

COMMITTENTE

**CONSORZIO DI MIGLIORAMENTO FONDIARIO  
SPONDA SOLIVA**

via Stazione, 6 – 23026 PONTE IN VALTELLINA (SO)  
tel. 0342 48.21.46

OGGETTO

**Irrigazione a pioggia nei comuni di Tresivio, Ponte in Valtellina, Piateda, Chiuro,  
Teglio, Bianzone e Villa di Tirano**

**LOTTO 4 – NODO DI TIRANO – TRATTA “A”  
PROGETTO DI GESTIONE DELLE INTERFERENZE  
Variante S.S. 38 / Impianto consortile**

REDAZIONE



**FOPPOLI MORETTA E ASSOCIATI**

società di ingegneria s.r.l.  
via G.F. Damiani n°2 - 23037 TIRANO (SO)  
tel. 0342 704 827  
e-mail [posta@foppolimoretta.it](mailto:posta@foppolimoretta.it)



ELABORATO

**RELAZIONE STRUTTURALE**

FASCICOLO PROGETTAZIONE

progetto esecutivo

ALLEGATO

**St1**

documento di  
8 pagine  
2 appendici

AGG.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VER.	APPR.
0	agosto 2021	prima emissione	D. Ferrari		E.M.

Documento: 791R4470.0 file: TgSponda ese Relaz Strutture.doc

Tutti i diritti su questo documento sono riservati a termine di legge; è vietata la riproduzione, anche parziale, senza esplicita autorizzazione

## SOMMARIO

1. RELAZIONE STRUTTURALE .....	3
1.1. Oggetto .....	3
1.2. Riferimenti normativi .....	3
1.3. Geognostica .....	4
1.3.1. Campagna di indagine .....	4
1.3.2. Caratterizzazione sismica .....	4
1.3.3. Caratterizzazione geotecnica .....	4
1.4. Prestazioni strutturali .....	5
1.4.1. Classificazione dell'intervento .....	5
1.4.2. Ambito sismico .....	5
1.4.3. Requisiti di durabilità .....	5
1.5. Codici di calcolo e di verifica .....	5
1.6. Caratterizzazione dei materiali .....	5
1.6.1. Prescrizioni costruttive .....	5
1.6.2. Materiali strutturali .....	7
1.7. Combinazioni di carico .....	7
1.8. Verifica degli elementi strutturali in c.a. ....	7

## Indice Appendici

App. A Estratto verifiche delle strutture in C.A.

App. B Informazioni integrative sui codici di calcolo utilizzati

## 1.RELAZIONE STRUTTURALE

### 1.1.Oggetto

Il presente documento costituisce relazione specialistica relativa alla realizzazione delle opere strutturali in calcestruzzo armato l'intervento denominato <<Progetto di soluzione delle interferenze tra la rete irrigua dell'impianto gestito dal "Consorzio di Miglioramento Fondiario Sponda Soliva" ed il costruendo "lotto 4:Nodo di Tirano Tratta A (Svincolo di Bianzone – svincolo la Ganda)">>

### 1.2.Riferimenti normativi

Si è fatto particolare riferimento a quanto prescritto dalle seguenti norme di settore:

- [1] Legge 05/11/1971 n°1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica"
- [2] Legge 02/02/1974 n°64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- [3] Delibera Regione Lombardia del 27/04/2000 n. 49758
- [4] D.P.R. 06/06/2001 n°380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia (testo A)" e successive modificazioni
- [5] -Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri 20/03/2003 n°3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i. (O.P.C.M n°3316, 3333, 3379, 3431)
- [6] -Regione Lombardia - D.G.R. 07 novembre 2003 n. 14964: "Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»"
- [7] D.G.R 21 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia»
- [8] L.R. 33/2015 "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche"
- [9] D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica"
- [10] D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»"
- [11] Circolare 21 gennaio 2019 n°7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"

### 1.3.Geognostica

#### *1.3.1.Campagna di indagine*

Visto il modesto rilievo della struttura si è proceduto mediante determinazione induttiva, sulla base dei dati e delle notizie raccolte in indagini precedenti a disposizione del progettista sui medesimi terreni interessati dalle opere (cfr.par.6.2.2. D.M. 2018).

In particolare viene utilizzata la caratterizzazione geotecnica relativa al progetto esecutivo <<S.S.38 - Lotto 4: Nodo di Tirano - tratta "A">>, di cui il presente lavoro costituisce particolarizzazione volta alla soluzione delle interferenze, cui si demanda per eventuali approfondimenti.

Per la località Bertagna sono riferibili il sondaggio SP.3 della campagna 2002 e per la località S.Bernardo il sondaggio S.6 sempre della campagna 2002.

Le aree in località Bertagna sono prossime ai pozzetti esplorativi PZ.02 e PZ.03 della campagna di indagine 2009 mentre quelle in Località S.Bernardo sono prossime ai pozzetti esplorativi PZ.03 della campagna di indagine 2002 e PZ.04 della campagna di indagine 2019.

