

**PROGETTO PER L'AMMODERNAMENTO E MIGLIORE  
SISTEMAZIONE DELL'IMMOBILE ADIBITO A MANGIMIFICIO,  
SITO IN COMUNE DI BAGNARA DI ROMAGNA VIA  
TRUPATELLO 7/a**

Proprietà  
**EUROVO s.r.l.**

Cantiere  
**Via Trupatello 7/a Bagnara di Romagna**

**S.r.2  
(intervento 3)**

**RELAZIONE TECNICA**

**SILOS AZZINI**

*DOCUMENTAZIONE ATTINENTE ALLA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO NECESSARIA PER IL  
RILASCIO DEL PERMESSO DI COSTRUIRE*

Elaborato: **S.r.2 RELAZIONE TECNICA DOCUMENTAZIONE ATTINENTE ALLA RIDUZIONE DEL  
RISCHIO SISMICO NECESSARIA PER IL RILASCIO DEL PERMESSO DI COSTRUIRE**

REVISIONI		Data	Descrizione	Redatto
	D			
	C			
	B			
	A	28/07/2021	Prima emissione	ING. CARLO GUIDUCCI

PROGETTISTA STRUTTURALE  
**ING. GUIDUCCI CARLO**

Via Dismano n. 4583 Cesena 47522 (FC)  
pec: [carlo.guiducci@ingpec.eu](mailto:carlo.guiducci@ingpec.eu) cell. +39.348.2689040

# SOMMARIO

INDIVIDUAZIONE DEL SITO .....

1.2 INDAGINE GEOLOGICA .....

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....

2

2

2

**1****INDIVIDUAZIONE DEL SITO**

**LA PRESENTE RELAZIONE È RIFERITA AL PUNTO 3.**

**1.2 INDAGINE GEOLOGICA**


Il sito in esame è situato in pianura a quota di circa 18 m slm, distante dalla costa 37 km circa. L'indagine sismica e geologica dovrà essere redatta ma ci si attende un terreno di categoria C.

**1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le norme di seguito riportate vengono assunte quale riferimento cogente nello sviluppo della progettazione strutturale.

<b>Legge n° 1086/71</b>	Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato e precompresso ed a struttura metallica.
<b>Legge n° 64/74</b>	Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
<b>DPR n°380/2001</b>	Testo unico sull'edilizia
<b>D.M. 17 gennaio 2018</b>	Nuove Norme tecniche per le costruzioni
<b>Circolare 20/01/2019 n° 7</b>	Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

**I CONTENUTI DEL CALCOLO SONO ALLEGATI DI SEGUITO**

		<b>CALCOLI MECCANICI E STRUTTURALI</b> <i>Calculation Book</i>		Rapporto numero: Report number: <b>19.076.A</b> 1 / 29	
No. disegno <i>Drawing No.</i>		<b>19.076.A</b>		Commessa <i>Job</i>	
No. fabbrica <i>Serial/Factory No.</i>		<b>19.076.1</b>		Data <i>Date</i>	
Riferimenti <i>Reference standard</i>		<b>TLCI 61.500 Lt</b>		Cliente <i>Customer</i>	
Codice di Calcolo <i>Calculation Code</i>		<b>EN 14015 Ed. 2016</b>			
Carichi dovuti al vento <i>Loads due to wind</i>		<b>N/A</b>		-	
Carichi dovuti al sisma <i>Loads due to earthquake</i>		<b>Yes</b>		<b>D.M. 17.01.2018 (NTC 2018)</b>	
Calcolo vita residua <i>Residual life calculation</i>		<b>N/A</b>		-	
Carico d'incendio <i>Fire load</i>		<b>N/A</b>		-	
Verifica a fatica <i>Fatigue analysis</i>		<b>N/A</b>		-	
Carichi sui bocchelli <i>Local loads on nozzles</i>		<b>N/A</b>		-	
Altri carichi <i>Other loads</i>		<b>N/A</b>		-	
Note/ Notes: _____ _____ _____					
3					
2	19.09.2019	Revisionato come da commenti <i>Revised as per comments</i>	L.T.	S.A.	G.B.
1	25.06.2019	Revisionato come da commenti <i>Revised as per comments</i>	L.T.	S.A.	G.B.
0	12.06.2019	Emesso per approvazione <i>Issued for approval</i>	L.T.	S.A.	G.B.
Rev.	Data <i>Date</i>	Descrizione <i>Description</i>	Emesso <i>Issued</i>	Controllato <i>Checked</i>	Approvato <i>Approved</i>

**Indice**

<i>Serbatoio di stoccaggio in acciaio inossidabile</i>	3	di	29
<i>Criteri di progettazione e di verifica</i>	4	di	29
<i>Azione del vento</i>	5	di	29
<i>Definizione dei parametri progettuali sismici</i>	6	di	29
<i>Azione del sisma (SLV)</i>	9	di	29
<i>Azione del sisma (SLD)</i>	10	di	29
<i>Azione della neve</i>	11	di	29
<i>Ancoraggio del serbatoio</i>	12	di	29
<i>Verifica spessori delle virole</i>	13	di	29
<i>Verifica spessori del tetto</i>	15	di	29
<i>Verifica di stabilità al vento a alla depressione</i>	16	di	29
<i>Verifica di stabilità al sisma (EN 14015 Annex G)</i>	19	di	29
<i>Verifica di stabilità al sisma (API 650 Appendix E)</i>	21	di	29
<i>Verifica gambe di supporto (Dennis Moss Manual)</i>	23	di	29
<i>Verifica gambe di supporto (NTC 2018)</i>	27	di	29
<i>Carichi alla base</i>	29	di	29

**Serbatoio di stoccaggio in acciaio inossidabile**

**Dati di progetto**

Pressione di progetto	p=	30	mbar	p=	0,003	MPa	p=	3,00	kPa
Massima depressione di progetto	p <sub>v</sub> =	10	mbar	p <sub>v</sub> =	0,001	MPa	p <sub>v</sub> =	1,00	kPa
Temperatura di progetto	T=	40	°C						
Diametro nominale serbatoio	D=	2,84	m	D=	2840	mm			
Volume nominale del serbatoio	V=	61500	lt	V=	62	m³	V=	615	hl
Densità del fluido contenuto	W=	1000	kg/m³	W=	1,00	kg/lt	W=	1,00	kg/dm³
Efficienza dei giunti	E=	0,70							
Sovrasspessore di corrosione + tolleranza	ca=	0,20	mm						
(Mat. a) X2CrNiMo 17-12-2 (1.4404)	S <sub>d</sub> =	151,50	MPa	S <sub>t</sub> =	265,00	MPa	E <sub>t</sub> =	198500	MPa
(Mat. b)	S <sub>d</sub> =		MPa	S <sub>t</sub> =		MPa	E <sub>t</sub> =		MPa
Peso del mantello	T <sub>t</sub> =	3950	kg	T <sub>s</sub> =	38750	N			
Peso del tetto	T <sub>r</sub> =	550	kg	T <sub>r</sub> =	5396	N			
Peso del fondo	T <sub>b</sub> =	1500	kg	T <sub>b</sub> =	14715	N			
Peso del prodotto	T <sub>p</sub> =	61500	kg	T <sub>p</sub> =	603315	N			
Peso totale	T=	67500	kg	T=	662175	N			
Tetto superiore	s <sub>t</sub> =	2,50	mm	α=	15,00	°			
Virole	s <sub>t</sub> =	2,5 - 4,0	mm	(si veda in dettaglio la sezione dedicata)					
Fondo inferiore	s <sub>t</sub> =	5,00	mm	α=	15,00	°			

**Azioni esterne in accordo al D.M. 17.01.2018 + Circolare n. 7 C.S.LL.PP. Del 21.01.2019**

Impianto: Eurovo S.r.l. Lat/Long.: 44,3915 N 11,8310 E  
Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA) Altitudine: 22 m s.l.m.

**Azioni del vento**

Zona: 2 Terreno: D Categoria: I Pressione dinamica: 0,00 N/m²

**Azioni del sisma**

Classe uso: II Suolo: C Categoria: T1 q<sub>0</sub>: 2,0  
Stato limite di vita (SLV) a<sub>g</sub>: 0,330 g a<sub>gv</sub>: 0,184 g  
Stato limite di danno (SLD) a<sub>g</sub>: 0,140 g a<sub>gv</sub>: 0,047 g

**Azioni della neve**

Zona: Zona I - Mediterranea Carico della neve: 0 N/m²

**Ancoraggi e supporti**

Gambe: n: 6 BCD: 2510 mm D= 323,90 mm t= 6,00 mm L= 1175 mm  
Numero, dimensione e materiale ancoraggi N= 1 x 2" G regolabile in 1.4301  
Area e snervamento dei tiranti di fondazione A= 1705 mm² F<sub>y</sub>= 270,00 MPa  
Massima altezza della struttura H<sub>max</sub>= 11400 mm

**Nota**

Le azioni del vento e della neve non sono applicabili essendo il serbatoio installato all'interno di un capannone.

