

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



# INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

## LINEA A.V. /A.C. TORINO-VENEZIA Tratta VERONA-PADOVA Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza

### PROGETTO ESECUTIVO

PONTI E VIADOTTI

VIADOTTO MONTEBELLO VICENTINO dal km 33+163,75 al km 33+463,75

Appoggi campate 25 m c.a.p.

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60 - Relazione tecnica

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>					<b>DIRETTORE LAVORI</b>			<b>SCALA :</b>	
<b>IL PROGETTISTA INTEGRATORE</b> Ing. Giovanni MALAYENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data:					Consorzio <b>Iricav Due</b> ing. Paolo CARMONA Data:			VARIE	

<b>COMMESSA</b>	<b>LOTTO</b>	<b>FASE</b>	<b>ENTE</b>	<b>TIPO DOC.</b>	<b>OPERA/DISCIPLINA</b>	<b>PROGR.</b>	<b>REV.</b>	<b>FOGLIO</b>	
IN17	12	E	12	CL	V10700	004	A		di

	<b>VISTO CONSORZIO IRICAV DUE</b>	
	<b>Firma</b>	<b>Data</b>
	ing. Alberto LEVRATO	

Progettazione :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in.	Gen. 2023	M.Proietti	Gen. 2023	G. Malavenda	Gen. 2023	 Data: Gen. 2023
B								
C								

<b>CIG:</b> 8377957CD1	<b>CUP:</b> J41E9100000009	<b>File:</b> IN1712EI2CLV10700004A.DWG
		<b>Cod. origine:</b> CODICE



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

**Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60**

*Tratta AV/AC Verona-Padova - Impalcati da 25m VI07*

*Disegno di riferimento 220127-GD-83*

*c.o. 220127*

PAESE	CLIENTE
	SALCEF S.P.A



Rif.:220127-CN-83-A

20 dicembre 2022

**FPC ITALIA SpA – UFFICIO TECNICO**

Via dei Missaglia, 97/A2

20142 MILANO

Telefono : +39 02 485691

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE**  
Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

**NOTA PRELIMINARE**

---

Ai termini di legge questo documento è di esclusiva e solo proprietà dell'ufficio tecnico.  
Questo documento è confidenziale, è quindi vietato riprodurlo, realizzarlo e/o in ogni modo possibile renderlo nota a terzi, senza una preventiva e scritta autorizzazione dell'ufficio tecnico.

**TABELLA DELLE REVISIONI**

---

Rev.	Data	Modifiche	Redatto	Controllato	Approvato
A	20/12/2022	Prima emissione	LFI <i>(signature)</i>	CGI <i>(signature)</i>	CGI <i>(signature)</i>

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE**  
Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

**Indice**

1	INTRODUZIONE .....	5
1.1	Generalità.....	5
1.2	Materiali.....	5
1.2.a	Acciaio Strutturale .....	5
1.2.b	Acciaio non strutturale.....	6
1.2.c	PTFE.....	6
1.2.d	Acciaio inossidabile .....	7
1.2.e	Bulloni .....	7
2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE, FORZE E SPOSTAMENTI.....	8
2.1	Simboli.....	8
2.2	Geometria.....	9
2.3	Forze e spostamenti .....	10
3	VERIFICHE.....	12
3.1	Calcolo dell'eccentricità.....	12
3.1.a	PTFE curvo .....	12
3.1.b	PTFE piano .....	14
3.2	Verifica del PTFE .....	15
3.2.a	Verifica della resistenza del PTFE curvo .....	15
3.2.b	Verifica della resistenza del PTFE piano .....	16
3.2.c	Verifica delle dimensioni del PTFE.....	18
3.3	Capacità di rotazione.....	19
3.3.a	Gap $x_1$ .....	19
3.4	Calcestruzzo.....	20
3.4.a	Verifica calcestruzzo (lato piastra di scorrimento).....	20
3.4.b	Verifica calcestruzzo (lato piastra concava).....	23
3.5	Perno.....	24
3.6	Requisiti aggiuntivi per il trasporto e l'installazione .....	25

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 1 INTRODUZIONE

#### 1.1 Generalità

Questa relazione è scritta facendo riferimento alla normativa europea EN 1337:2005 e alle istruzioni RFI-DTC-SI-PS-SP-IFS-002-E (nel seguito indicato come il "capitolato") e RFI-DTC-SI-PS-MA-IFS-001-B (nel seguito indicato come il "manuale") del gruppo Ferrovie dello Stato. Per il materiale di scorrimento PTFE si fa riferimento alla norma EN 1337-2.

#### 1.2 Materiali

##### 1.2.a Acciaio Strutturale

In accordo a quanto specificato nel "Capitolato Parte II – Sezione 12" 12.9.2.5.7 si riportano le proprietà degli acciai strutturali utilizzati.

