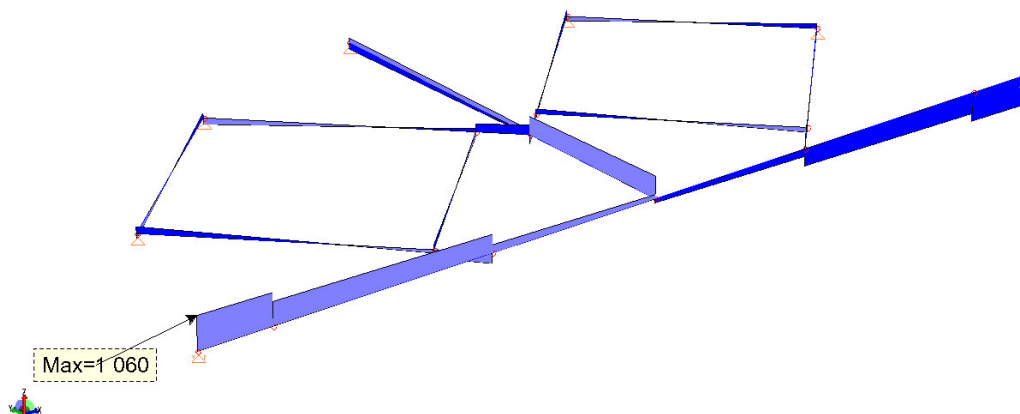
#### 4.3.1 Nodo tipo A – ancoraggio al pozzo

Si riporta nell'immagine che segue uno schema del nodo in esame.



SCHEMA DEL NODO

Il telaio in acciaio è connesso con la struttura in cemento armato mediante tasselli di tipo **Fischer FBN 16/10**. La verifica del nodo è stata eseguita considerando il taglio e la trazione agenti sullo stesso, ricavato dallo studio del modello agli elementi finiti, come riportato nell'immagine che segue.



### AZIONE DI TAGLIO SUL NODO - Fy

Si ricavano le seguenti azioni sul singolo tassello:

$$\text{- Tagluio: } V_{sd} = \frac{F_{y, sd}}{n_{bulloni}} = \frac{10.60}{2} = 5.30 kN$$

Note le sollecitazioni agenti si sono confrontate con le azioni resistenti da catalogo del produttore riportate nell'immagine che segue.

## fischer FBN

Dimensionamento secondo ETA

### 1. Tipo



FBN GS - con rosetta maggiorata (grv)  
(diametro esterno testa circa 3,5 e 4 con valore alla precisione dello DIN 440 per capitanata in legno)



## 4.2

### Caratteristiche e Vantaggi

- Benestare tecnico europeo opzione 7.
- Adatto per applicazioni in calcestruzzo non fissurato.
- Doppia profondità di posa: standard e ridotta.
- Elevata caricabilità riportata al diametro e profondità di foratura.

### Materiali

Corpo espansore: Acciaio passivato (grv) con zincatura elettrolitica (5 µm)  
Acciaio inox 1.4401 (AISI 316 - A4)

Le voci di capitolo sono disponibili all'interno del software completo e su richiesta al servizio tecnico fischer italia

### 2. Carichi a rottura per ancoraggi singoli in assenza di influenza di bordi e interessi di posa

Tipo di ancoraggio	FBN 6		FBN 8		FBN 10		FBN 12		FBN 16		FBN 20	
	$h_{ef} = 40 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 35 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 48 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 42 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 50 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 50 \text{ mm}$ grv	A4
<b>Calcestruzzo non fissurato</b>												
trazione	C 20/25 $N_{yk}$ [kN]	10,6*	10,3	14,0	13,8	17,5*	17,5	18,4	20,6	23,9	23,9	23,9
	C 50/60 $N_{yk}$ [kN]	10,6*	15,2*	17,5*	15,2	23,9*	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9
taglio	C 20/25 $V_{yk}$ [kN]	8,0*	11,3*	15,1*	11,3	15,1*	16,6*	24,0*	16,6	24,0	24,0	24,0
	C 50/60 $V_{yk}$ [kN]	8,0*	11,3*	15,1*	11,3	15,1*	16,6*	24,0*	16,6	24,0	24,0	24,0
<b>Calcestruzzo fissurato</b>												
trazione	C 20/25 $N_{yk}$ [kN]	27,4	27,0	38,5	32,0	33,1	43,0	44,3	54,0	59,1	59,1	59,1
	C 50/60 $N_{yk}$ [kN]	35,2*	35,2*	39,9*	40,6	55,5*	57,2*	68,2*	81,4	89,1	89,1	89,1
taglio	C 20/25 $V_{yk}$ [kN]	27,0*	27,0*	39,9*	33,1	33,1	43,0	44,3	54,0	59,1	59,1	59,1
	C 50/60 $V_{yk}$ [kN]	27,0*	27,0*	39,9*	33,1	33,1	43,0	44,3	54,0	59,1	59,1	59,1