### **Criteri di progettazione e di verifica**

La progettazione strutturale del serbatoio in oggetto è stata fatta considerando le seguenti combinazioni di carico:

LC1	Vuoto	$D + W$
LC2	In esercizio (S.L.U)	$D + P + Ph + LL + L + (W \text{ o } E)$ allo stato limite ultimo di vita
LC3	In esercizio (S.L.O)	$D + P + Ph + LL + L + (W \text{ o } E)$ allo stato limite operativo di danno
LC4	Prova idraulica	$D + Pt + Pht + LLt + L + 0.5 W$

Dove:

D	carichi permanenti inclusi scale e passerelle
P	pressione interna in servizio
Ph	battente idrostatico in servizio
Pt	pressione interna in prova
Pht	battente idrostatico in prova
LL	carico del liquido in esercizio
LLt	carico del liquido in prova
L	carichi variabili sulle scale e sulle passerelle
S	azione della neve (valutata in accordo al DM 17/01/2018 e dettagliata nei paragrafi successivi)
W	azione del vento (valutata in accordo al DM 17/01/2018 e dettagliata nei paragrafi successivi)
E	azione del sisma (valutata in accordo al DM 17/01/2018 e dettagliata nei paragrafi successivi)

*La definizione dei parametri progettuali dell'azione del sisma è stata poi dettagliata in un paragrafo ad essa dedicato.*

L'analisi strutturale condotta è di tipo statico lineare in accordo al paragrafo 7.3.1 del DM 17/01/2018 con verifica allo Stato Limite Ultimo di Vita (SLV). Vengono anche valutate le azioni agenti sulle fondazioni nella condizione di esercizio allo Stato Limite Operativo di Danno (SLD) come sopra indicato.

Trattandosi di una struttura dissipativa interamente in acciaio inossidabile si applicano i seguenti coefficienti:

Classe di duttilità	$CD = B$
Fattore di struttura	$q_0 = 2.0$ (tabella 7.3.II)
Struttura regolare in altezza	$K_r = 1.0$
Fattore $\theta$	$\theta < 0.1$ (in quanto le discontinuità geometriche in altezza sono trascurabili)
Fattore $q$	$q = q_0 K_r = 2.0$ (equazione 7.3.1)

Tutte le verifiche strutturali sono state eseguite in accordo al DM 17/01/2018 così come la valutazione delle azioni ambientali. Le verifiche sono state eseguite allo stato limite ultimo (SLU - SLV) e sono stati integrati anche dalla valutazione delle azioni alla base allo stato limite operativo (SLO - SLD).

Lo spessore minimo di tutte le membrature contenenti il fluido è stato calcolato in accordo a quanto indicato nella Norma EN 14015 e le caratteristiche meccaniche dei materiali sono state assunte in accordo alla EN 10028-7. Il serbatoio è ancorato al suolo tramite gambe di supporto. Le stesse sono state verificate in accordo al Dennis Moss 'Pressure Vessel Design Manual' e la loro giunzione al fondo è stata verificata a mezzo analisi ad elementi finiti (FEM).

### **Affidabilità del Codice di Calcolo**

I calcoli delle azioni sismiche sono stati fatti con il software "Spettri NTC ver. 1.0.2" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici di comprovata validità. I calcoli in accordo alla Norma EN 14015 sono stati eseguiti tramite dei fogli di calcolo in Excel validati e riconosciuti come da Manuale della Qualità della Sant'Ambrogio Servizi Industriali Srl. La valutazione delle sollecitazioni indotte dalle gambe sul fondo e di stabilità del fondo stesso sono state verificate tramite analisi FEM con Solidworks/NeiNastran. Tale software, ampiamente conosciuto e usato, è validato come riportato sul sito.

### **Azioni del vento**

Le azioni del vento sono ricavate in accordo alle Norme tecniche per le Costruzioni NTC DM 17/01/2018

(Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018).

Implementate dalla circolare n. 7 del C.S.LL.PP del 21/01/2019 (Istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC 2018)

Impianto:	Eurovo S.r.l.	Lat:	44,3915	N
Sito:	48032 - Bagnara di Romagna (RA)	Long:	11,8310	E

Zona	<b>2</b>		
Descrizione	Emilia Romagna		
Elevazione s.l.m.	a <sub>s</sub> =	22 m	
Tempo di ritorno	T <sub>R</sub> =	50 anni	
Coefficiente α(T <sub>R</sub> )	α(T <sub>R</sub> )=	1,00	
Velocità di riferimento del vento	v <sub>b,0</sub> =	25,0 m/s	(Table 3.3.I)
Elevazione di riferimento s.l.m.	a <sub>0</sub> =	750 m	(Table 3.3.I)
Parametro k <sub>a</sub>	k <sub>a</sub> =	0,450 1/s	(Table 3.3.I)
V <sub>b</sub> =V <sub>b,0</sub>	v <sub>ref</sub> =	25,0 m/s	(Para 3.3.2)
Rugosità del terreno	<b>D</b> (Table 3.3.III)		
Categoria di esposizione del sito	<b>I</b> (Table 3.3.II)		
Coefficiente k <sub>r</sub>		0,170	(Table 3.3.II)
Coefficiente Z <sub>0</sub>	Z <sub>0</sub> =	0,010 m	(Table 3.3.II)
Coefficiente Z <sub>min</sub>	Z <sub>min</sub> =	2 m	(Table 3.3.II)
Densità dell'aria	ρ=	1,250 kg/m <sup>3</sup>	
Coefficiente di forma	C <sub>p</sub> =	<b>0,800</b>	(serbatoio cilindrico)
Coefficiente dinamico	C <sub>d</sub> =	1,000	(Para 3.3.8)
Coefficiente di topografia	C <sub>t</sub> =	1,000	(Para 3.3.5)

Pressione cinetica di riferimento q <sub>b</sub> = 1/2*ρ*v <sub>ref</sub> <sup>2</sup>	q <sub>b</sub> =	391 N/m <sup>2</sup>
--	------------------	----------------------

### **Profilo della pressione del vento in progetto**

Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	728 N/m <sup>2</sup>	at z=	4,6 m	C <sub>e</sub> =	2,327
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	827 N/m <sup>2</sup>	at z=	8,0 m	C <sub>e</sub> =	2,644
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	851 N/m <sup>2</sup>	at z=	9,1 m	C <sub>e</sub> =	2,720
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	907 N/m <sup>2</sup>	at z=	12,2 m	C <sub>e</sub> =	2,897
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	919 N/m <sup>2</sup>	at z=	13,0 m	C <sub>e</sub> =	2,936
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	949 N/m <sup>2</sup>	at z=	15,2 m	C <sub>e</sub> =	3,033
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	983 N/m <sup>2</sup>	at z=	18,0 m	C <sub>e</sub> =	3,140
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	1016 N/m <sup>2</sup>	at z=	21,3 m	C <sub>e</sub> =	3,248
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	1032 N/m <sup>2</sup>	at z=	23,0 m	C <sub>e</sub> =	3,298
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	1044 N/m <sup>2</sup>	at z=	24,4 m	C <sub>e</sub> =	3,336
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	1068 N/m <sup>2</sup>	at z=	27,4 m	C <sub>e</sub> =	3,412
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	1072 N/m <sup>2</sup>	at z=	28,0 m	C <sub>e</sub> =	3,426
Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub>	p=	1087 N/m <sup>2</sup>	at z=	30,0 m	C <sub>e</sub> =	3,472

Pressione del vento p = q <sub>b</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>p</sub> *C <sub>d</sub> (sul tetto)	<b>p=</b>	<b>894 N/m<sup>2</sup></b>	at z=	11,4 m	C <sub>e</sub> =	2,856
--	-----------	----------------------------	-------	--------	------------------	-------



**Definizione dei parametri progettuali dell'azione sismica**

Si riportano di seguito i dati impiegati per la valutazione delle azioni sismiche agenti sull'opera in esame.

Impianto:	Eurovo S.r.l.	Lat:	44,3915	N
Sito:	48032 - Bagnara di Romagna (RA)	Long:	11,8310	E

Vita nominale	$V_N$	50	anni
Classe d'uso		II	
Periodo di riferimento	$V_R$	50	anni
Categoria del suolo di fondazione		C	
Categoria topografica		T1	

Lo spettro di risposta è stato calcolato in accordo al Decreto Ministeriale DM 17/01/2018 e i vari parametri definiti al paragrafo 3.2 sono stati valutati utilizzando il Programma "Spettri NTC ver. 1.0.2" ricavato dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "[http://cslp.mit.gov.it/index.php?option=com\\_content&task=view&id=75&Itemid=20](http://cslp.mit.gov.it/index.php?option=com_content&task=view&id=75&Itemid=20)"

In dettaglio i parametri presi in esame sono:

$T_R$	periodo di ritorno
$a_g/g$	accelerazione orizzontale massima al suolo
$F_0$	valore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
$T_C^*$	valore base per il calcolo del periodo di inizio a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☐ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE  
11,831

LATITUDINE  
44,3915

☒ Ricerca per comune

REGIONE  
Emilia-Romagna

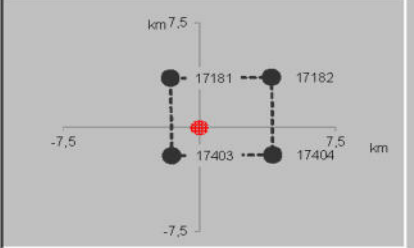
PROVINCIA  
Ravenna

COMUNE  
Bagnara di Romagna


Elaborazioni grafiche  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo  
☐ Sito esterno al reticolo  
☐ Interpolazione su 3 nodi  
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione  
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

**FASE 1**

FASE 2

FASE 3

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ 

 info

Valori di progetto

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

 info

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

Stati limite di esercizio - SLE
 

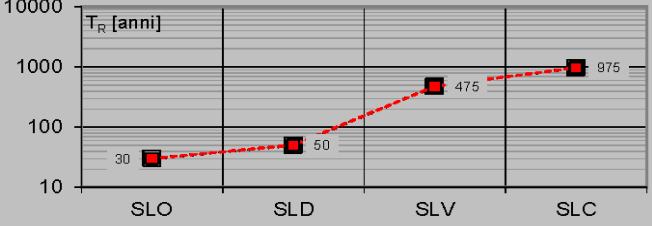
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>