- Resilienza  $KV \geq 27 J$
- allungamento a rottura  $A \geq 18 \%$  per acciaio S355,  $A \geq 17 \%$  per acciaio S460 e  $A \geq 14 \%$  per acciaio S690

Le proprietà dell'acciaio S355 in accordo alla EN 10025-2 tabella 7 sono riportate nel seguito:  
la tensione di rottura in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	$t \leq 100$	$100 < t \leq 150$	$150 < t$
Acciaio S355 Rottura $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	470	450	450

La tensione di snervamento differenziata in funzione dello spessore vale invece:

spessore (mm)	$\leq 16$	$>16$ $\leq 40$	$>40$ $\leq 63$	$> 63$ $\leq 80$	$>80$ $\leq 100$	$>100$ $\leq 150$	$>150$ $\leq 200$	$> 200$ $\leq 250$	$>250$
Acciaio S355 Snervamento $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	355	345	335	325	315	295	285	275	265

Le proprietà dell'acciaio S460 in accordo alla EN 10025-3 tabella 5 sono riportate nel seguito:  
la tensione di rottura in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	$t \leq 100$	$100 < t \leq 200$
Acciaio S460 Rottura $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	540	530

La tensione di snervamento differenziata in funzione dello spessore vale:

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

spessore (mm)	≤ 16	>16 ≤ 40	>40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	>80 ≤ 100	>100 ≤ 150	>150 ≤ 200
Acciaio S460 Snervamento $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	460	440	430	410	400	380	370

Le proprietà dell'acciaio S690 in accordo alla EN 10025-6 tabella 5 sono riportate nel seguito:  
la tensione di rottura in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	$3 \leq t \leq 50$	$50 < t \leq 100$	$100 < t \leq 150$
Acciaio S690 Rottura $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	770	760	710

La tensione di snervamento differenziata in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	$\geq 3$ $\leq 50$	>50 $\leq 100$	>100 $\leq 150$
Acciaio S690 Snervamento $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	690	650	630

In accordo alla EN 1993-1-1 §3.2.6, nella progettazione si assumono le seguenti proprietà dell'acciaio:

- Modulo elastico,  $E = 210\,000\text{ MPa}$ ;
- Modulo di Poisson,  $\nu = 0.3$ ;

Alla condizione SLU è stato considerato un coefficiente di sicurezza pari a  $\gamma_m = 1.1$  ("Manuale" punto 2.8.1.3.1.1.5) in modo da definire la tensione di progetto valida per l'acciaio considerato.

#### 1.2.b Acciaio non strutturale

Le parti non strutturali dei dispositivi possono essere realizzate in acciaio tipo S275JR o equivalenti in accordo alla EN 10025-2 con le seguenti caratteristiche:

S275JR

- tensione di rottura a trazione  $f_u \geq 410\text{ N/mm}^2$
- tensione di snervamento ( $t > 20\text{ mm}$ )  $f_y \geq 265\text{ N/mm}^2$
- resilienza a 20°C  $KV \geq 27\text{ J}$
- allungamento a rottura  $A \geq 18\%$

#### 1.2.c PTFE

Le superfici di scorrimento sono costituite da un materiale antifrizione, in accordo alla EN 1337-2. La resistenza a compressione allo SLU del materiale di scorrimento è pari a:

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

$$f_{d,PTFE} = \frac{f_{k,PTFE}}{\gamma_M}$$

Dove il coefficiente di sicurezza  $\gamma_M$  è pari a 1.4.

La normativa prevede la riduzione del valore caratteristico per temperature di esercizio superiori ai 30°C secondo la legge:

$$f_{k,PTFE} = 90 \text{ MPa per } T < 30 \text{ °C}$$

$$f_{k,PTFE} = 90 \times (1 - 0,02 \times (T - 30 \text{ °C})) \text{ MPa per } 30 \text{ °C} < T < 48 \text{ °C}$$

Ovvero, la resistenza caratteristica deve essere ridotta del 2% per ogni grado al di sopra di 30 °C, fino ad una temperatura massima ammissibile di 48 °C.

Il coefficiente di attrito del PTFE a contatto con l'acciaio è calcolato in accordo alla normativa EN 1337-2 usando la formulazione riportata nell'appendice B:

$$0.03^{a)} \leq \mu_{max} = \frac{1.2}{10 + \sigma_{PTFE}} \leq 0.08$$

a) per le superfici curve, il valore di attrito si riduce a 0.025

Nel caso in cui la temperatura minima non scende sotto -5°C, i valori di attrito riportati potranno essere moltiplicati di un fattore 2/3.

### 1.2.d Acciaio inossidabile

Le superfici di scorrimento in contatto con PTFE sono coperte da acciaio inossidabile del tipo X2CrNiMo17-12-2 conforme alla EN 10088-2.