\* Calcestruzzo dell'acciaie

## fischer FBN

Dimensionamento secondo ETA

### 3. Carico caratteristico a rottura, di progetto e ammissibile per ancoraggi singoli in assenza di bordi e interessi di posa

Tipo di ancoraggio	FBN 6		FBN 8		FBN 10		FBN 12		FBN 16		FBN 20	
	$h_{ef} = 40 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 35 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 48 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 42 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 50 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 50 \text{ mm}$ grv	A4
<b>Calcestruzzo non fissurato</b>												
trazione	C 20/25 $N_{yk}$ [kN]	6,0	7,5	12,0	9,0	12,0	16,0	12,0	18,0	22,0	18,0	12,0
	C 50/60 $N_{yk}$ [kN]	8,5	11,6	10,7	14,0	12,8	16,8	13,7	20,0	24,0	20,0	12,0
taglio	C 20/25 $V_{yk}$ [kN]	7,5	10,4	12,8	11,0	12,8	17,0	13,7	20,0	24,0	20,0	12,0
	C 50/60 $V_{yk}$ [kN]	7,5	11,0	12,8	11,0	12,8	17,0	13,7	20,0	24,0	20,0	12,0
<b>Calcestruzzo fissurato</b>												
trazione	C 20/25 $N_{yk}$ [kN]	16,0	25,0	25,0	20,0	30,0	38,8	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	C 50/60 $N_{yk}$ [kN]	24,8	33,0	36,7	31,0	46,5	60,1	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0
taglio	C 20/25 $V_{yk}$ [kN]	17,8	27,0	26,3	20,0	30,0	38,8	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	C 50/60 $V_{yk}$ [kN]	27,0	33,0	31,7	24,0	36,0	46,5	47,1	47,1	47,1	47,1	47,1
<b>Carico di progetto</b>												
Tipo di ancoraggio	FBN 6		FBN 8		FBN 10		FBN 12		FBN 16		FBN 20	
	$h_{ef} = 40 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 35 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 48 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 42 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 50 \text{ mm}$ grv	A4	$h_{ef} = 50 \text{ mm}$ grv	A4
<b>Calcestruzzo non fissurato</b>												
trazione	C 20/25 $N_{yk}$ [kN]	4,0	4,2	6,7	6,0	5,7	6,7	7,8	8,0	8,0	8,0	8,0
	C 50/60 $N_{yk}$ [kN]	5,7	6,5	5,9	9,5	8,5	9,1	10,3	11,8	12,4	11,8	12,4
taglio	C 20/25 $V_{yk}$ [kN]	5,0	7,0	7,3	7,3	8,4	9,1	11,3	13,3	13,3	11,3	13,3
	C 50/60 $V_{yk}$ [kN]	5,0	7,3	8,4	7,3	8,4	9,1	11,3	13,3	13,3	11,3	13,3
<b>Calcestruzzo fissurato</b>												
trazione	C 20/25 $N_{yk}$ [kN]	10,7	8,9	16,7	11,1	16,7	16,5	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7
	C 50/60 $N_{yk}$ [kN]	16,5	13,8	22,6	21,5	26,8	26,8	41,3	41,3	41,3	41,3	41,3
taglio	C 20/25 $V_{yk}$ [kN]	11,9	13,8	18,0	17,5	31,7	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
	C 50/60 $V_{yk}$ [kN]	18,0	17,5	18,0	17,5	31,7	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4