Stati limite ultimi - SLU
 

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

Elaborazioni  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



**LEGENDA GRAFICO**  
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - ■ - - - Strategia scelta

INTRO

FASE 1

**FASE 2**

FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info

$S_S = 1,421$

$C_C = 1,550$  info

Categoria topografica **T1** info

$h/H = 0,000$

$S_T = 1,000$  info

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

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$\eta = 1,000$  info

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_0$  **2**

Regol. in altezza **sì** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q$  **1,5**

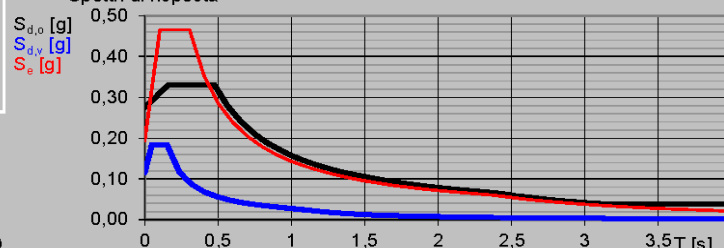
$\eta = 0,667$  info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



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

INTRO

FASE 1

FASE 2

**FASE 3**

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLD** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info

$S_S = 1,500$

$C_C = 1,615$  info

Categoria topografica **T1** info

$h/H = 0,000$

$S_T = 1,000$  info

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

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$\eta = 1,000$  info

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_0$  **2**

Regol. in altezza **sì** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q$  **1,5**

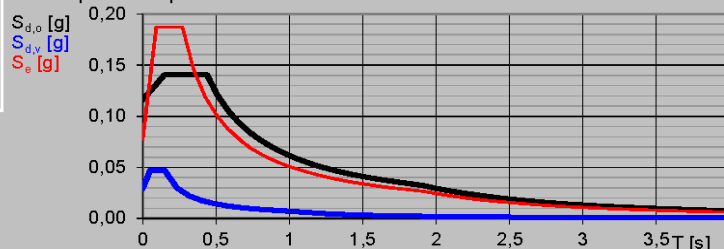
$\eta = 0,667$  info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



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

INTRO

FASE 1

FASE 2

**FASE 3**

### **Azioni del sisma (Stato limite di Vita)**

Le azioni del sisma sono ricavate in accordo alle Norme tecniche per le Costruzioni NTC DM 17/01/2018 (Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, Nuove Norme tecniche per le Costruzioni)  
Implementate dalla circolare n. 7 del C.S.LL.PP del 21/01/2019 (Istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC 2018)

Impianto: Eurovo S.r.l. Lat: 44,3915 N  
Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA) Long: 11,831 E

Classe d'uso II (Para 2.4.2)  
 $C_U$  1,0 (Table 2.4.II)  
 $V_N$  50 years (Table 2.4.I)  
 $V_R$  50 years (Table 2.4.1)  
 $T_R = V_R / \ln(1 - P_{VR})$  475 years (Table 2.4.1)

### **Spettro di progetto allo stato limite ultimo (SLU)**

$P_{VR}$  per SLV 10 % (Table 3.2.I)  
Max. accelerazione orizzontale convenzionale  $a_g$  0,193 g  
Max. accelerazione verticale convenzionale  $a_{gv}$  0,115 g  
 $F_0$  (fattore di amplificazione) 2,405  
 $T_C^*$  0,307 s

Tipo di suolo C (Table 3.2.II)  
Categoria topografica T1 (Table 3.2.IV )  
 $S_T$  1,000 (Table 3.2.VI )  
 $C_C = 1.05 T_C^* C^{-0.33}$  1,550 (Table 3.2.V )  
 $S_S = 1.0 \leq 1.7 - (0.6 F_0 a_g / g) \leq 1.5$  1,421 (Table 3.2.V )

### **Componente orizzontale**

$S = S_S S_T$  1,421  
 $q_0$  (coefficiente anelastico) 2,000  
 $K_0$  1,000  
 $q = q_0 K_0$  2,000  
 $T_C = C_C T_C^*$  0,476 s  
 $T_B = T_C / 3$  0,159 s  
 $T_D =$  2,372 s  
 $0 < T < T_B$  ag S/q Fo (T/TB + q/Fo (1-T/TB))  
 $T_B < T < T_C$  ag S/q Fo  
 $T_C < T < T_D$  ag S/q Fo (TC/T)  
 $T < T_D$  ag S/q Fo (TC TD/T<sup>2</sup>)  
Massima accelerazione nello spettro di progetto **0,330 g**

### **Componente verticale**

$S = 1,000$  and  $F_V = 1.35 * F_0 * (a_g/g)^{0.5}$  1,426  
Factor q (coefficiente anelastico) 1,500  
 $T_C =$  0,150 s (Table 3.2.VII)  
 $T_B =$  0,050 s (Table 3.2.VII)  
 $T_D =$  1,000 s (Table 3.2.VII)  
Massima accelerazione nello spettro di progetto **0,184 g**

### **Azioni del sisma (Stato limite di Danno)**

Le azioni del sisma sono ricavate in accordo alle Norme tecniche per le Costruzioni NTC DM 17/01/2018 (Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, Nuove Norme tecniche per le Costruzioni)  
Implementate dalla circolare n. 7 del C.S.LL.PP del 21/01/2019 (Istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC 2018)

Impianto: Eurovo S.r.l. Lat: 44,3915 N  
Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA) Long: 11,831 E

Classe d'uso II (Para 2.4.2)  
 $C_U$  1,0 (Table 2.4.II)  
 $V_N$  50 years (Table 2.4.I)  
 $V_R$  50 years (Table 2.4.1)  
 $T_R = V_R / \ln(1 - P_{VR})$  475 years (Table 2.4.1)

### **Spettro di progetto allo stato limite ultimo (SLU)**

$P_{VR}$  per SLD 10 % (Table 3.2.I)  
Max. accelerazione orizzontale convenzionale  $a_g$  0,077 g  
Max. accelerazione verticale convenzionale  $a_{gv}$  0,029 g  
 $F_0$  (fattore di amplificazione) 2,419  
 $T_C^*$  0,271 s

Tipo di suolo C (Table 3.2.II)  
Categoria topografica T1 (Table 3.2.IV)  
 $S_T$  1,000 (Table 3.2.VI)  
 $C_C = 1.05 T_C^* C^{-0.33}$  1,615 (Table 3.2.V)  
 $S_S = 1.0 \leq 1.7 - (0.6 F_0 a_g / g) \leq 1.5$  1,500 (Table 3.2.V)

### **Componente orizzontale**

$S = S_S S_T$  1,500  
 $q_0$  (coefficiente anelastico) 2,000  
 $K_0$  1,000  
 $q = q_0 K_0$  2,000  
 $T_C = C_C T_C^*$  0,438 s  
 $T_B = T_C / 3$  0,146 s  
 $T_D =$  1,908 s  
 $0 < T < T_B$   $ag S / q F_0 (T / T_B + q / F_0 (1 - T / T_B))$   
 $T_B < T < T_C$   $ag S / q F_0$   
 $T_C < T < T_D$   $ag S / q F_0 (T_C / T)$   
 $T < T_D$   $ag S / q F_0 (T_C T_D / T^2)$   
Massima accelerazione nello spettro di progetto **0,140 g**

### **Componente verticale**

$S = 1,000$  and  $F_V = 1.35 * F_0 * (a_g / g)^{0.5}$  0,906  
Factor  $q$  (coefficiente anelastico) 1,500  
 $T_C =$  0,150 s (Table 3.2.VII)  
 $T_B =$  0,050 s (Table 3.2.VII)  
 $T_D =$  1,000 s (Table 3.2.VII)  
Massima accelerazione nello spettro di progetto **0,047 g**

### **Azioni della neve**

Le azioni della neve sono ricavate in accordo alle Norme tecniche per le Costruzioni NTC DM 17/01/2018

(Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, Nuove Norme tecniche per le Costruzioni)

Implementate dalla circolare n. 7 del C.S.LL.PP del 21/01/2019 (Istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC 2018)

Impianto: Eurovo S.r.l. Lat: 44,3915 N  
Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA) Long: 11,831 E

Zona: Zona I - Mediterranea  
Elevazione s.l.m.  $a_s = 22$  m

Carico base della neve al suolo	(se $a_s < 200$ m)	$q_{sk} = 1500$ N/m <sup>2</sup>	(3.3.10)
Carico base della neve al suolo	(se $a_s > 200$ m)	$q_{sk} = 1352$ N/m <sup>2</sup>	(3.3.10)
Carico di riferimento della neve		$q_{sk} = 1500$ N/m <sup>2</sup>	(3.3.10)
Angolo di copertura del tetto		$\alpha = 15^\circ$	
Coefficiente di forma		$\mu_i = 0,80$	(Table 3.4.II)
Coefficiente di esposizione	(Zona normale)	$C_e = 1,00$	(Table 3.4.I)
Coefficiente termico		$C_t = 1,00$	(3.4.4)

Carico della neve  $q_k = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$   **$q_k = 1200$  N/m<sup>2</sup>**

Dove:

#### **Zona I - Alpina**

Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.

#### **Zona I - Mediterranea**

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.

#### **Zona II**

Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.

#### **Zona III**

Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.