### 1.2.e Bulloni

I bulloni impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

Grado 8.8 (EN 1993-1-8:2005)

$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$       tensione di rottura

Grado 10.9 (EN 1993-1-8:2005)

$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$       tensione di rottura

Il coefficiente di sicurezza per i bulloni è preso uguale a  $\gamma_{M2} = 1,25$

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE**  
Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

## 2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE, FORZE E SPOSTAMENTI

### 2.1 Simboli

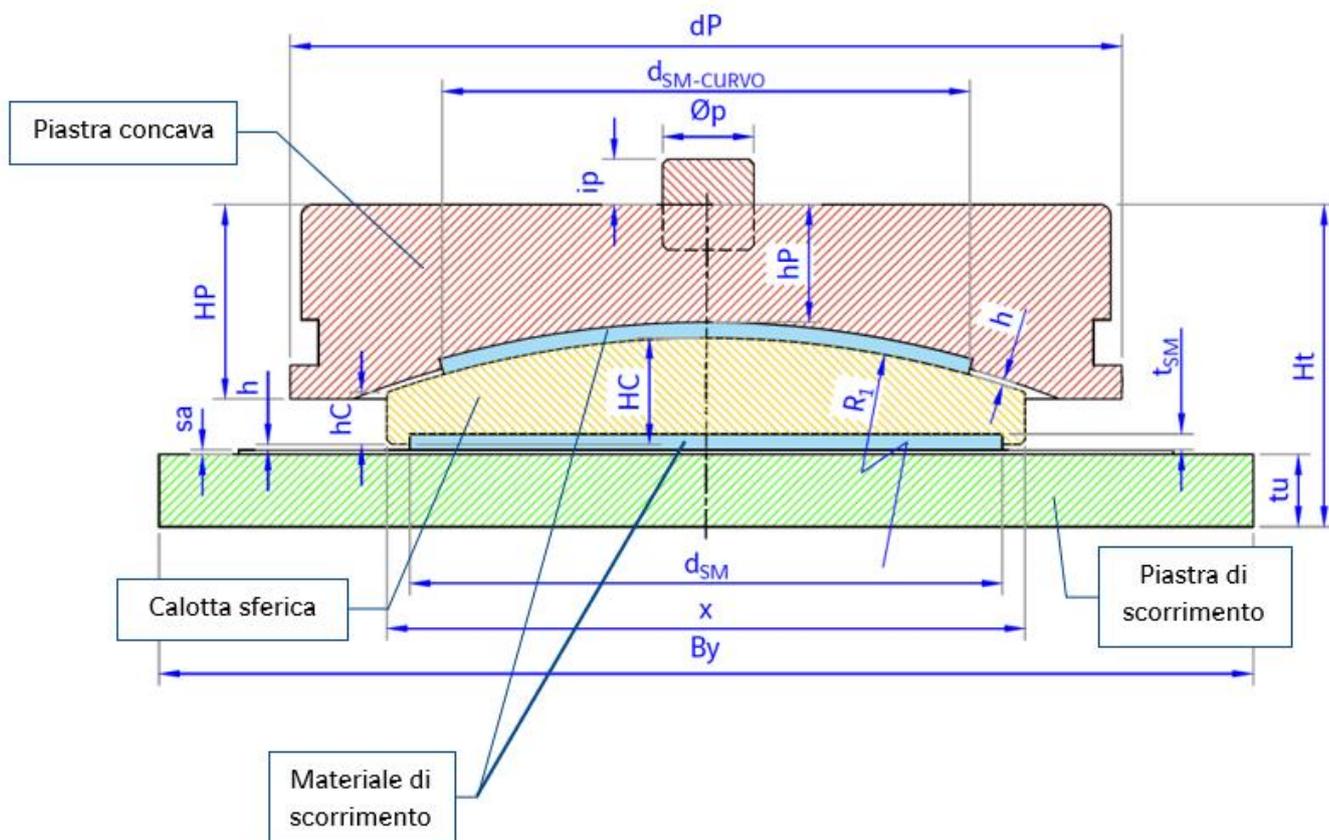
b	Spessore della parete del basamento
B1x	Lunghezza contropiastra superiore lato piastra concava
B1y	Larghezza contropiastra superiore lato piastra concava
B2x	Lunghezza contropiastra inferiore lato basamento/piastra di scorrimento
B2y	Larghezza contropiastra inferiore lato basamento/piastra di scorrimento
Bx	Lunghezza della piastra di scorrimento
By	Larghezza della piastra di scorrimento
dP	Diametro della piastra concava
d <sub>SM</sub>	Diametro materiale di scorrimento
d <sub>SM-CURVO</sub>	Diametro materiale di scorrimento curvo
h	Protrusione materiale di scorrimento
HB	Altezza totale del basamento
hC	Altezza minima della calotta sferica
HC	Altezza totale della calotta sferica
hP	Altezza minima della piastra concava (altezza del perno esclusa)
HP	Altezza totale della piastra concava
Ht	Altezza totale dell'appoggio
ip	Altezza del perno
Øp	Diametro del perno
R	Raggio di curvatura mensola piastra concava
R <sub>1</sub>	Raggio della calotta sferica
sa	Spessore dell'acciaio inox
t1_	Spessore contropiastra superiore lato piastra concava
t2_	Spessore contropiastra inferiore lato basamento/piastra di scorrimento
t <sub>SM</sub>	Spessore materiale di scorrimento
tu	Spessore della piastra di scorrimento
x	Diametro della calotta sferica
x <sub>1</sub>	Distanza tra il piano inferiore della piastra concava ed il piano di scorrimento