#### *1.3.2.Caratterizzazione sismica*

Le aree interessate dalle opere appartengono tutte alla zona di fondovalle Z4a con accumulo di depositi alluvionali.

Per tutti gli interventi il terreno è classificabile in categoria B che corrisponde a “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”

#### *1.3.3.Caratterizzazione geotecnica*

In località Bertagna si individuano suoli vegetali di circa 20-30 cm, seguiti da strato di limi con sabbia di 50-90 cm di spessore, quindi sabbie grossolane o ghiaie in matrice sabbiosa (PZ.03, PZ.04) La falda è stata rilevata a 5,8 m dal piano campagna (SP.3)

Sulla scorta dei risultati delle indagini riportati in tab.7.4 della “Relazione Geotecnica Generale” (doc.T00GE00GETRE01 rev.D), ove sono riportati i valori dell’angolo d’attrito di progetto pari a  $\phi'_{cal}=34,16$  per SP.03 e  $\phi'_{cal}=28,87$  per S.6, ed in relazione alle peculiarità dei punti di indagine rispetto ai siti interessati dalle opere, vengono assunti i seguenti parametri geotecnici validi per le aree caratterizzate da depositi alluvionali:

peso di volume di calcolo  $\gamma'_{cal} = 19 \text{ kN/m}^3$

peso di volume saturo  $\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$

angolo di attrito di calcolo  $\phi'_{cal} = 32$

coesione di calcolo  $C'_{cal} = 0$

#### 1.4.Prestazioni strutturali

##### *1.4.1.Classificazione dell'intervento*

Con riferimento alla classificazione introdotta dal D.M. Infrastrutture 17/01/2018 si specifica che l'intervento rientra nelle seguenti descrizioni:

- tipo 2 - opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
- classe I - costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli

##### *1.4.2.Ambito sismico*

Tutti gli interventi sono localizzati in comune di Villa di Tirano classificato, ai fini delle norme in materia di costruzioni, secondo il D.G.R [9] in zona 3.

##### *1.4.3.Requisiti di durabilità*

Le condizioni di esposizione agli agenti atmosferici cui si prevede che le opere in calcestruzzo vengano assoggettate durante il loro ciclo di vita utile sono così individuate:

Elemento costruttivo	Classe di esposizione UNI EN 206-1
elementi di fondazione	XC2 – calcestruzzo bagnato, raramente asciutto
elementi interrati	XC2 – calcestruzzo bagnato, raramente asciutto XF3 – elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo
elementi in elevazione	XC4 - Ciclicamente bagnato ed asciutto XF1- Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo

#### 1.5.Codici di calcolo e di verifica

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati nonché le valutazioni sull'affidabilità dei risultati sono dati in appendice B alla presente relazione.

#### 1.6.Caratterizzazione dei materiali

Viene evidenziato un quadro sintetico delle richieste prestazionali e delle conseguenti caratteristiche, qualità e dosatura dei materiali da impiegare per la realizzazione delle opere strutturali. I dati sono desunti dalle prescrizioni normative, dalla relazione di calcolo, e dagli elaborati grafici di progetto.

##### *1.6.1. Prescrizioni costruttive*

Il mix design del calcestruzzo strutturale è dato nella seguente tabella:

<b>Calcestruzzo per Cabine interrate</b>	<b>denominazione di capitolato</b>	<b>CLS37</b>
Designazione del calcestruzzo a prescrizione classe di esposizione (requisiti di durabilità) diametro massimo degli aggregati (staccio UNI 12620)	UNI EN 206-1:2006 e DM 17.01.18 XC2 XC4 XF3 $D_{max} \leq 22 \text{ mm}$	
<u>Prescrizioni per calcestruzzo</u> esigenze di durabilità prescrizione progettuale (D.M. 14.01.2008; UNI EN 206-1:2006)	durabilità Classe Classe	80 anni C30/37 C30/37
	$R_{ck, 28 \text{ gg}} \geq$	37 MPa
<u>Raccomandazioni per i valori limite</u> dosaggio minimo di cemento di riferimento (UNI EN 197-1) dosaggio minimo di cemento prescritto rapporto acqua/cemento (aggregato saturo a superficie asciutta) contenuto di aria aggiunta mediante additivo aerante	CEM I CEM IV/A a/c $\geq$	$\geq 320 \text{ kg/m}^3$ $\geq 405 \text{ kg/m}^3$ $\leq 50\%$ $\geq 4,0\%$
<u>Altri requisiti</u> Si prescrive l'impiego di: -aggregati in accordo alla EN 12620 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo -distanziatori per garanzia di copriferro: mm 30		

Si prescrive la formazione di copriferro non inferiore a 30 mm come indicato nella seguente tabella:

<b>Copriferro per Cabine interrate</b>	<b>EN 1992-1-1; appendice nazionale; DM 17.01.18</b>
<u>Requisiti di aderenza</u> $\phi_{max}$ barra acciaio o fascio barre mm 20	$C_{min,b} \geq 22 \text{ mm}$
<u>Requisiti di durabilità</u> tipo di costruzione 2 importanza normale vita nominale minima $\geq 50$ anni riduzione per classe di calcestruzzo prescritto influenza processo s/n s controllo speciale cls s/n s copriferro per requisiti di durabilità ordinari	prospetto 4.3N EN 1992-1-1 cl.strutturale 4 riduz.classe 0 0 -1 $C_{min,dur} \geq 25 \text{ mm}$
<u>Altri requisiti di progetto</u> margine per scostamenti Sist.Qualità con contr.copriferro s	appendice nazionale e DM 17.01.18 $\Delta c_{dev} 10 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} -5 \text{ mm}$
<u>Copriferro prescritto</u> barre per armatura lenta	30 mm

I limiti di fessurazione rispondono alle prescrizioni di cui alla seguente tabella:

<b>Fessurazione per Cabine interrate</b>	<b>DM 17.01.18</b>
<u>Definizione delle condizioni ambientali</u> classe di esposizione (requisiti di durabilità) condizioni ambientali (tab.4.1.III D.M. 17.01.18) stato limite di formazione di fessure	XC2 XC4 XF3 Aggressive $\sigma \geq 2,452 \text{ N/mm}^2$
<u>Requisiti per armatura poco sensibile</u> combinazione frequente SL ap.fessure combinazione quasi permanente SL ap.fessure	tab.4.1.IV DM 17.01.18 $w_d \leq 0,3 \text{ mm}$ $w_d \leq 0,2 \text{ mm}$
<u>Requisiti per armatura sensibile</u> combinazione frequente SL ap.fessure combinazione quasi permanente SL decompressione	$w_d \leq 0,2 \text{ mm}$

### 1.6.2. Materiali strutturali

#### 1.6.2.1. Calcestruzzi

Con riferimento alle opere in calcestruzzo armato si prevede l'impiego delle seguenti differenti formulazione di calcestruzzo omogeneo in funzione delle esposizioni degli elementi costruttivi:

Elemento costruttivo	Materiali
elementi per opere idrauliche	calcestruzzo R <sub>ck</sub> 37

#### 1.6.2.2. Acciai

Si prevede l'impiego di armatura per strutture in cemento armato ordinario in barre tonde in acciaio B450C nei diametri nominali standard e rete metallica elettrosaldata.

### 1.7. Combinazioni di carico

Per le verifiche strutturali degli interventi in progetto le verifiche sono state effettuate:

- agli SLU nei confronti del raggiungimento della massima capacità di resistenza degli elementi;
- agli SLE nei confronti degli spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione.

Per le verifiche sono stati considerati i carichi relativi al peso e alla spinta del terreno, al carico della neve e al carico relativo ai mezzi di passaggio considerati con peso limitato a 40 kN per ruota. Sono stati utilizzati i coefficienti parziali per le azioni desunti dalla seguente tabella:

verifica	SLU	SLE
	combinazione fondamentale	combinazione rara
$\gamma_{G1}$	1,3	1,0
$\gamma_{G2}$	1,3 *	1,0
$\gamma_{Qi}$	1,5	1,0

\* Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali siano compiutamente definiti si può adottare per  $\gamma_{G2}$  il valore 1,3 invece di 1,5 (nota in Tab. 2.6.I di D.M. [7])

### 1.8. Verifica degli elementi strutturali in c.a.

Sono stati effettuati i calcoli di verifica delle sezioni in c.a., condotti con l'ausilio di specifici software commerciali adeguatamente testati, Verifica C.A. Studio Software di Ronchi dei Legionari (GO) sulla base del D.M. [10] con il metodo degli stati limite.

In app. A è riportato un estratto delle verifiche effettuate da cui si evincono:

- i livelli di sollecitazione interni
- estratto delle verifiche sezionali agli SLU

*Redazione*

**FOPPOLI MORETTA E ASSOCIATI**

società di ingegneria s.r.l.

via G.F. Damiani n°2 - 23037 TIRANO (SO)

tel. 0342 70 48 27

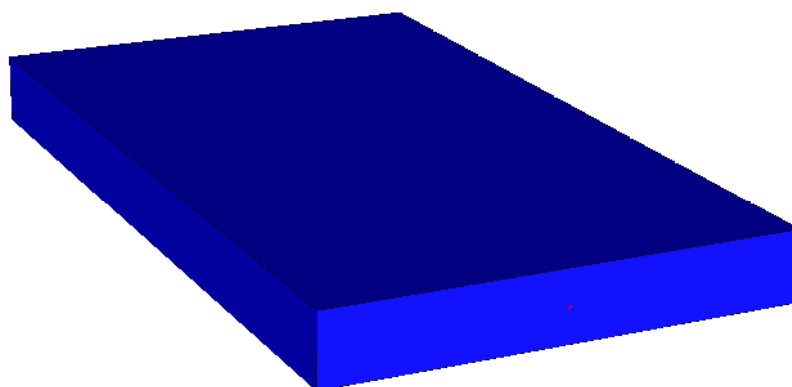
e-mail [posta@foppolimoretta.it](mailto:posta@foppolimoretta.it)