### Ancoraggio del serbatoio

La spinta di sollevamento (uplift) è calcolata in accordo al paragrafo 12 e Allegato G

Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA)  
Tipo: Serbatoio ancorato meccanicamente (G.4.2)

Pressione di progetto	P=	3,00	kPa		
Diametro nominale serbatoio	D=	2,84	m		
Spessore del tetto	t <sub>h</sub> =	2,30	mm		
Modulo elastico del materiale delle virole	E=	198500	MPa		
Peso mantello	W <sub>1</sub> =	3950	kg	W <sub>1</sub> =	39 kN
Peso tetto	W <sub>r</sub> =	550	kg	W <sub>r</sub> =	5 kN
Peso fondo	W <sub>b</sub> =	1500	kg	W <sub>b</sub> =	15 kN
Peso liquido	W <sub>p</sub> =	61500	kg	W <sub>p</sub> =	603 kN
Peso totale	W=	67500	kg	W=	662 kN
				W <sub>2</sub> =W <sub>1</sub> + W <sub>r</sub> =	44 kN
Momento dovuto al vento	M <sub>w</sub> =	0,000E+00	Nm	(7.2.10)	0 kNm
Momento dovuto al sisma	M <sub>s</sub> =	1,261E+06	Nm	(allegato G)	1.261 kNm

### **Combinazione di carichi di sollevamento**

Pressione	W <sub>up</sub> =[(P-0,08t <sub>h</sub> )D <sup>2</sup> ]-W <sub>1</sub> =	-16,04	N
Vento	W <sub>up</sub> =(4M <sub>w</sub> /D)-W <sub>2</sub> =	-44	N
Sisma	W <sub>up</sub> =(4M <sub>s</sub> /D)-W <sub>2</sub> =	1,72E+06	N
Pressione+Vento	W <sub>up</sub> =[(P-0,08t <sub>h</sub> )D <sup>2</sup> ]+ (4M <sub>w</sub> /D)-W <sub>1</sub> =	-1,60E+01	N
Pressione+Sisma	W <sub>up</sub> =[(P-0,08t <sub>h</sub> )D <sup>2</sup> ]+ (4M <sub>s</sub> /D)-W <sub>1</sub> =	1,72E+06	N

### **Ancoraggio del serbatoio**

Numero di gambe	n=	6 x	323,90	mm	
Numero, dimensione e materiale ancoraggi	N=	1 x	2" G regolabile in	1.4301	
Area tiranti di fondazione	A=	1705,00	mm <sup>2</sup>		
Snervamento tiranti di fondazione	F <sub>y</sub> =	270,00	MPa		
Ammissibile tiranti di fondazione	F= 0,90 F <sub>y</sub> =	243,00	MPa		
Sforzi effettivi di calcolo nei tiranti di fondazione:					
1. Pressione	W <sub>up</sub> /NA=	-0,01	MPa	< 105,00 MPa Verificato	✓
2. Vento	W <sub>up</sub> /NA=	-0,03	MPa	< F Verificato!	✓
3. Sisma	W <sub>up</sub> /NA=	168,34	MPa	< F Verificato!	✓
4. Pressione+Vento	W <sub>up</sub> /NA=	-0,01	MPa	< 140,00 MPa Verificato	✓
5. Pressione+Sisma	W <sub>up</sub> /NA=	168,35	MPa	< F Verificato!	✓

**Spessore delle virole soggette alla pressione interna e al battente**

Lo spessore delle lamiere è calcolato in accordo al punto 9.1.5 e 9.2.2

Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA)

Tipo: Serbatoio ancorato meccanicamente al suolo (G.4.2)

**Dati di progetto**

Pressione di progetto	p=	30	mbar	p=	0,003	MPa	p=	3,00	kPa
Massima depressione di progetto	p <sub>v</sub> =	10	mbar	p <sub>v</sub> =	0,001	MPa	p <sub>v</sub> =	1,00	kPa
Temperatura di progetto	T=	40	°C						
Diametro nominale serbatoio	D=	2,84	m	D=	2840	mm			
Volume nominale del serbatoio	V=	61500	lt	V=	61500	m <sup>3</sup>	V=	615	HI
Densità del fluido contenuto	W=	1000	kg/m <sup>3</sup>	W=	1,00	kg/lt	W=	1,00	kg/dm <sup>3</sup>
Efficienza dei giunti	E=	0,7							
Sovraspessore di corrosione + tolleranza	ca=	0,20	mm						
(Mat. a) X2CrNiMo 17-12-2 (1.4404)	S <sub>d</sub> =	151,5	MPa	S <sub>t</sub> =	265,00	MPa	E <sub>t</sub> =	198500	MPa
(Mat. b)	S <sub>d</sub> =		MPa	S <sub>t</sub> =		MPa	E <sub>t</sub> =		MPa
Peso del mantello	T <sub>t</sub> =	3950	kg	T <sub>s</sub> =	38750	N			
Peso del tetto	T <sub>r</sub> =	550	kg	T <sub>r</sub> =	5396	N			
Peso del fondo	T <sub>b</sub> =	1500	kg	T <sub>b</sub> =	14715	N			
Peso del prodotto	T <sub>p</sub> =	61500	kg	T <sub>p</sub> =	603315	N			
Peso totale	T=	67500	kg	T=	662175	N			

Peso totale mantello T<sub>t</sub>=T<sub>s</sub>+T<sub>b</sub>= 5450 kg T<sub>t</sub>= 53465 N

Tetto superiore	9,50	m	s <sub>t</sub> =	2,50	mm	α=	15,00	°	Materiale (a)
Virola XX		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XIX		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XVIII		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XVII		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XVI		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XV		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XIV		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XIII		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XII		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola XI		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola X		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola IX		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola VIII		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola VII		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola VI		m	s <sub>t</sub> =	0,00	mm	H <sub>v</sub> =	0,00	m	
Virola V	9,50	m	s <sub>t</sub> =	2,50	mm	H <sub>v</sub> =	1,50	m	Materiale (a)
Virola IV	8,00	m	s <sub>t</sub> =	2,50	mm	H <sub>v</sub> =	2,00	m	Materiale (a)
Virola III	6,00	m	s <sub>t</sub> =	3,00	mm	H <sub>v</sub> =	2,00	m	Materiale (a)
Virola II	4,00	m	s <sub>t</sub> =	3,00	mm	H <sub>v</sub> =	2,00	m	Materiale (a)
Virola I	2,00	m	s <sub>t</sub> =	4,00	mm	H <sub>v</sub> =	2,00	m	Materiale (a)
Fondo inferiore	0,00	m	t <sub>min</sub> =	5,00	mm	α=	15,00	°	Materiale (a)



**Spessore delle virole soggette alla pressione interna e al battente**

Lo spessore delle lamiere è calcolato in accordo al punto 9.1.5 e 9.2.2

Virola	XX	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XIX	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XVIII	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XVII	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XVI	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XV	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XIV	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XIII	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XII	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	XI	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,2008	0,2005	0,00	0,00	✓
Virola	X	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	✓
Virola	IX	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	✓
Virola	VIII	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	✓
Virola	VII	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	✓
Virola	VI	0,00	0,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	✓
Virola	V	1,50	1,50	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,40	0,31	2,00	2,50	✓
Virola	IV	3,50	2,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,66	0,46	2,00	2,50	✓
Virola	III	5,50	2,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	0,92	0,61	2,00	3,00	✓
Virola	II	7,50	2,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	1,18	0,76	2,00	3,00	✓
Virola	I	9,50	2,00	2,84	1,00	0,70	151,50	265,00	0,20	1,45	0,91	2,00	4,00	✓
		$H_c$	$H_v$	$D$	$W$	$E$	$S_d$	$S_t$	$c$	$e_c$	$e_t$	$e_{min}$	$t$	
		[m]	[m]	[m]	[kg/lt]	[-]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	

dove  $t$  è lo spessore netto installato e  $e_c$  e  $e_t$  sono rispettivamente

$$e_c = (D/20S_dE)[98W(H_c-0,3)+p] + c \quad 9.2.2 (3)$$

$$e_t = (D/20S_tE)[98W(H_c-0,3)+p_t] \quad 9.2.2 (4)$$

**Tutte le virole sono verificate!**



Spessore uniforme equivalente  $t_u = 3,03$  mm

Spessore minimo delle virole  $t_{min} = 2,50$  mm

**Spessore del tetto soggetto alla pressione interna e ai carichi esterni**

Lo spessore delle lamiere del tetto è calcolato in accordo al punto 10.4.2

Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA)  
Tipo: Serbatoio ancorato meccanicamente al suolo (G.4.2)

**Dati di progetto**

Pressione di progetto	p=	30,00	mbar	
Temperatura di progetto	T=	40	°C	
Efficienza dei giunti	E=	0,70		
Sovrasspessore di corrosione + tolleranza	ca=	0,20	mm	
Materiale tetto	Materiale (a)	S <sub>d</sub> =	151,50	MPa (in accordo a EN 10028-7)
		S <sub>t</sub> =	265,00	MPa (in accordo a EN 10028-7)
Modulo elastico del materiale del tetto	E=	198500	MPa	(in accordo a EN 10028-7)
Spessore nominale del tetto	e=	2,50	mm	
Angolo del cono	α=	15,00	°	
Diametro nominale del serbatoio	D=	2,84	m	
Raggio di curvatura del tetto	R1= R/senθ=	5,49	m	
Carichi esterni sul tetto	vento=	0,000	kN/m <sup>2</sup>	
	neve=	0,000	kN/m <sup>2</sup>	
	passerelle=	1,000	kN/m <sup>2</sup>	
	p <sub>e</sub> =	1,00	kN/m <sup>2</sup>	

**Verifica spessore del tetto**

Spessore minimo del tetto (Eq. 10.4.2)

Pressione interna (Eq. 13)	$e_p = (p R1) / (10 SE) =$	0,16	mm	<b>Verificato!</b>	✓
Carichi esterni (Eq. 14)	$e_b = (40 R1) \sqrt{(10 p_e / E)} =$	1,56	mm	<b>Verificato!</b>	✓
Spessore installato al netto delle tolleranze	e=	2,30	mm		