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 2.2 Geometria



## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

#### 2.3 Forze e spostamenti

Di seguito si riportano i carichi agenti sull'impalcato in c.a.p. L=25m VI07:

		APPOGGIO MULTIDIREZIONALE					
		Reazioni degli apparecchi di appoggio					
		max N	min N	max T <sub>long</sub>	min T <sub>long</sub>	max T <sub>trasv</sub>	min T <sub>trasv</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
SLE	N max	3302	-	-	-	-	-
	N min	-	1164	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLU	N max	4623	-	-	-	-	-
	N min	-	1599	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLV	N max	4567	-	-	-	-	-
	N min	-	700	-	-	-	-
	N min (*)	-	0	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
(*) Nmin per Fh max							

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

Di seguito si riportano i carichi agenti sull'impalcato in c.a.p. L=25m VI07 assunti per il dimensionamento del dispositivo GL 4625.170.60:

				Carichi L=25m
SLE	Forza verticale max	N	kN	3302
	Forza verticale permanente	$N_{perm}$	kN	1612
	Forza verticale min	$N_{min}$	kN	1164
	Rotazione totale	$\alpha$	rad	0.05 (=3°)
SLU statica	Forza verticale max	$N_{max}$	kN	4625
SLU sismica SLV	Forza verticale max sismica	$N_{seism}$	kN	4567
	Rotazione totale	$\alpha$	rad	0.05 (=3°)
	Spostamento longitudinale massimo	$d_L$	mm	±85
	Spostamento trasversale massimo	$d_T$	mm	±30

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 3 VERIFICHE

#### 3.1 Calcolo dell'eccentricità

##### 3.1.a PTFE curvo

La norma prevede una formulazione per il calcolo dell'eccentricità dovuta a carico, attrito, rotazione forze orizzontali (EN 1337-7 Appendice A):

$$\begin{aligned}e_1 &= \mu_{max} R_1 \\e_3 &= \alpha_{tot} \times R_1 \\e_4 &= \frac{H}{V} \times (R_1 - HC) = \mu_{max} \times (R_1 - HC) \\e_t &= |e_1 - e_3 + e_4|\end{aligned}$$

Dove:

$e_1$	Eccentricità dovuta all'attrito sulla superficie curva.
$e_3$	Eccentricità dovuta alla rotazione
$e_4$	Eccentricità dovuta alle forze orizzontali
$e_t$	Eccentricità totale
$\mu_{max}$	Massimo coefficiente di attrito
$R_1$	Raggio della piastra mediana
$\alpha_{tot}$	Rotazione totale
HC	Altezza della calotta sferica

Combinazione S.L.E.

Per la determinazione della pressione sul PTFE viene considerato il valore minimo del carico assiale per massimizzare le eccentricità. Questa condizione risulta infatti la peggiore al fine di soddisfare la non decomprimibilità del disco di PTFE.

$$\sigma_{PTFE} = \frac{N_{min}}{A_{PTFE}}$$

Combinazione S.L.U.

Per la determinazione della pressione sul PTFE viene considerato il valore massimo del carico assiale in quanto si vuole massimizzare la sollecitazione. Questa condizione risulta infatti la peggiore al fine di soddisfare la verifica di resistenza del disco di PTFE.

$$\sigma_{PTFE} = \frac{N_{max}}{A_{PTFE}}$$

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE**  
 Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

<b>Calcolo eccentricità PTFE curvo</b>		
<b>SLE</b>		
Vmin	1164	KN
d <sub>SM-curvo</sub>	355	mm
σ <sub>SM</sub>	11.8	Mpa
μmax	0.055	per T<-5
α	0.052	rad
R1	380	mm
HC	79.0	mm
e1	21.0	mm
e3	19.9	mm
e4	16.6	mm
et	17.7	mm
<b>SLU</b>		
Vmax	4625	KN
d <sub>SM-curvo</sub>	355	mm
σ <sub>SM</sub>	46.7	Mpa
μmax	0.025	per T<-5
α	0.052	rad
R1	380	mm
HC	79.0	mm
e1	9.5	mm
e3	19.9	mm
e4	7.5	mm
et	2.9	mm