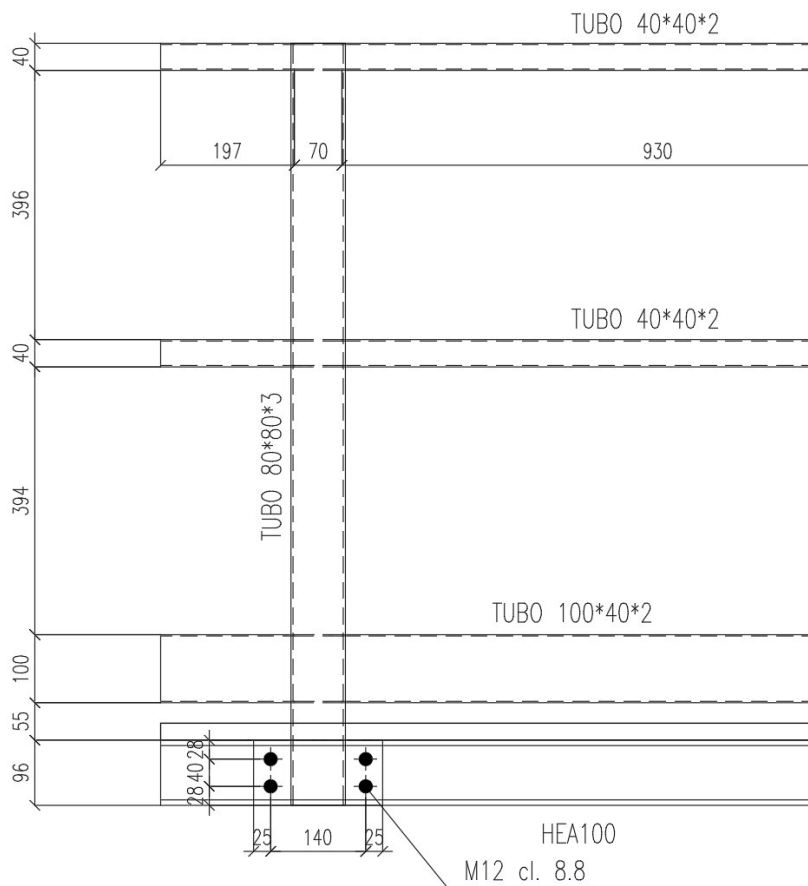
\* Il valore parziale di sicurezza sul materiale  $N_{yk}$  è il fattore parziale di sicurezza sulle azioni  $N_{k} = 1,4$  sono indicati. Il fattore parziale sul materiale  $N_{yk}$  dipende dal tipo di ancoraggio.

Si ha quindi, come consigliato dal produttore del tassello stesso:

$$\frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} = \frac{5.30}{31.70} = 0.16 \leq 1.00 \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

#### 4.3.2 Nodo tipo B – fissaggio parapetto

Si riporta nell'immagine che segue uno schema del nodo in esame.



Circa il collegamento, come brevemente indicato nelle tavole di cui sopra, si ha:

- **4 bulloni M12 – EN ISO 3506 classe 50 ( $f_{yb}=2100 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_{ub}=5000 \text{ kg/cm}^2$ );**

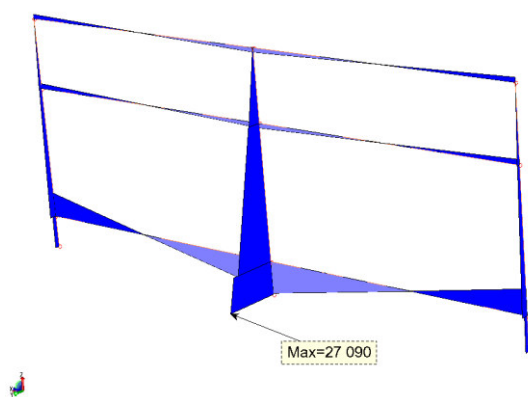
Si assumono quindi i seguenti parametri di progetto/verifica a titolo cautelativo:

- Azione di trazione sollecitante da momento flettente

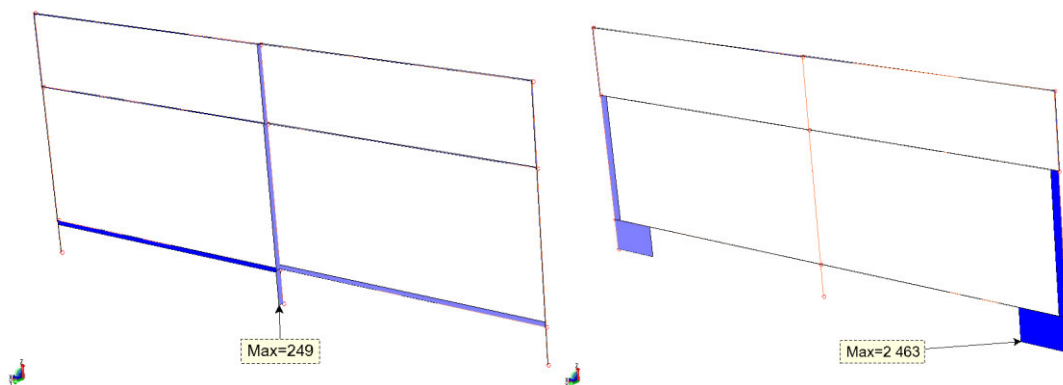
$$F_{t,Sd} = \frac{M_{z,Sd}}{b \cdot n_{bulloni}} = \frac{27090}{6.8 \cdot 2} = 1992 \text{ kg}$$

- Azione di taglio sollecitante

$$F_{v,Sd} = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n_{suip-taglio} \cdot n_{bulloni}} = \frac{\sqrt{249^2 + 2463^2}}{1 \cdot 4} = 620 \text{ kg}$$