(ing. Emanuele Moretta)

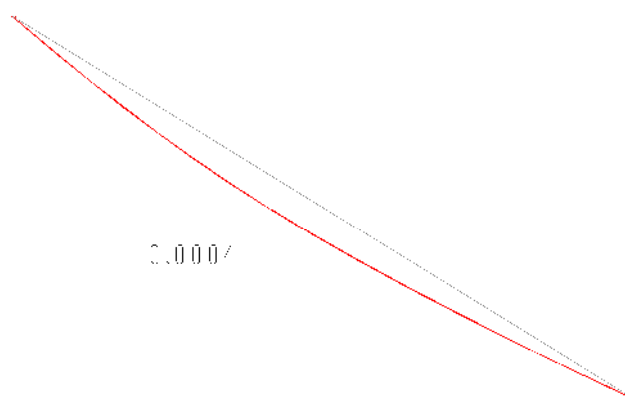


<div>ELABORATO</div> <div>RELAZIONE STRUTTURALE</div> <div>ESTRATTO VERIFICHE DELLE STRUTTURE IN C.A.</div>				<div>APPENDICE</div> <div>A</div> <div>documento di 13 pagine</div>	
AGG.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VER.	APPR.
0	agosto 2021	prima emissione	D. Ferrari		E.M.
Documento: 791R4470.0    file: TgSponda ese Relaz Strutture.doc					
Tutti i diritti su questo documento sono riservati a termine di legge; è vietata la riproduzione, anche parziale, senza esplicita autorizzazione					

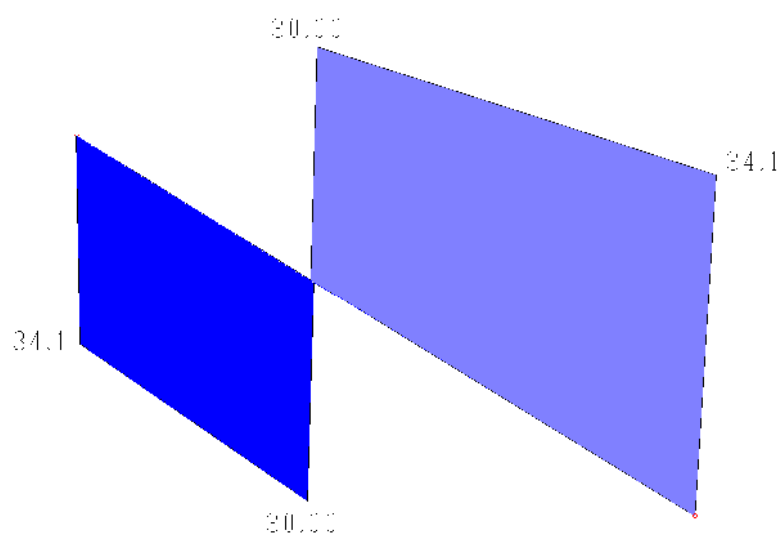
*Copertura sbotolabile – Modello strutturale*



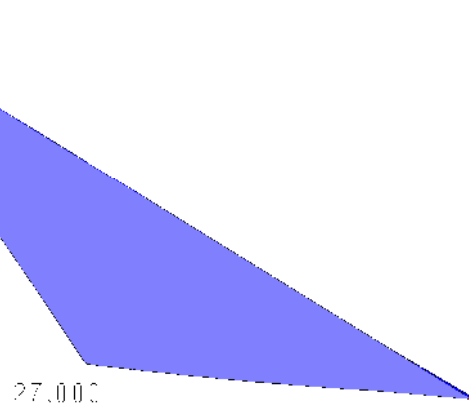
*Copertura sbotolabile – Deformata statica [m]*