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 3.1.b PTFE piano

La norma prevede una formulazione per il calcolo dell'eccentricità dovuta a carico, attrito, rotazione forze orizzontali (EN 1337-7 Appendice A):

$$\begin{aligned}e_1 &= \mu_{max} R_1 \\e_3 &= \alpha_{tot} \times R_1 \rightarrow 0 \\e_4 &= \frac{H}{V} \times (R_1 - HC) = \mu_{max} \times (R_1 - HC) \rightarrow 0 \\e_t &= e_1\end{aligned}$$

Dove:

$e_1$	Eccentricità dovuta all'attrito sulla superficie curva.
$e_3$	Eccentricità dovuta alla rotazione (nulla per superfici piane)
$e_4$	Eccentricità dovuta alle forze orizzontali (nulla per superfici piane)
$e_t$	Eccentricità totale
$\mu_{max}$	Massimo coefficiente di attrito
$R_1$	Raggio della piastra mediana
$\alpha_{tot}$	Rotazione totale
HC	Altezza della calotta sferica

In questo caso i valori sono i seguenti:

S.L.E.

Per la determinazione della pressione sul PTFE viene considerato il valore minimo del carico assiale per massimizzare le eccentricità. Questa condizione risulta infatti la peggiore al fine di soddisfare la non decomprimibilità del disco di PTFE.

$$\sigma_{PTFE} = \frac{N_{min}}{A_{PTFE}}$$

S.L.U.

Per la determinazione della pressione sul PTFE viene considerato il valore massimo del carico assiale in quanto si vuole massimizzare la sollecitazione. Questa condizione risulta infatti la peggiore al fine di soddisfare la verifica di resistenza del disco di PTFE.

$$\sigma_{PTFE} = \frac{N_{max}}{A_{PTFE}}$$

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE**  
 Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

Calcolo eccentricità PTFE piano		
SLE		
Vmin	1164	KN
d <sub>SM</sub>	360	mm
σ <sub>SM</sub>	11.4	Mpa
μmax	0.056	per T<-5
R1	380	mm
e1	21.3	mm
et	21.3	mm
SLU		
Vmax	4625	KN
d <sub>SM</sub>	360	mm
σ <sub>SM</sub>	45.4	Mpa
μmax	0.030	per T<-5
R1	380	mm
e1	11.4	mm
et	11.4	mm

### 3.2 Verifica del PTFE

#### 3.2.a **Verifica della resistenza del PTFE curvo**

La massima pressione di compressione in corrispondenza del PTFE si trova con la seguente formula:

$$N_{Rd,PTFE} = \frac{f_{k,PTFE}}{\gamma_m} A_r$$

Dove:

N <sub>sd</sub>	Massimo carico verticale SLU
f <sub>k,PTFE</sub>	Resistenza caratteristica PTFE
γ <sub>m</sub> = 1,4	coefficiente di sicurezza
A <sub>r</sub> = λxA	Area ridotta
A <sub>PTFE</sub>	Area PTFE
λ	Fattore di riduzione dell'area di PTFE (EN 1337-7 B)

Tuttavia, essendo presente anche una superficie piana, in favore di sicurezza si considera il coefficiente λ indicato nella EN 1337-2 A:

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

$$\lambda = 1 - \pi \cdot \frac{e_t}{d_{SM-CURVO}} \cdot 0.75$$

Si deve rispettare la seguente verifica per la massima pressione di compressione:

$$N_{Rd,PTFE} \geq N_{Sd}$$

Per gli Stati limite di Esercizio, il PTFE deve essere non parzializzato (EN 1337-7 § 6.2.2):

$$\sigma_p \geq 0$$

ovvero:

$$e_t(SLE) \leq \frac{d_{SM-CURVO}}{8}$$

Verifica PTFE SLU		
Nsd,SLU	4625	KN
d <sub>SM-curvo</sub>	355	mm
A	98980	mm <sup>2</sup>
λ	0.99	
f <sub>k,SM</sub>	81	Mpa
γ <sub>m</sub>	1.4	
N <sub>rd,SM</sub>	5675	KN
<b>N<sub>rd,SM</sub> &gt; Nsd,SLU</b>	<b>OK</b>	<b>81.5%</b>
Verifica PTFE SLE		
d/8	44.4	mm
<b>e<sub>t</sub> &lt; d/8</b>	<b>OK</b>	<b>39.8%</b>

#### 3.2.b Verifica della resistenza del PTFE piano

La massima pressione di compressione in corrispondenza del PTFE si trova con la seguente formula:

$$N_{Rd,PTFE} = \frac{f_{k,PTFE}}{\gamma_m} A_r$$

Dove:

N <sub>sd</sub>	Massimo carico verticale SLU
f <sub>k,PTFE</sub>	Resistenza caratteristica PTFE
γ <sub>m</sub> = 1,4	coefficiente di sicurezza

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

$$A_r = \lambda \times A$$

Area ridotta

$$A_{PTFE}$$

Area PTFE

$$\lambda$$

Fattore di riduzione dell'area di PTFE (EN 1337-7 B)

Si considera il coefficiente  $\lambda$  indicato nella EN 1337-2 A:

$$\lambda = 1 - \pi \cdot \frac{e_t}{d_{SM}} \cdot 0.75$$

Si deve rispettare la seguente verifica per la massima pressione di compressione:

$$N_{Rd,PTFE} \geq N_{Sd}$$

Per gli Stati limite di Esercizio, il PTFE deve essere non parzializzato (EN 1337-7 § 6.2.2):

$$\sigma_p \geq 0$$

ovvero:

$$e_t(SLE) \leq \frac{d_{SM}}{8}$$

Verifica PTFE SLU		
Nsd,SLU	4625	KN
d <sub>SM</sub>	360	mm
A	101788	mm <sup>2</sup>
$\lambda$	0.93	
fk,SM	81	Mpa
$\gamma_m$	1.4	
Nrd,SM	5479	KN
<b>Nrd,SM &gt; Nsd,SLU</b>	<b>OK</b>	<b>84.4%</b>
Verifica PTFE SLE		
d/8	45.0	mm
<b>et &lt; d/8</b>	<b>OK</b>	<b>47.3%</b>

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 3.2.c Verifica delle dimensioni del PTFE

La EN 1337-2 prevede che le lastre di PTFE siano incassate nella piastra di supporto. Nello specifico viene prescritto che la protrusione del PTFE sia pari a:

$$h = \max \left\{ \begin{array}{l} 2.2 \text{ mm} \\ 1.75 + \frac{d_{SM}}{1200} \pm \begin{cases} 0.2 \text{ mm} & \text{per } d_{SM} \leq 1200 \\ 0.3 \text{ mm} & \text{per } d_{SM} > 1200 \end{cases} \end{array} \right.$$

Lo spessore totale della lastra deve essere:

$$2.2 \cdot h \leq t_{SM} \leq 8 \text{ mm}$$

dove:

h            protrusione PTFE  
t<sub>SM</sub>        spessore lastra PTFE  
d<sub>SM</sub>        diametro lastra PTFE

Verifica dimensioni PTFE		
1) Calotta		
d <sub>SM</sub>	360	mm
h	2.2	mm
h <sub>scelta</sub>	2.2	mm
<b>check</b>	<b>OK</b>	
t <sub>scelta</sub>	5	mm
2.2 h	4.8	mm
<b>check</b>	<b>OK</b>	

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 3.3 Capacità di rotazione

#### 3.3.a **Gap $x_1$**

Il gap  $x_1$  garantisce che durante la rotazione della piastra concava non si abbia interferenza con il basamento.

La norma prevede di incrementare il valore di  $x_1$ , sommando il movimento dovuto alla rotazione al valore massimo tra: 0,005 rad e  $10/(dP/2)$ . La verifica risulta:

$$x_1 \geq \frac{dP}{2} \times \alpha + a_d$$

$a_d$  margine di sicurezza = max (10 mm;  $0.005 \times d_p/2$ )

In questo caso i 3° di rotazione sono considerati già comprensivi dei suddetti franchi prescritti dalla EN 1337-1 §5.4. Quindi il valore di  $a_d$  risulta implicitamente considerato nella rotazione totale. Si può perciò scrivere:

$$x_1 \geq \frac{dP}{2} \times \alpha_{tot}$$

Capacità di rotazione		
Gap $x_1$		
$x_1$	36.2	mm
dP	425.0	mm
$\alpha$	0.052	rad
$dp/2 * \alpha$	11.1	mm
$x_1 > \alpha \cdot d_p/2$	OK	30.7%