**Rinforzi sul tetto**

Tipo e sezione del profilo:	100 x 80 x 3,00 mm				
Numero di rinforzi	8,00				
Diametro massimo non rinforzato del tetto	D=	0,44	m		
Raggio di curvatura del tetto	R1= R/senθ=	0,84	m		
Carichi esterni sul tetto	p <sub>e</sub> =	1,00	kN/m <sup>2</sup>		
Pressione interna (Eq. 13)	$e_p = (p R1) / (10 SE) =$	0,16	mm	<b>Verificato!</b>	✓
Carichi esterni (Eq. 14)	$e_b = (40 R1) \sqrt{(10 p_e / E)} =$	0,24	mm	<b>Verificato!</b>	✓
Spessore installato al netto delle tolleranze	e=	2,30	mm		

**Valutazione area richiesta in compressione**

Area minima richiesta	A(min)=	74,51	mm <sup>2</sup>
-----------------------	---------	-------	-----------------

**Verifica virole all'azione del vento e del vuoto esterno (se presente)**

La verifica delle virole all'azione del vento e del vuoto e dei loro rinforzi è in accordo al paragrafo 9 della EN 14015

Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA)

Tipo: Serbatoio ancorato meccanicamente (G.4.2)

Diametro nominale serbatoio	D=	2,84	m
Altezza massima del battente liquido	Hf=	9,50	m
Spessore del tetto al netto della tolleranza	e=	2,30	mm
Massima depressione ammissibile	p <sub>v</sub> =	10,00	mbar
Pressione del vento in cima al recipiente	p=	0	N/m <sup>2</sup>
Velocità di riferimento del vento	V <sub>w</sub> =	0,00	m/s

**Calcolo anello primario**

Tipo e sezione del profilo:	N.A. x N.A. x N.A. mm		
Profilo primario da angolare	L=	N.A.	mm
Spessore profilo	s=	N.A.	mm
Area profilo	Area=	0,00	cm <sup>2</sup>

Modulo minimo di resistenza a flessione	Z(min)=	0,00	cm <sup>3</sup>	(Para 9.3.2.1 - Eq. 7)
Modulo di resistenza profilo	Z=	0,00	cm <sup>3</sup>	<b>&gt; Z(min) Verificato!</b>



Tipo e sezione del profilo:	60 x 5 mm		
Profilo primario da piatto	L=	60,00	mm
Spessore profilo	s=	5,00	mm
Area profilo	Area=	3,00	cm <sup>2</sup>

Modulo minimo di resistenza a flessione	Z(min)=	0,00	cm <sup>3</sup>	(Para 9.3.2.1 - Eq. 7)
Modulo di resistenza profilo	Z=	3,00	cm <sup>3</sup>	<b>&gt; Z(min) Verificato!</b>



**Verifica area di compressione**

Area minima richiesta	A(min)=	74,51	mm <sup>2</sup>
Lunghezza collaborante sul fasciame	Ls=	35,75	mm
Lunghezza collaborante sul tetto	Lr=	67,40	mm

Tipo e sezione del profilo:	N.A. x N.A. x N.A. mm		
Area effettiva	A(eff)=	244,39	mm <sup>2</sup>
Area minima richiesta	A(min)=	74,51	mm <sup>2</sup>

**A(eff) > A(min) Verificato!**



Tipo e sezione del profilo:	60 x 5 mm		
Area effettiva	A(eff)=	544,39	mm <sup>2</sup>
Area minima richiesta	A(min)=	74,51	mm <sup>2</sup>

**A(eff) > A(min) Verificato!**



**Calcolo anello secondario**

Virola	XX	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XIX	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XVIII	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XVII	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XVI	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XV	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XIV	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XIII	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XII	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	XI	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	X	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	IX	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	VIII	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	VII	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	VI	$H_v =$	m	$H_c =$	0,00	m	$e_{min} =$	0,00	mm	$H_E =$	m
Virola	V	$H_v =$	9,50	m	$H_c =$	1,50	m	$e_{min} =$	2,50	mm	$H_E =$ 1,50
Virola	IV	$H_v =$	8,00	m	$H_c =$	2,00	m	$e_{min} =$	2,50	mm	$H_E =$ 2,00
Virola	III	$H_v =$	6,00	m	$H_c =$	2,00	m	$e_{min} =$	3,00	mm	$H_E =$ 1,27
Virola	II	$H_v =$	4,00	m	$H_c =$	2,00	m	$e_{min} =$	3,00	mm	$H_E =$ 1,27
Virola	I	$H_v =$	2,00	m	$H_c =$	2,00	m	$e_{min} =$	4,00	mm	$H_E =$ 0,62

Spessore minimo delle virole  $t_{min} =$  2,50 mm

Altezza massima stabile virola equivalente  $H_E =$  6,65 m

Coefficiente k  $k =$  16,38

Massima spaziatura ammissibile per anelli secondari  $H_p =$  33,82 m

Numero di anelli secondari necessari  $n(\text{anelli}) =$  0 **Non sono necessari anelli secondari!**



**Azione del vento**

Diametro nominale serbatoio  $D =$  2,84 m

Altezza massima del battente liquido  $H_f =$  9,50 m

Pressione del vento in cima al recipiente  $p =$  0,00 N/m<sup>2</sup>


Taglio del vento  $T_{vento} =$  0,0 kN

Momento dovuto al vento  $M_{vento} =$  0,0 kNm

Minimo ancoraggio richiesto

$w_{AB} = 1,273 M_w / D^2 =$  0,00 kN/m

**Stabilità al ribaltamento (Serbatoio ancorato meccanicamente al suolo)**

Cerchio passante per l'asse delle gambe	$d =$	2,51	m	
Numero, dimensione e materiale tiranti	$n_A =$	6 x 1 x 2"	G regolabile in 1.4301	
Area tiranti di fondazione	$A =$	1705	mm <sup>2</sup>	
Snervamento tiranti di fondazione	$F =$	105	MPa	
Peso del mantello	$W_s =$	38750	N	
Peso del tetto	$W_r =$	5396	N	
Sollevamento (pressione interna)	$W_{up} =$	-16037	N	
	$W = W_s + W_r - 0.4 W_{up} =$	50560	N	
Carico di trazione per tirante	$t_b = 4M_w/dN - W/N =$	50560	N	
	$t_b = (\pi d w_{AB})/N =$	0	N	
Sforzo di calcolo nei tiranti di fondazione	$t_b/A =$	29,65	MPa	<b>&lt; 140,00 Mpa Verificato!</b> 

**Carico sismico sul serbatoio (EN 14015 Annex G)**

Il carico sismico è valutato in accordo all'appendice G del codice EN 14015

Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA)  
Tipo: Serbatoio ancorato meccanicamente (G.4.2)

Altezza massima di riempimento del recipiente	$H_L =$	9,50	m	$r = D/H =$	0,299
Diametro nominale del serbatoio	$D =$	2,84	m	$1/r = H/D =$	3,345
Densità del fluido contenuto	$\rho =$	1000	kg/m <sup>3</sup>	$c = 3,67 H/D =$	12,276
Modulo elastico del materiale del mantello	$E =$	198500	MPa	$W = \rho/1000 =$	1,000
Peso del mantello	$T_t =$	3950	kg	$T_s =$	38750 N
Peso del tetto	$T_r =$	550	kg	$T_r =$	5396 N
Peso del fondo	$T_b =$	1500	kg	$T_b =$	14715 N
Peso del prodotto	$T_p =$	61500	kg	$T_p =$	603315 N
Peso totale	$T =$	67500	kg	$T =$	662175 N
Peso totale mantello	$T_t = T_s + T_b =$	5450	kg	$T_t =$	53465 N

**Valutazione masse effettive contenute nel recipiente**

Rapporto	$D/H_T =$	0,299	
Rapporto $T_1/T_T$	$T_1/T_p =$	0,916	(figura G.1)
Rapporto $T_2/T_T$	$T_2/T_p =$	0,081	(figura G.1)
Massa che si muove in unisono con il recipiente	$T_1 =$	56309	kg
Massa che si muove nel primo modo d'onda	$T_2 =$	4994	kg
Rapporto $X_1/H_T$	$X_1/H_T =$	0,460	(figura G.2)
Rapporto $X_2/H_T$	$X_2/H_T =$	0,910	(figura G.2)
Centroide massa $T_1$	$X_1 =$	4,370	m
Centroide massa $T_2$	$X_2 =$	8,645	m
Accelerazione massima al suolo in progetto	$G_1 =$	0,330	g (in accordo NTC per SLV)
Fattore $K_s$	$K_s =$	0,560	(Figura G.3)
Periodo naturale del primo modo	$T_s = 1,8 K_s \sqrt{D} =$	1,699	s
Fattore di amplificazione sismica	$j =$	1,500	(suolo di tipo C - default)
	$G_2 = 1,25 G_{j,T_s} \text{ se } T_s < 4,5 \text{ oppure } G_2 = 5,625 G_{j,T_s} T_s^2 =$	0,364	(G.2 o G.3)
Altezza del baricentro	$X_s =$	5,925	m

**Momento di ribaltamento**

$$M = [G_1(T_t X_s + T_r H + T_1 X_1) + G_2 T_2 X_2] / 102 = \quad \mathbf{M_{sisma} = 1261 \quad kNm}$$

$$T = M / X_s \quad \mathbf{T_{sisma} = 213 \quad kN}$$

**Resistenza al ribaltamento**

Spessore del fondo	$t_{ba} =$	4,80	mm
Snervamento del fondo in progetto	$R_{eb} =$	227,25	MPa
Azione stabilizzante del contenuto	$W_L =$	22,30	kN/m (G.3.1)
	$W_L(\min) =$	5,40	kN/m