*Copertura sbotolabile – Sforzo di taglio  $F_y$  [kN]*



*Copertura sbotolabile – Momento flettente  $M_z$  [kNm]*



## Copertura sbotolabile – Verifiche allo SLU

Dati di input		Verifica	
Parametri Calcolo	Sezione	Armature	Sollecitazioni
Procedura di calcolo			
<input checked="" type="checkbox"/> Pressoflessione	Stato limite		
<input type="checkbox"/> Calcolo sostanzialmente elastico			
<input checked="" type="checkbox"/> Taglio/Torsione			
<input type="checkbox"/> S.L.E.			
<b>Stato Limite</b>			
Norma	NTC-2018		
Versione	Edifici nuovi		
Classe	Rck= 37.0 fyk= 450.0		
<b>Minimi sismici</b>			
<input type="checkbox"/> Controllo/Applicazione minimi sismici			
<input type="checkbox"/> Zona critica			
Riferimento	Duttilità bassa		
<b>Info aggiuntive stati limite</b>			
Modalità	Progetto		
Armatura superiore	7010		
Armatura inferiore	7012, ...		
<b>Staffe</b>			
Numero bracci direzione y	2		
Diametro [mm]	8		
Passo [cm]	15.0		
Sforzo normale	0.000		
Momento	27.000		
Taglio	34.100		
Torsione	0.000		

VERIFICA S.L.U (modalità progetto)																								
Unità' di misura delle forze:	kN																							
Unità' di misura delle lunghezze:	m																							
Tensioni espresse in:	N/mm²																							
Normativa:	NTC-2018																							
Versione:	Edifici nuovi																							
Tipologia:	Trave																							
Rck:	37.0																							
fyk:	450.0																							
Tensione di calcolo calcestruzzo a pressotensoflessione:	-17.4																							
Tensione di calcolo acciaio a pressotensoflessione:	391.3																							
Tensione di calcolo a compressione calcestruzzo per taglio e torsione:	-17.4																							
Tensione di calcolo a trazione calcestruzzo:	1.4																							
Tensione di calcolo per l'armatura trasversale per taglio e torsione:	391.3																							
<b>RISULTATI VERIFICA A FLESSIONE</b>																								
Indice di resistenza allo s.l.u.:	0.94																							
Campo di rottura della sezione:	3																							
<b>Sollecitazioni resistenti</b>																								
Sforzo normale:	-0.002																							
Momento flettente:	28.590																							
<b>Distanza asse neutro dal bordo compresso:</b>																								
	0.034																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Calcestruzzo</th> <th>Tensioni</th> <th>deformazioni(%)</th> <th>Acciaio</th> <th>Tensioni</th> <th>deformazioni(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bordo superiore:</td> <td>-17.40</td> <td>-0.35</td> <td>-0.35</td> <td>-84.34</td> <td>-0.04</td> <td>-0.04</td> </tr> <tr> <td>bordo inferiore:</td> <td>Allungamento</td> <td>0.68</td> <td>0.68</td> <td>391.30</td> <td>0.37</td> <td>0.37</td> </tr> </tbody> </table>					Calcestruzzo	Tensioni	deformazioni(%)	Acciaio	Tensioni	deformazioni(%)	bordo superiore:	-17.40	-0.35	-0.35	-84.34	-0.04	-0.04	bordo inferiore:	Allungamento	0.68	0.68	391.30	0.37	0.37
	Calcestruzzo	Tensioni	deformazioni(%)	Acciaio	Tensioni	deformazioni(%)																		
bordo superiore:	-17.40	-0.35	-0.35	-84.34	-0.04	-0.04																		
bordo inferiore:	Allungamento	0.68	0.68	391.30	0.37	0.37																		
<b>RISULTATI VERIFICA A TAGLIO</b>																								
<b>Verifica senza armatura trasversale</b>																								
Taglio res. ultimo (VRd):	65.348																							
Indice di resistenza:	0.52																							
<b>Verifica delle bielle compresse</b>																								
Taglio resistente ultimo (VRcd):	189.000																							
ctg(Theta):	2.50																							
Indice di resistenza:	0.18																							
<b>Verifica con armatura trasversale</b>																								
Taglio attribuito all'armatura (VRsd):	34.100																							
Armatura trasversale per unità' di lunghezza (Asv, cm²/m):	5.53																							
Vengono applicati solo i minimi di norma perchè la sezione non richiede armatura trasversale a taglio (VR<VRdui)																								
Staffe a 2 bracci (in accordo con i minimi di norma per travi):	s8/5.6cm																							

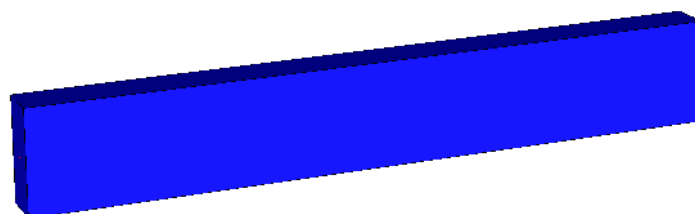
Sezioni ricorrenze	
Sezioni	Dati geometrici (lunghezze, etc.)