MOMENTO FLETTENTE – Mz



TAGLIO: Fy (SINISTRA) – Fz (DESTRA)

Relativamente alle resistenze dei bulloni si ha:

- resistenza a trazione **1M12 – cl. 50:**

$$F_{t,Rd} = k_2 \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \cdot A_{res} = 0.9 \cdot \frac{500}{1.25} \cdot 84.30 = 30348 \text{ N} = 3035 \text{ kg}$$

- resistenza a taglio **1M12 – cl. 50:**

$$F_{v,Rd} = \alpha \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \cdot A_{res} = 0.5 \cdot \frac{500}{1.25} \cdot 84.30 = 16860N = 1686kg$$

ove si è assunto cautelativamente  $k_2=0.90$  e  $\alpha=0.50$  in accordo alla lettura tecnica di settore e specifica per l'acciaio inox.

Si ha quindi:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{620}{1686} + \frac{1992}{1.4 \cdot 3035} = 0.84 \leq 1.00 \quad \text{VERIFICATO}$$

## 5 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI, ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI ED IMPIANTI

### 5.1 Elementi strutturali secondari ed elementi costruttivi non strutturali

Alla luce delle opere in esame **non** si ritengono necessarie particolari verifiche ai sensi dell'articolo §7.3.6 delle NTC 2018.

Precisazione: eventuali elementi secondari dal punto di vista strutturale e/o elementi costruttivi non strutturali, come tutti gli altri componenti di potenziale installazione caratterizzati da strutture secondarie, dovranno essere opportunamente dimensionati e verificati prima della messa in opera in sito. L'installazione di elementi secondari, o altri elementi costruttivi non strutturali, dovrà essere comunicata al tecnico progettista delle strutture in precedenza all'installazione degli stessi, il quale ne valuterà le effettive caratteristiche strutturali statiche e dinamiche, nonché la loro eventuale influenza nel comportamento globale della struttura. È possibile ovviare a questa prescrizione qualora gli elementi strutturali secondari vengano forniti comprensivi di apposite relazioni di calcolo, sviluppate in accordo alla normativa tecnica vigente, timbrate e firmate da un tecnico abilitato che si prenda a carico tale onere di verifica, ivi compresa eventuale interazione con la struttura principale di cui alla presente relazione.



## 5.2 Criteri di progettazione degli impianti

Alla luce delle opere in esame **non** si ritengono necessarie particolari verifiche di funzionamento (FUN) e verifiche di stabilità (STA) ai sensi dell'articolo §7.3.6.3 delle NTC 2018.

Precisazione: per quanto concerne gli impianti tecnici che verranno realizzati in sito, in accordo a quanto indicato dalle NTC 2018, si precisa che tali elementi dovranno essere installati in modo tale da avere delle adeguate caratteristiche di resistenza, in termini statici e dinamici, in modo da non poter causare in alcun modo danno alle persone o a oggetti. Alla luce di tale considerazione, tutti gli elementi degli impianti che verranno installati, caratterizzati da una struttura di sostegno, dovranno essere comunicati preventivamente, prima dell'installazione, al tecnico progettista delle strutture, il quale ne valuterà le effettive caratteristiche strutturali statiche e dinamiche. È possibile ovviare a questa prescrizione qualora il progetto dell'impianto, il tecnico installatore, o altro tecnico abilitato, fornisca, con apposita relazione timbrata e firmata, la verifica dal punto di strutturale degli impianti (e relativa struttura di sostegno e interazione con la struttura di cui alla presente relazione), sviluppato in accordo a quanto indicato nelle norme tecniche vigenti.



## **6 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI E DELLE VERIFICHE CONDOTTE AI SENSI DELLE NORME TECNICHE VIGENTI**

Il dimensionamento e la verifica della struttura è stato eseguito in accordo a quanto indicato dal testo normativo vigente, nello specifico è stato fatto riferimento alle NTC 2018 e a quanto specificato nella circolare del 2019.

I calcoli sono stati eseguiti con l'ausilio dei software **MasterSap** e di alcuni fogli di calcolo **Excel**, opportunamente organizzati. Il metodo di progettazione seguito, basato sui software presentati, è normalmente utilizzato dal progettista e finora ha dimostrato un'ottima affidabilità.

I risultati forniti dai software e lo studio svolto hanno portato a delle dimensioni degli elementi strutturali compatibili con quanto previsto in sede di predimensionamento, la struttura risulta pertanto compatibile per la tipologia di opera che verrà realizzata.

Conegliano, il 22.02.2019

Il tecnico

Dal Moro ing. Roberto