**Verifica di spessore del fondo**

$$t_{ba}(\min) = 0,1744 W_L / W_s H_T = 0,41 \quad \text{mm}$$

$$t_{ba} = 4,80 \quad \text{mm} \quad \mathbf{Verificato!}$$



**Resistenza ai carichi di progetto**

Carico dovuto alle virole e alla porzione di tetto	$W_s =$	4,95	kN/m
Peso totale della neve sul tetto	$W_{snow} =$	0	N
Carico dovuto alla azione del 10% della neve sul tetto	$w_{rs} =$	0,00	N/m
Accelerazione verticale del sisma	$A_v =$	0,184	g
	$w_t = [(W_s/\pi D) + w_{rs}] =$	4,95	kN/m

**Verifica di compressione della virola**

**Serbatoi non ancorati al suolo (G.4.1)**

$M/(D^2(W_L + W_T)) =$	5,74	kN/m
$Wb(\text{prima iterazione}) =$	203,91	kN/m
$(Wb + W_L)/(W_T + W_L) =$	20,23	kN/m
$Wb(\text{effettivo}) =$	Instabile!	kN/m

**Deve essere ancorato!**



Spessore della prima virola inferiore	$t =$	3,80	mm
	$w_s =$	Instabile!	mm
	$k = WHD^2/t^2 =$	5,31	
		Instabile!	MPa
	$F_{C1} = 83 t_s/D =$	111,06	MPa
	$F_{C2} = 33 t_s/D + 7,5 \sqrt{(WH)} =$	67,27	MPa

Sollcitazione massima di compressione		Instabile!	
$k = 5,3$ so $k < 44$ so Case 2a applies	$F_a =$	67,27	MPa

**Non verificato!**

**Deve essere ancorato!**



**Serbatoi ancorati al suolo (G.4.2)**

$Wb$	203,91	kN/mm
$F =$	53,66	MPa
$k = WHD^2/t^2 =$	5,31	
$F_{C1} = 83 t_s/D =$	111,06	MPa
$F_{C2} = 33 t_s/D + 7,5 \sqrt{(WH)} =$	67,27	MPa

Sollcitazione massima di compressione	$F =$	53,66	MPa
$k = 5,3$ so $k < 44$ so Case 2a applies	$F_c =$	67,27	MPa

**Verificato!**



**Minimo ancoraggio richiesto**

$$w_{AB} = [(1,273 M_{rw}/D^2) - w_t(1 - 0,4 A_v)] = 194,374 \text{ kN/m}$$

**Stabilità al ribaltamento (Serbatoio ancorato meccanicamente al suolo)**

Numero, dimensione e materiale tiranti	$n_A =$	6	x	1	x	2" G regolabile in 1.4301
Area tiranti di fondazione	$A =$	1705	mm <sup>2</sup>			
Snervamento tiranti di fondazione	$F_y =$	270,00	MPa			
Ammissibile tiranti di fondazione	$F = 0,90 F_y =$	243,00	MPa			
Carico di progetto sui tiranti	$P_{AB} = w_{AB}(\pi D/n_A) =$	289039	N			
Sollecitazione effettiva sui tiranti	$P_{AB}/A =$	169,52	MPa			

**< F Verificato!**



**Carico sismico sul serbatoio (API 650 Appendix E)**

Il carico sismico è valutato in accordo all'appendice E delle API 650 11th Edition

Sito: 48032 - Bagnara di Romagna (RA)  
Tipo: Serbatoio ancorato meccanicamente (G.4.2)

Altezza massima di riempimento del recipiente	H=	8,60	m	$r = D/H =$	0,330
Diametro nominale del serbatoio	D=	2,84	m	$1/r = H/D =$	3,028
Densità del fluido contenuto	$\rho =$	1000	kg/m <sup>3</sup>	$c = 3,67 H/D =$	11,113
Modulo elastico del materiale del mantello	E=	198500	MPa	$W = \rho/1000 =$	1
Peso del mantello	$W_s =$	3950	kg	$W_s =$	38750 N
Peso del tetto	$W_r =$	550	kg	$W_r =$	5396 N
Peso del fondo	$W_b =$	1500	kg	$W_b =$	14715 N
Peso del prodotto	$W_p =$	61500	kg	$W_p =$	603315 N
Peso totale	$W =$	67500	kg	$W =$	662175 N

**Accelerazione di risposta spettrale in progetto**

Accelerazione massima al suolo in progetto	$S_p =$	0,330	g	(in accordo NTC per SLV)
Massima accelerazione considerata	$S_0 = S_p =$	0,330	g	(E.4.3)
	$S_5 = 2.5 S_p =$	0,824	g	(E.4.3-1)
	$S_1 = 1.25 S_p =$	0,412	g	(E.4.3-2)
Fattore di importanza	I=	1,250		(tabella E.5)
Fattore di scala	Q=	1,000		(tabella E.4.6.1 Non ASCE-7)
	$F_a =$	1,000		(tabella E-1)
	$F_v =$	1,500		(tabella E-2)
	$C_i =$	3,000		(Figura E-1)
Spessore uniforme equivalente	$t_u =$	3,026	mm	
Periodo natura impulsivo	$T_i =$	0,040	s	(E.4.5.1-1)
	$K_s =$	0,578		(E.4.5.2-c)
Periodo di oscillazione convettivo	$T_c =$	1,753	s	(E.4.5.1-1)
	$T_5 = F_v S_1 / F_a S_5 =$	0,750	s	

**Coefficienti accelerazioni spettrali**

Fattore di risposta (impulsivo)	$R_{wi} =$	3,000		(Tabella E-4)
Fattore di risposta (convettivo)	$R_{wc} =$	2,000		(Tabella E-4)
Impulsivo	$A_i = 2,5 Q F_a S_0 (I/R_{wi}) =$	0,344	g	(E.4.6.1-1)
Impulsivo Classe E o F	$A_i = 0,625 S_p (I/R_{wi}) =$	0,086	g	(E.4.6.1-3)
Convettivo $T_c < T_L = 4 s$	$A_c = 2,5 K Q F_a S_0 (T_s/T_c)(I/R_{wi}) =$	0,331	g	(E.4.6.1-4) (con $K = 1,50$ )

**Carichi di progetto**

Peso effettivo (impulsivo)	$W_i = (1 - 0,218 r) W_p =$	559882	N	(E.6.1.1-2) (con $r < 1,33$ )
Peso effettivo (convettivo)	$W_c = 0,230 r \tanh(c) W_p =$	45824	N	(E.6.1.1-3)
CoG Ringwall $M_{rw}$	$X_i = (0,5 - 0,094 r) H =$	4,033	m	(E.6.1.2.1-2) (con $r < 1,33$ )
CoG Ringwall $M_{rw}$	$X_c = [1 - (\cosh(c) - 1) / (c \sinh(c))] H =$	7,826	m	(E.6.1.2.1-3)
CoG Slab $M_s$	$X_{is} = (0,50 - 0,06 r) H =$	4,130	m	(E.6.1.2.2-2)
CoG Slab $M_s$	$X_{cs} = [1 - (\cosh(c) - 1,937) / (c \sinh(c))] H =$	7,826	m	(E.6.1.2.2-3)
CoG Mantello	$X_s =$	7,100	m	
CoG Tetto	$X_r =$	10,675	m	



### Momento ribaltante

Momento ribaltante 'Ringwall'

$$M_{rw} = \sqrt{([A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2)} = \mathbf{898 \quad kNm} \quad (E.6.1.5-1)$$

Momento ribaltante 'Slab'

$$M_s = \sqrt{([A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2)} = \mathbf{916 \quad kNm} \quad (E.6.1.5-2)$$


### Resistenza ai carichi di progetto

Peso totale del mantello	$W_s =$	38750	N	
Peso totale della neve sul tetto	$W_{snow} =$	0	N	
Peso del tetto agente sul mantello + 10% neve	$w_{rs} =$	3,43	N/m	
Accelerazione verticale del sisma	$A_v =$	0,184	g	
	$w_t = [(W_s/nD) + w_{rs}] =$	4347	N/m	(E.6.2.1.1.1-2)
	$w_{AB} = [(1,273 M_{rw}/D^2) - w_t(1-0,4A_v)] =$	137,68	kN/m	(E.6.2.1.2-1)

Minimo ancoraggio richiesto

$$w_{AB} = [(1,273 M_{rw}/D^2) - w_t(1-0,4A_v)] = \mathbf{137,68 \quad kN/m}$$

### Stabilità al ribaltamento (Serbatoio ancorato meccanicamente al suolo)

Numero, dimensione e materiale tiranti	$n_A =$	6	x	1	x	2" G regolabile in 1.4301	
Area tiranti di fondazione	$A =$	1705	mm <sup>2</sup>				
Snervamento tiranti di fondazione	$F_y =$	270,00	MPa				
Ammissibile tiranti di fondazione	$F = 0,66 F_y =$	178,20	MPa				
Carico di progetto sui tiranti	$P_{AB} = w_{AB}(\pi D/n_A) =$	204738	N				
Sollecitazione effettiva sui tiranti	$P_{AB}/A =$	120,08	MPa			<b>&lt; F Verificato!</b>	

### Sollecitazioni di compressione in serbatoi meccanicamente ancorati al suolo

Spessore della virola inferiore del mantello	$t_s =$	3,80	mm	
	$\sigma_c = [(1,273 M_{rw}/D^2) + w_t(1+0,4A_v)] / (1000 t_s) =$	38,52	MPa	

### Sollecitazione massime ammissibili di compressione

Spessore del mantello	$t =$	3,80	mm	
Fattore k	$k = WHD^2/t^2 =$	4,80		
	$F_{C1} = 83 t_s/D =$	111,06	MPa	(E.6.2.2.3-1a)
	$F_{C2} = 33 t_s/D + 7,5 \sqrt{WH} =$	66,15	MPa	(E.6.2.2.3-2a)