Lunghezze: m Forze: kN Tensioni: MPa

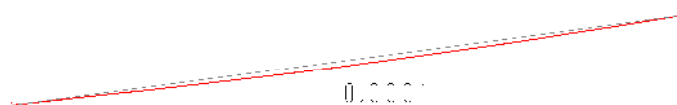
## Copertura sbotolabile – Verifiche allo SLE

Verifica																						
<b>VERIFICA S.L.E.</b>																						
Unità' di misura delle forze:	kN																					
Unità' di misura delle lunghezze:	m																					
Tensioni espresse in:	N/mm²																					
Normativa:	NTC-2018																					
Versione:	Edifici nuovi																					
Tipologia:	Trave																					
Rck:	37.0																					
fyk:	450.0																					
Condizione ambientale:	Ordinaria																					
Tipologia combinazione:	Rara																					
Tensione massima ammissibile calcestruzzo:	18.1																					
Tensione massima del calcestruzzo in trazione:	2.5																					
Tensione massima ammissibile acciaio:	360.0																					
<b>RISULTATI VERIFICA S.L.E.</b>																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Tensioni calcestruzzo</th> <th>Tensioni acciaio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bordo superiore:</td> <td>-16.57</td> <td>-40.21</td> </tr> <tr> <td>bordo inferiore:</td> <td>Allungamento</td> <td>237.49</td> </tr> <tr> <td>Fessura (mm):</td> <td></td> <td>0.19</td> </tr> <tr> <td>Distanza asse neutro dal bordo compresso:</td> <td></td> <td>0.036</td> </tr> <tr> <td>Area totale acciaio superiore (cm²):</td> <td></td> <td>5.50</td> </tr> <tr> <td>Area totale acciaio inferiore (cm²):</td> <td></td> <td>13.41</td> </tr> </tbody> </table>			Tensioni calcestruzzo	Tensioni acciaio	bordo superiore:	-16.57	-40.21	bordo inferiore:	Allungamento	237.49	Fessura (mm):		0.19	Distanza asse neutro dal bordo compresso:		0.036	Area totale acciaio superiore (cm²):		5.50	Area totale acciaio inferiore (cm²):		13.41
	Tensioni calcestruzzo	Tensioni acciaio																				
bordo superiore:	-16.57	-40.21																				
bordo inferiore:	Allungamento	237.49																				
Fessura (mm):		0.19																				
Distanza asse neutro dal bordo compresso:		0.036																				
Area totale acciaio superiore (cm²):		5.50																				
Area totale acciaio inferiore (cm²):		13.41																				

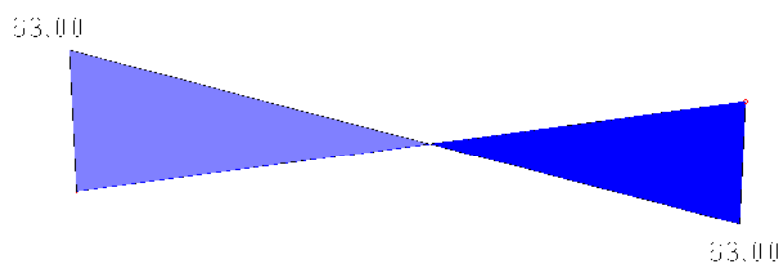
*Trave di appoggio copertura – Modello strutturale*



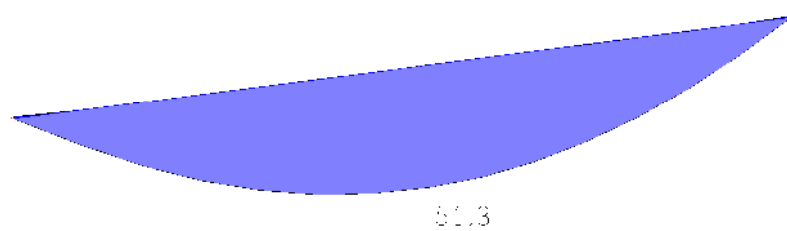
*Trave di appoggio copertura – Deformata statica [m]*