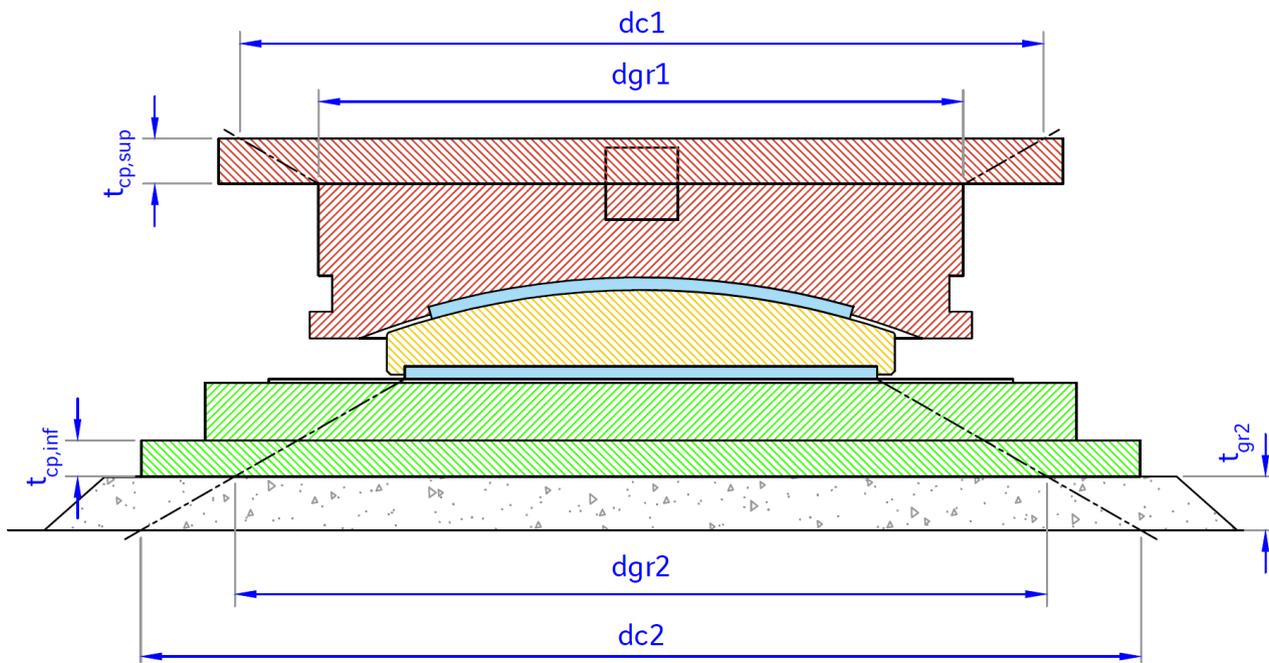
# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 3.4 Calcestruzzo

L'area di contatto sul calcestruzzo viene ottenuta considerando una diffusione di 60° nell'acciaio e nel calcestruzzo.



dove,

$$d_{c1} = d_{gr1} + 2 t_{cp,sup} \cdot \operatorname{tg}60^\circ$$

$$d_{gr2} = d_{SM} + (2s_a + 2t_u + 2t_{cp,inf}) \operatorname{tg}60^\circ$$

$$d_{c2} = d_{gr2} + 2 t_{gr2} \cdot \operatorname{tg}60^\circ$$

$t_{gr2}$

spessore della malta

#### 3.4.a Verifica calcestruzzo (lato piastra di scorrimento)

La verifica della pressione sul calcestruzzo dei baggioli allo stato limite ultimo SLU tiene conto del contributo delle eccentricità calcolate come segue:

$$e_1 = \mu_{max} \cdot R_1$$

$$e_3 = \alpha_{tot} \cdot R_1$$

$$e_{4,inf} = \mu_{max} \cdot b_{H,inf}$$

$b_{H,inf}$  braccio tra la forza orizzontale (forza di attrito sulla superficie piana di scorrimento) e intradosso piastra di scorrimento

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

In accordo al manuale di progettazione delle opere civili (parte II - sezione 2), i momenti dovuti alle rotazioni ( $e_3$ ) e alle forze orizzontali ( $e_4$ ) non si sommano. Poiché la piastra concava è libera di muoversi, l'eccentricità  $e_2$  vale 0. Dunque, l'eccentricità totale risulta:

$$e_{t,inf} = \max(|e_1 - e_3|; e_1 + e_{4,inf})$$

L'area di contatto  $A_{c2}$  è ridotta per effetto dell'eccentricità totale  $e_{t,inf}$  del carico verticale secondo la formula seguente:

$$A_{r2} = \lambda_2 \cdot A_{c2}$$

La verifica è:

$$\sigma_{c,sd2} = \frac{N}{A_{r2}} \leq f_{cd,inf}$$

Dove:

$$f_{cd,inf} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} \times 1.3 \quad \text{resistenza di progetto}$$

$$\lambda_2 = 1 - 0.75\pi \frac{e_{t,inf}}{d_{c2}} \quad \text{coefficiente di riduzione}$$

$$A_{r2} = \lambda_2 \cdot A_{c2} = \lambda_2 \cdot \frac{\pi}{4} d_{c2}^2 \quad \text{area di diffusione ridotta}$$

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE**  
 Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