Sollecitazione massima di compressione	$\sigma_c =$	38,52	MPa	
$k = 4,8$ so $k < 44$ so Case 2a applies	$F_C =$	66,15	MPa	<b>Verificato!</b> 

**Azioni esterne sulle gambe**

	Montaggio		Prova		Esercizio	
Verticale	Fv=	58860 N	662175	N	662175	N
Orizzontale	Fh=	0 N	0	N	212757	N
Momento ribaltante	Mt=	0 Nm	0	Nm	1260584	Nm (S.L.V.)
Momento ribaltante	Mt=	0 Nm	0	Nm	533978	Nm (S.L.D.)
Peso	W=	6000 kg	67500	kg	67500	kg

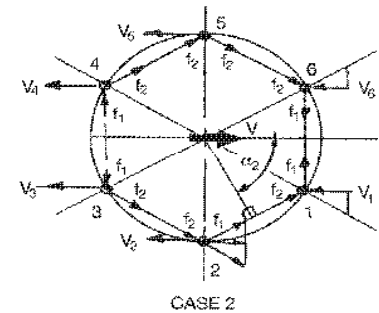
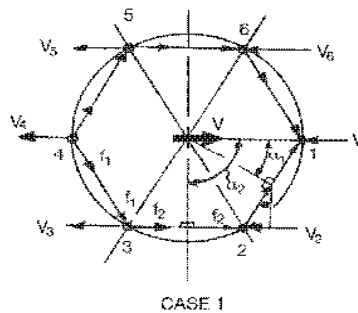
*Nota: Le azioni del vento e del sisma non agiscono mai contemporaneamente.*

**Periodo proprio della struttura**

			Montaggio		Prova		Esercizio	
$n_{leg} =$	6	$y = 2W^3 / 3nE(Ix+Iy) =$	0,845	mm	9,505	mm	9,505	mm
BCD=	2510 mm	$T = 2\pi (y/g)^{0.5} =$	0,058	sec	0,196	sec	0,196	sec
$H_{max} =$	11400 mm	$H_G =$	5925	mm	$H_{LEG} =$	1175	mm	

**Proprietà della sezione delle gambe**

Type of leg	Tubo 323,9 x 6,0 mm		
Diametro	D=	323,90	mm
Spessore	t=	6,00	mm
Area	A=	5992	mm <sup>2</sup>
Inerzia x-x	Ixx=	75724671	mm <sup>4</sup>
Inerzia y-y	Iyy=	75724671	mm <sup>4</sup>
Raggio d'inertia	i=	112,415	mm
Inerzia z-z	Izz=	75724671	mm <sup>4</sup>
Inerzia w-w	Iww=	75724671	mm <sup>4</sup>
Materiale	1.4301 o SA312 TP304		
Snervamento (20°C)	Syc=	207,00	MPa
Snervamento (Td)	Syh=	207,00	MPa
Modulo elastico	E=	194772	MPa



Snellezza	$K1 l / r =$	18,29
Fattore di buckling	$F_e =$	2997,60 MPa
Ammissibile (20°C)	$F_{amb} =$	138,00 MPa
Ammissibile (Td)	$F =$	138,00 MPa
Ammissibile (Test)	$F_t =$	186,30 MPa (90% Sy)

**Distribuzione delle azioni (caso 1)**

Angolo $\varnothing$	$\varnothing =$	0	60	120	180	deg
Inerzia u-u	$I_{vv} = I_{ww} \cos^2 \varnothing + I_{zz} \sin^2 \varnothing =$	75724671	75724671	75724671	75724671	mm <sup>4</sup>
Inerzia v-v	$I_{uu} = I_{ww} \sin^2 \varnothing + I_{zz} \cos^2 \varnothing =$	75724671	75724671	75724671	75724671	mm <sup>4</sup>

Carico orizzontale			Montaggio		Prova		Esercizio	
Gamba A	$\varnothing =$	0 deg	Fh=	0 N	0	N	35459	N
Gamba B	$\varnothing =$	60 deg	Fh=	0 N	0	N	35459	N
Gamba C	$\varnothing =$	120 deg	Fh=	0 N	0	N	35459	N
Gamba D	$\varnothing =$	180 deg	Fh=	0 N	0	N	35459	N
Massimo carico orizzontale			Fh=	0 N	0	N	35459	N

Carico verticale			Montaggio		Prova		Esercizio	
		$F_d = F_v/n =$	9810	N	110363	N	110363	N
		$F_l = 4Mt/ndB =$	0	N	0	N	334816	N
Massimo carico verticale		$F_n = F_d + F_l \cos \varnothing =$	9810	N	110363	N	445179	N (S.L.V.)
							252189	N (S.L.D.)
Momento ribaltante		$M = F_h h_g =$	0	Nmm	0	Nmm	210097274	Nmm

**Distribuzione delle azioni (caso 1)**

Angolo $\phi$	$\phi =$	30	90	150	210	deg
Inerzia u-u	$I_{vv} = I_{ww} \cos^2 \phi + I_{zz} \sin^2 \phi =$	75724671	75724671	75724671	75724671	mm <sup>4</sup>
Inerzia v-v	$I_{uu} = I_{ww} \sin^2 \phi + I_{zz} \cos^2 \phi =$	75724671	75724671	75724671	75724671	mm <sup>4</sup>

Carico orizzontale				Montaggio			Prova		Esercizio	
Gamba A	Ø=	30	deg	Fh=	0	N	0	N	35459	N
Gamba B	Ø=	90	deg	Fh=	0	N	0	N	35459	N
Gamba C	Ø=	150	deg	Fh=	0	N	0	N	35459	N
Gamba D	Ø=	210	deg	Fh=	0	N	0	N	35459	N
Massimo carico orizzontale				Fh=	0	N	0	N	35459	N

Carico verticale		Montaggio		Prova		Esercizio	
	Fd= Fv/n=	9810	N	110363	N	110363	N
	Fl= 4Mt/ndB=	0	N	0	N	334816	N
Angolo di rotazione (caso 1 - caso 2)	ø=	30	deg	30	deg	30	deg
Massimo carico verticale	Fn= Fd+Fl cosø=	9810	N	110363	N	400322	N (S.L.V.)
						252189	N (S.L.D.)

Momento ribaltante	$M = F_h h_g =$	0	Nmm			0	Nmm	210097274	Nmm
--------------------	-----------------	---	-----	--	--	---	-----	-----------	-----

**Sollecitazioni di flessione sulla gamba**

Caso 1 - Gamba A	$\phi =$	0	deg	$I_{uu} =$	75724671	mm <sup>4</sup>	$c_1 =$	8,75	mm
Caso 1 - Gamba B	$\phi =$	60	deg	$I_{uu} =$	75724671	mm <sup>4</sup>	$c_1 =$	8,75	mm
Caso 2 - Gamba A	$\phi =$	30	deg	$I_{uu} =$	75724671	mm <sup>4</sup>	$c_1 =$	8,75	mm
Caso 2 - Gamba B	$\phi =$	90	deg	$I_{uu} =$	75724671	mm <sup>4</sup>	$c_1 =$	8,75	mm

		Montaggio		Prova		Esercizio	
Caso 1 - Gamba A	fb= Mc1/Iuu=	0,00	MPa	0,00	MPa	24,28	MPa
Caso 1 - Gamba B	fb= Mc1/Iuu=	0,00	MPa	0,00	MPa	24,28	MPa
Caso 2- Gamba A	fb= Mc1/Iuu=	0,00	MPa	0,00	MPa	24,28	MPa
Caso 2 - Gamba B	fb= Mc1/Iuu=	0,00	MPa	0,00	MPa	24,28	MPa

Massima sollecitazione	$f_b =$	0,00	MPa			0,00	MPa	24,28	MPa
Ammissibile	$F_b = 1.2 F =$	165,60	MPa			223,56	MPa	165,60	MPa

**Verificato!**

**Verificato!**

**Verificato!**



**Sollecitazioni assiali sulla gamba**

		Montaggio		Prova		Esercizio	
Caso 1	$f_a = F_n/A =$	1,64	MPa	18,42	MPa	74,29	MPa
Caso 2	$f_a = F_n/A =$	1,64	MPa	18,42	MPa	66,81	MPa

Massima sollecitazione	$f_a =$	1,64	MPa			18,42	MPa	74,29	MPa
Ammissibile	$F_a = F =$	138,00	MPa			186,30	MPa	138,00	MPa

**Verificato!**

**Verificato!**

**Verificato!**



# CALCOLI MECCANICI E STRUTTURALI

## *Calculation Book*

**Sollecitazione tiranti in caso di danno alla cella di carico (2 x M36)**

Diametro nominale	d=	36,00	mm	n(tiranti)=	2	mm
Diametro di nocciolo	d=	31,09	mm	Materiale	1.4301	
Area di nocciolo	A(min)=	759	mm <sup>2</sup>	fub=	520	MPa
Modulo di resistenza	W(min)=	2949	mm <sup>3</sup>	fyb=	207	MPa
Massimo braccio delle forze	ht(tirante)=	60	mm	hp(piastra)=	20	mm
		Montaggio		Prova		Esercizio
Taglio	Fv,Rd= $\alpha_v f_{ub} A_b / \gamma_{M2}$	189446	N	189446	N	189446 N (4.2.57)
	Fv,Ed= V / nb=	0	N	0	N	17730 N
Trazione	Ft,Rd= $k_2 f_{ub} A_b / \gamma_{M2}$	284170	N	284170	N	284170 N (4.2.62)
	Ft,Ed= Fb / nb=	4905	N	55181	N	126095 N
Combinato	Fv,Ed/Fv,Rd + Ft,Ed/(1.4 Ft,Rd)=	0,01	< 1.00	0,14	< 1.00	0,41 < 1.00 (4.2.65)