*Trave di appoggio copertura – Sforzo di taglio  $F_y$  [kN]*

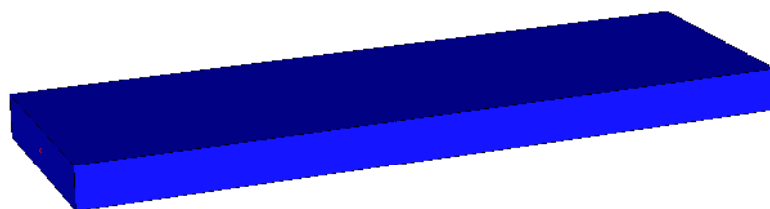


*Trave di appoggio copertura – Momento flettente  $M_z$  [kNm]*

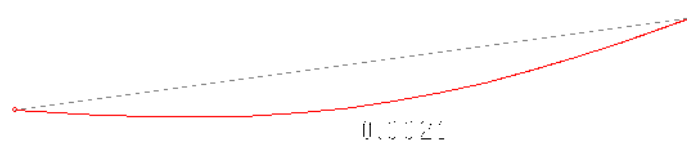




*Solaio – Modello strutturale*

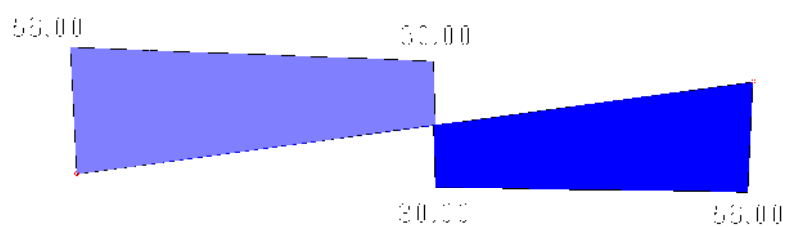


*Solaio – Deformata statica [m]*

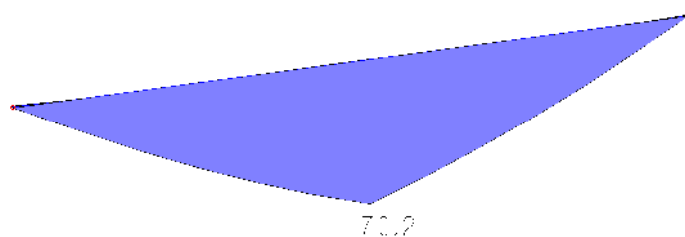




*Solaio – Sforzo di taglio  $F_y$  [kN]*

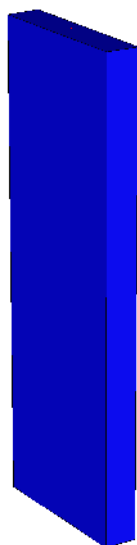


*Solaio – Momento flettente  $M_z$  [kNm]*

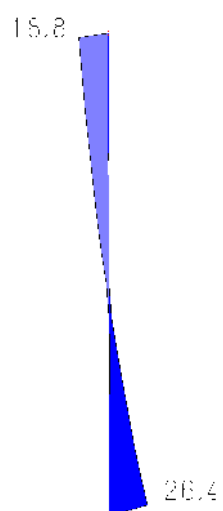




*Parete – Modello strutturale*



*Parete – Sforzo di taglio  $F_y$  [kN]*



*Parete – Momento flettente  $M_z$  [kNm]*



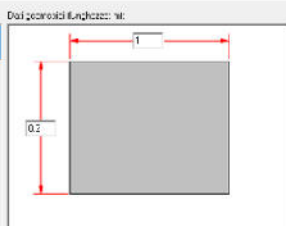
## Parete – Verifiche allo SLU

Dati di input		Verifica	
Parametri Calcolo	Sezione	Armature	Sollecitazioni
Procedura di calcolo		Stato limite	
<input checked="" type="checkbox"/> Pressoflessione			
<input type="checkbox"/> Calcolo sostanzialmente elastico			
<input checked="" type="checkbox"/> Taglio/Torsione			
<input type="checkbox"/> S.L.E.			
<b>Stato Limite</b>			
Norma		NTC-2018	
Versione		Edifici nuovi	
Classe		Rck= 37.0 fyk= 450.0	
<b>Minimi sismici</b>			
<input type="checkbox"/> Controllo/Applicazione minimi sismici			
<input type="checkbox"/> Zona critica			
Riferimento		Duttilità bassa	
<b>Info aggiuntive stati limite</b>			
Modalità		Progetto	
Armatura superiore		508	
Armatura inferiore		508	
<b>Staffe</b>			
Numero bracci direzione y		2	
Diametro [mm]		8	
Passo [cm]		15.0	
Sforzo normale		0.000	
Momento		16.200	
Taglio		26.400	
Torsione		0.000	