<b>Verifica calcestruzzo inferiore</b>		
$d_{SM}$	360	mm
$d_{min,cpinf}$	650	mm
$d_{min,piastra\ di\ base}$	585	mm
$t_u$	36	mm
$t_{cp}$ (spessore contropiastra inf)	20	mm
$t_{gr2}$ (spessore malta)	25	mm
$s_a$	2.0	mm
$d_{gr2}$	560.9	mm
$d_{c2}$	647.5	mm
$V_{max,slu}$	4625	kN
<b>SLU STATICO</b>		
$\sigma_{SM}$	46.7	Mpa
$\mu_{slu}$	0.025	per $T < -5$
$d_{SM-curvo}$	355	mm
$\alpha$	0.052	rad
R1	380	mm
e1	9.5	mm
e3	19.9	mm
$b_h$	58.0	mm
e4	1.5	mm
$e_t$	11.0	mm
$f_{ck}$	32	Mpa
$\lambda$	0.96	
$A_{r2}$	316183	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cls}$	14.6	Mpa
$f_{cd}$	23.6	Mpa
$\sigma_{cls} < f_{cd}$	<b>OK</b>	62%

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 3.4.b Verifica calcestruzzo (lato piastra concava)

La verifica della pressione sul calcestruzzo della trave superiore allo stato limite ultimo SLU tiene conto del contributo delle eccentricità calcolate come segue:

$$e_1 = \mu_{SM} \cdot R_1$$

$$e_3 = \alpha_{tot} \cdot R_1$$

$$e_{4,sup} = \mu_{SM} \cdot b_{H,sup}$$

$b_{H,sup}$  braccio tra il punto di trasmissione della forza (contatto del perno) e estradosso della contropiastra superiore

In accordo al manuale di progettazione delle opere civili (parte II - sezione II), i momenti dovuti alle rotazioni ( $e_3$ ) e alle forze orizzontali ( $e_4$ ) non si sommano. Poiché la piastra concava è libera di muoversi, l'eccentricità  $e_2$  vale 0. Dunque, l'eccentricità totale risulta:

$$e_{t,sup} = \max(e_1 - e_3; e_1 + e_{4,sup})$$

L'area di contatto  $A_{c1}$  è ridotta per effetto dell'eccentricità totale  $e_t$  del carico verticale secondo la formula seguente:

$$A_{r1} = \lambda_1 \cdot A_{c1}$$

La verifica è:

$$\sigma_{c,sd1} = \frac{N}{A_{r1}} \leq f_{cd,inf}$$

Dove:

$$f_{cd,inf} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} \times 1.3$$

resistenza di progetto

$$\lambda_1 = 1 - 0.75\pi \frac{e_{t,sup}}{d_{c1}}$$

coefficiente di riduzione

$$A_{r1} = \lambda_1 \cdot A_{c1} = \lambda_1 \cdot \frac{\pi}{4} d_{c1}^2$$

area di diffusione ridotta

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE**  
 Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

<b>Verifica calcestruzzo superiore</b>		
dp superiore	415	mm
t <sub>cp</sub> (spessore contropiastra sup)	25	mm
dmin,cpsup	465	mm
d <sub>c1</sub>	465.0	mm
V <sub>max,slu</sub>	4625	kN
<b>SLU STATICO</b>		
σ <sub>SM</sub>	46.7	Mpa
μ <sub>slu</sub>	0.025	per T<-5
d <sub>SM-curvo</sub>	355	mm
α	0.052	rad
R1	380	mm
e1	9.5	mm
e3	19.9	mm
b <sub>h</sub>	15.0	mm
e4	0.4	mm
e <sub>t</sub>	10.4	mm
f <sub>ck</sub>	45	Mpa
λ	0.95	
A <sub>r2</sub>	160876	mm <sup>2</sup>
σ <sub>cls</sub>	28.7	Mpa
f <sub>cd</sub>	33.2	Mpa
σ <sub>cls</sub> < f <sub>cd</sub>	<b>OK</b>	87%

### 3.5 **Perno**

L'appoggio essendo libero di muoversi in tutte le direzioni, la forza di attrito fra PTFE ingrassato ed inox risulterà sempre minore della forza di attrito fra le piastre di acciaio, perciò la verifica può essere omessa.

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

### 3.6 Requisiti aggiuntivi per il trasporto e l'installazione

Al fine di garantire la non deformabilità dell'appoggio durante la fase di trasporto ed installazione si deve verificare che:

$$t_u \geq 0.04 \sqrt{(B_x^2 + B_y^2)}$$

Dove:

- t<sub>u</sub> Altezza minima della piastra di base.
- B<sub>x</sub> lunghezza della piastra di base
- B<sub>y</sub> larghezza della piastra di base

Requisiti aggiuntivi per il trasporto e l'installazione		
Bx (dimensione x basamento)	660.00	mm
By (dimensione y basamento)	585.00	mm
t <sub>u</sub>	36.0	mm
t <sub>lim</sub>	35.3	mm
<b>t<sub>u</sub> &gt; t<sub>lim</sub></b>	<b>OK</b>	<b>98.0%</b>