**Verified**

**Verified**

**Verified**

Where  $\alpha_v=0.60$  (Table 4.2.57),  $k_2=0.90$ ,  $\gamma_{M2}= 1.25$  (Table 4.2.XII)

Flessione tirante	Fv,Rd= $\alpha_v f_{ub} W / \gamma_{M0}$	581445	Nmm	581445	Nmm	581445 Nmm
	Fv,Ed= Fv ht=	0	Nmm	0	Nmm	506564 Nmm
	$\sigma$ (flessione)=	0,00	MPa	0,00	MPa	171,75 MPa
	$\sigma$ (ammissibile)= fub= Rp=	207,00	MPa	207,00	MPa	207,00 MPa

**Verified**

**Verified**

**Verified**

**Sollecitazione nelle piastre superiori (sp. 20 mm) in caso di danno alla cella di carico**

Flessione piastra	W(piastra)=	31250	mm <sup>3</sup>	31250	mm <sup>3</sup>	31250 mm <sup>3</sup>
	Fv,Ed= V / nb=	196200	Nmm	2207250	Nmm	5043784 Nmm
	$\sigma$ (flessione)=	6,28	Nmm	70,63	Nmm	161,40 Nmm
	$\sigma$ (ammissibile)=	207,00	MPa	207,00	MPa	207,00 MPa

**Verified**

**Verified**

**Verified**

Nota:

1. E' stata prevista una piastra isogomata in 1.4301 di dimensioni 550 x 500 x 25 mm (a disegno).

**Verifiche integrative di stabilità delle gambe di supporto**

Le verifiche di stabilità del semitubo sono in accordo al D.M. 17.01.2018 + Circolare 7 C.S.LL.PP. (Applicazione NTC 2018)

**Azioni esterne sulle gambe**













	Montaggio			Prova			Esercizio		
Verticale	Fv=	58860	N	662175	N	662175	N		
Orizzontale	Fh=	0	N	0	N	212757	N		
Momento ribaltante	Mt=	0	Nm	0	Nm	1260584	Nm	(S.L.V.)	
Momento ribaltante	Mt=	0	Nm	0	Nm	533978	Nm	(S.L.D.)	
Peso	W=	6000	kg	67500	kg	67500	kg		

*Nota: Le azioni del vento e del sisma non agiscono mai contemporaneamente.*

**Caratteristiche delle gambe**

Caratteristica del materiale	fyk=	207,00 MPa	207,00 MPa	207,00 MPa
Modulo elastico minimo del materiale	E=	194772 MPa		
Area resistente	A=	5992 mm <sup>2</sup>	Numero di gambe	n= 6
Area minima di resistenza	Avm=	3815 mm <sup>2</sup>	Altezza delle gambe	Lg= 1175,00 mm
Modulo di resistenza effettivo	Wm=	467581 mm <sup>3</sup>	Cerchio passante asse gambe	dB= 2510,00 mm
Momento d'inerzia	Jm=	75724671 mm <sup>4</sup>	Raggio d'inerzia	r= 112,41 mm
Coefficienti di sicurezza	Y <sub>M0</sub> =	1,05	(come da tabella 4.2.VII)	
	Y <sub>M1</sub> =	1,05	(come da tabella 4.2.VII)	
	Y <sub>M2</sub> =	1,25	(come da tabella 4.2.VII)	

**Verifiche di stabilità della sezione**

		Montaggio		Prova		Esercizio		
Tensione nominale	σ <sub>x ED</sub> =	1,64	MPa	18,42	MPa	18,42	MPa	
Tensione nominale	σ <sub>z ED</sub> =	0,00	MPa	0,00	MPa	5,92	MPa	
Tensione tangenziale	τ <sub>ED</sub> =	0,00	MPa	0,00	MPa	9,30	MPa	
Criterio di resistenza	σ <sub>EqIV</sub> =	1,64	MPa	18,42	MPa	22,90	MPa	(4.2.4)
	σ <sub>All</sub> =	197,14	MPa	197,14	MPa	197,14	MPa	(4.2.4)
		<b>Verificato!</b>		<b>Verificato!</b>		<b>Verificato!</b>		  
Azione assiale	Nc= A Sy / Y <sub>M0</sub> =	1181334	N	1181334	N	1181334	N	(4.2.6)
	N= Fv/n=	9810	N	110363	N	110363	N	
	R= N/Nc=	0,008	< 1.00	0,093	< 1.00	0,093	< 1.00	(4.2.5)
		<b>Verificato!</b>		<b>Verificato!</b>		<b>Verificato!</b>		  
Flessione retta	Mc= W <sub>m</sub> Sy / Y <sub>M0</sub> =	92180	Nm	92180	Nm	92180	Nm	(4.2.13)
	M= Vl=	0	Nm	0	Nm	20832	Nm	
	R= M/Mc=	0,000	< 1.00	0,000	< 1.00	0,215	< 1.00	(4.2.11)
		<b>Verificato!</b>		<b>Verificato!</b>		<b>Verificato!</b>		  
Taglio	Vc= Av <sub>m</sub> Sy / √3 Y <sub>M0</sub> =	434202	N	434202	N	434202	N	(4.2.17)
	V= Fe/n=	0	N	0	N	35459	N	
	R= V/Vc=	0,000	< 1.00	0,000	< 1.00	0,082	< 1.00	(4.2.16)
		<b>Verificato!</b>		<b>Verificato!</b>		<b>Verificato!</b>		  

Instabilità dell'equilibrio (buckling)

	Montaggio	Prova	Esercizio	
$N_{cr} = \pi^2 (EJ / \beta I) =$	$N_{cr} = 26358940 \text{ N}$	$26358940 \text{ N}$	$26358940 \text{ N}$	(4.2.43)
$\lambda = (A S_y / N_{cr})^{0.5} =$	$\lambda = 0,217$	$0,217$	$0,217$	(4.2.46)
$\varphi = 0.5 (1 + \alpha(\lambda - 0.2) + \lambda^2) =$	$\varphi = 0,528$	$0,528$	$0,528$	(4.2.45)
$\chi = 1 / (\varphi + (\varphi^2 - \lambda^2)^{0.5}) =$	$\chi = 0,991$	$0,991$	$0,991$	(4.2.45)
$N_b = \chi A S_y / \gamma_{M1} =$	$N_b = 1171144 \text{ N}$	$1171144 \text{ N}$	$1171144 \text{ N}$	(4.2.43)
$F_{bc} = 4 * M / (n * d_b) + W / n$	$F_{bc} = 9810 \text{ N}$	$110363 \text{ N}$	$252189 \text{ N}$	
Rapporto $R' = F_{bc} / N_b =$	$R' = 0,008$	$0,094$	$0,215$	(4.2.41)
Snellenza $R'' = \beta I / r =$	$R'' = 20,9$	$20,9$	$20,9$	(se < 200 stabile)

**Verificato!**

**Verificato!**

**Verificato!**



Dove  $\alpha = 0.49$  as per Table 4.2.VI,  $\beta = 2$ ,  $\gamma_{M0} = 1.05$ ,  $\gamma_{M1} = 1.05$ ,  $\gamma_{M2} = 1.25$  as per Table 4.2.V

**Tiranti di base** 6 x 4 in in 1.4301 A= 427 mm<sup>2</sup> fub= 500 MPa

	Montaggio	Prova	Esercizio	
$F_b = 4 * M / (n * d_b) - W / n$	$F_b = -9810 \text{ N}$	$-110363 \text{ N}$	$224454 \text{ N}$	(0 se negativo)
Taglio $F_v, R_d = \alpha_v f_{ub} A_b / \gamma_{M2} =$	$102480 \text{ N}$	$102480 \text{ N}$	$102480 \text{ N}$	(4.2.57)
$F_v, E_d = V / n_b =$	$0 \text{ N}$	$0 \text{ N}$	$53189 \text{ N}$	
Trazione $F_t, R_d = k_2 f_{ub} A_b / \gamma_{M2} =$	$153720 \text{ N}$	$153720 \text{ N}$	$153720 \text{ N}$	(4.2.62)
$F_t, E_d = F_b / n_b =$	$0 \text{ N}$	$0 \text{ N}$	$56113 \text{ N}$	
Combinato $F_v, E_d / F_v, R_d + F_t, E_d / (1.4 F_t, R_d) =$	$0,00 < 1.00$	$0,00 < 1.00$	$0,78 < 1.00$	(4.2.65)

**Verificato!**

**Verificato!**

**Verificato!**



Dove  $\alpha_v = 0.60$  (Table 4.2.57),  $k_2 = 0.90$ ,  $\gamma_{M2} = 1.25$  (Table 4.2.XII)

**Carichi sulle fondazioni**

TLCI 61.500 Lt		VUOTO	IN ESERCIZIO (SLV)	IN ESERCIZIO (SLD)	PROVA
M (vento)	kNm	0,0	0,0	0,0	0,0
M (sisma)	kNm	-	1.260,6	534,0	-
T (vento)	kN	0,0	0,0	0,0	0,0
T (sisma)	kN	-	212,8	90,1	-
V (verticale)	kN	58,9	662,2	662,2	662,2
$\Delta V$ (verticale - neve)	kN	-	0,0	0,0	-
$\pm \Delta V$ (verticale - sisma)	kN	-	121,5	30,8	-
Q (peso)	kg	6.000	67.500	67.500	67.500

Note:

1. Le azioni del vento e della neve non sono applicabili essendo il serbatoio installato all'interno di un capannone.
2. I carichi sui bocchelli sono trascurabili e pertanto non considerati nelle verifiche strutturali.