VERIFICA S.L.U (modalità progetto)																								
Unità' di misura delle forze:	kN																							
Unità' di misura delle lunghezze:	m																							
Tensioni espresse in:	N/mm²																							
Normativa:	NTC-2018																							
Versione:	Edifici nuovi																							
Tipologia:	Setto/Parete																							
Rck:	37.0																							
fyk:	450.0																							
Tensione di calcolo calcestruzzo a pressotensioflessione:	-17.4																							
Tensione di calcolo acciaio a pressotensioflessione:	391.3																							
Tensione di calcolo a compressione calcestruzzo per taglio e torsione:	-17.4																							
Tensione di calcolo a trazione calcestruzzo:	1.4																							
Tensione di calcolo per l'armatura trasversale per taglio e torsione:	391.3																							
<b>RISULTATI VERIFICA A FLESSIONE</b>																								
Indice di resistenza allo s.l.u.:	0.95																							
Campo di rottura della sezione:	2																							
<b>Sollecitazioni resistenti</b>																								
Sforzo normale:	0.001																							
Momento flettente:	17.125																							
<b>Distanza asse neutro dal bordo compresso:</b>																								
	0.017																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Calcestruzzo</th> <th>Tensioni</th> <th>deformazioni(%)</th> <th>Acciaio</th> <th>Tensioni</th> <th>deformazioni(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bordo superiore:</td> <td>-14.22</td> <td>-0.11</td> <td>169.21</td> <td>0.08</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>bordo inferiore: Allungamento</td> <td>1.20</td> <td>391.30</td> <td>1.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Calcestruzzo	Tensioni	deformazioni(%)	Acciaio	Tensioni	deformazioni(%)	bordo superiore:	-14.22	-0.11	169.21	0.08			bordo inferiore: Allungamento	1.20	391.30	1.00			
	Calcestruzzo	Tensioni	deformazioni(%)	Acciaio	Tensioni	deformazioni(%)																		
bordo superiore:	-14.22	-0.11	169.21	0.08																				
bordo inferiore: Allungamento	1.20	391.30	1.00																					
<b>RISULTATI VERIFICA A TAGLIO</b>																								
<b>Verifica senza armatura trasversale</b>																								
Taglio res. ultimo (VRd):	93.261																							
Indice di resistenza:	0.28																							
<b>Verifica delle bielle compresse</b>																								
Taglio resistente ultimo (VRcd):	459.000																							
ctg(Theta):	2.50																							
Indice di resistenza:	0.06																							
<b>Verifica con armatura trasversale</b>																								
Taglio attribuito all'armatura (VRsd):	26.400																							
Armatura trasversale per unità di lunghezza (Asv, cm²/m):	1.76																							
Vengono applicati solo i minimi di norma perchè la sezione non richiede armatura trasversale a taglio (V<VRdui)																								
Staffe a 3 bracci (in accordo con i minimi di norma per setti):																								
	s8/80.0cm																							

Sezioni e comandi	
Sezione	Dal bordo (dalla lunghezza): m
	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Annulla"/>	

Lunghezze: m Forze: kN Tensioni: MPa

## Parete – Verifiche allo SLE

Verifica										
<b>VERIFICA S.L.E.</b>										
Unità' di misura delle forze:	kN									
Unità' di misura delle lunghezze:	m									
Tensioni espresse in:	N/mm²									
Normativa:	NTC-2018									
Versione:	Edifici nuovi									
Tipologia:	Setto/Parete									
Rck:	37.0									
fyk:	450.0									
Condizione ambientale:	Ordinaria									
Tipologia combinazione:	Rara									
Tensione massima ammissibile calcestruzzo:	18.1									
Tensione massima del calcestruzzo in trazione:	2.5									
Tensione massima ammissibile acciaio:	360.0									
<b>RISULTATI VERIFICA S.L.E.</b>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Tensioni calcestruzzo</th> <th>Tensioni acciaio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bordo superiore:</td> <td>-1.69</td> <td>-7.01</td> </tr> <tr> <td>bordo inferiore:</td> <td>1.78</td> <td>8.46</td> </tr> </tbody> </table>			Tensioni calcestruzzo	Tensioni acciaio	bordo superiore:	-1.69	-7.01	bordo inferiore:	1.78	8.46
	Tensioni calcestruzzo	Tensioni acciaio								
bordo superiore:	-1.69	-7.01								
bordo inferiore:	1.78	8.46								
Distanza asse neutro dal bordo compresso:										
	0.097									
Area totale acciaio superiore (cm²):										
	2.51									
Area totale acciaio inferiore (cm²):										
	2.51									

<div>ELABORATO</div> <div>RELAZIONE STRUTTURALE</div> <div>INFORMAZIONI INTEGRATIVE SUI CODICI DI CALCOLO</div> <div>UTILIZZATI</div>				APPENDICE	
				B	
				documento di 4 pagine	
AGG.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VER.	APPR.
0	agosto 2021	prima emissione	D. Ferrari		E.M.
Documento: 791R4470.0    file: TgSponda ese Relaz Strutture.doc					
Tutti i diritti su questo documento sono riservati a termine di legge; è vietata la riproduzione, anche parziale, senza esplicita autorizzazione					

**Autore e distributore: AMV Studio Software di Ronchi dei Legionari (GO)**

Funzione	programma	licenza	decorrenza
modellazione strutturale	MasterSap TOP ver.21,1	33301 S	23.07.2004
verifiche elementi in c.a.	MasterArm TOP ver.21,1	33301	23.07.2004
verifiche elementi in legno e acciaio	MasterVer TOP ver.21,1	33301	23.07.2004
verifiche di elementi murari	MasterMuri TOP ver.21,1	33301	23.07.2004
dimensionamento di nodi strutturali	MasterNodo TOP ver.21,1	33301	12.01.2005
verifiche sezioni in c.a.	VerCA TA/SL/SLU ver.21,1	33303 S	23.07.2004

*Solutore e affidabilità dei risultati*

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14.01.2008 (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 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.

#### *Procedure di controllo dei risultati*

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.

#### Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che



il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

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, 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 rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire delle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni