

COMMITTENTE:



Aps Holding s.p.a.
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento del Comune di Padova

IL DIRETTORE FUNZIONALE
Dott. Ing. Diego Galiazzo

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Arch. Gaetano Panetta

PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTE



MANDANTE



MANDANTE



ITALFERR S.p.A.

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA
NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3**

LINEA DI CONTATTO

Deposito Guizza - tabelle di verifica conduttori

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
Dott. Ing. Luca Bernardini

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NP00 00 D 18 TT LC0000 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	D.Vergari <i>Vergari</i>	Gennaio 2021	D.Vergari <i>Vergari</i>	Gennaio 2021	A.Peresso <i>A.P.</i>	Gennaio 2021	G. Guidi Buffarini <i>G. Guidi Buffarini</i> ITALFERR S.p.A. U. O. Tecnica Ing. Gaetano Galiazzo Ordine Ingegneri Provincia di Padova n° 77812

File: NP0000D18TTL0000002A.doc

n. Elab.:

<p style="text-align: center;">MANDATARIA</p>  <p style="text-align: center;">MANDANTE</p>  <p style="text-align: center;">MANDANTE</p>  <p style="text-align: center;">MANDANTE</p> 	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>Deposito Guizza - tabelle di verifica conduttori</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NP00</td> <td>00 D 18</td> <td>TT</td> <td>LC0000 002</td> <td>A</td> <td>2 di 8</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NP00	00 D 18	TT	LC0000 002	A	2 di 8
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NP00	00 D 18	TT	LC0000 002	A	2 di 8								

INDICE

1.	SCOPO	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.	DOCUMENTI DI PROGETTO	3
4.	TIRO MASSIMO SU FUNE ISOLANTI IN MATERIALE SINTETICO	4
5.	TABELLA DI TESATURA FILO DI CONTATTO DA 120 MM ²	5
5.1	TABELLA DI POSA FILO ORMEGGIATO FISSO	5
5.2	VERIFICA DEI CARICHI A TRAZIONE AMMISSIBILI (FILO FISSO)	7

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO												
Deposito Guizza - tabelle di verifica conduttori	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NP00</td> <td style="text-align: center;">00 D 18</td> <td style="text-align: center;">TT</td> <td style="text-align: center;">LC0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">3 di 8</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NP00	00 D 18	TT	LC0000 002	A	3 di 8
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NP00	00 D 18	TT	LC0000 002	A	3 di 8								

1. SCOPO

Scopo del presente documento, nell'ambito del progetto definitivo della Tramvia di Padova linea SIR3 nel deposito Guizza, è definire le condizioni di posa del filo di contatto in funzione della temperatura ambiente presente al momento dell'installazione.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- CEI EN 50119 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica
- CEI EN 50149 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Trazione elettrica – Fili sagomati di contatto in rame e lega di rame
- CEI EN 50122-1 Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. - Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra.
- CEI EN 50122-2 Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. - Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate dai sistemi di trazione a corrente continua.
- CEI EN 50125-2 “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Condizioni ambientali per le apparecchiature - Parte 2: Impianti elettrici fissi”.

3. DOCUMENTI DI PROGETTO

I documenti di progetto costituenti riferimento per la presente relazione di calcolo sono di seguito elencati:

CODIFICA	TITOLO
A[1] NP0000D18CLLC0000002A	Deposito Guizza - verifica blocchi e sostegni
A[2] NP0000D18P8LC0000002A	Deposito Guizza - Piano elettrificazione
A[3] NP0000D18W8LC0000002A	Deposito Guizza - Sezioni trasversali

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>ENTRETI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>				
<p>Deposito Guizza - tabelle di verifica conduttori</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>TT</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LC0000 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>4 di 8</p>

4. TIRO MASSIMO SU FUNE ISOLANTI IN MATERIALE SINTETICO

Il sistema a trasversale o a reticolo sarà realizzato mediante l'impiego di una fune isolante di diametro non inferiore a 13,5 mm con terminali inox, con cono e cuneo a cavallotto.

La fune isolante di materiale sintetico isolante per la posa in opera del filo aereo delle linee tranviarie in oggetto dovrà essere conforme alla norma CEI Unel 79825. I fili saranno costituiti da un'anima di fibre sintetiche parallele, rivestita da una guaina polimerica di caratteristiche robuste e di elevata durabilità nel tempo.

In base alla norma CEI EN 50119, il carico di trazione ammissibile di una corda di materiale non conduttore si calcola come:

$$F_w = F_{Bmin} \times 0,45 \times K_{wind} \times K_{ice} \times K_{clamp} \times K_{load} \times K_{radius}$$

dove:

$$K_{wind} = 1,0 \text{ (per velocità del vento } < 100 \text{ km/k)}$$

$$K_{ice} = 0,95 \text{ (in presenza di ghiaccio)}$$

$$K_{clamp} = 1,00 \text{ (accessori di ormeggio ad estremità conica)}$$


$$K_{load} = 1,00 \text{ (senza carichi verticali applicati)}$$

$$K_{radius} = 1,00 \text{ (raggio di curvatura } > 1\text{m)}$$

$$F_{Bmin} = 35000 \text{ N per parafil tipo « A » diametro 13,5 mm}$$

Pertanto nella palificazione si è verificato di sollecitare le corde sintetiche con carico al massimo pari a:

$$\mathbf{F_w = 1496,2 \text{ daN per fune sintetica tipo « A » diametro 13,5 mm}}$$

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>ENTRETI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>				
<p>Deposito Guizza - tabelle di verifica conduttori</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>TT</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LC0000 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>5 di 8</p>

5. TABELLA DI TESATURA FILO DI CONTATTO DA 120 MM²

5.1 TABELLA DI POSA FILO ORMEGGIATO FISSO

La linea di contatto viene realizzata con campate massime di mt 23,5 ed in base alle diverse temperature di posa, alle condutture verranno applicati i tiri riportati nella tabella di posa.


Le Norme CEI EN 50119:2010-05 prescrivono le seguenti condizioni atmosferiche:

- A1 - Temperatura minima di progetto -20°C, senza Vento e Ghiaccio;
- A2 - Temperatura ambiente di progetto +5°C, senza Vento e Ghiaccio;
- B - Temperatura ambiente di progetto +5°C, con Vento, senza Ghiaccio;
- C - Temperatura di progetto -5°C, senza Vento, con Ghiaccio;
- D - Temperatura di progetto -5°C, con Vento al 50%, con Ghiaccio al 100%.

Per determinare i tiri sul filo di contatto alle varie temperature comprese tra la temperatura minima di -20 °C e la massima di +55°C, si ricorre all'equazione di terzo grado detta del "cambiamento di stato".

I dati di partenza sono i seguenti:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| • Temperatura di riferimento | +15°C |
| • Tiro di riferimento (filo scarico) | 750 daN |
| • Sezione conduttore | 120 mm ² |
| • Diametro conduttore | 13,2 mm |
| • Peso lineare del conduttore | 1,1 kg/m=1,08 daN/m |
| • Coeff. Dilatazione termica | 0,000017 m/°C |
| • Coeff. Di elasticità | 11000 kg/mm ² |
| • Vento | 25 m/s (NTC 2018) |
| • Ghiaccio | 0,7 daN/m (da CEI EN 50125-2) |



<p style="text-align: center;">MANDATARIA</p>  <p style="text-align: center;">GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>					
Deposito Guizza - tabelle di verifica conduttori		COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA TT	DOCUMENTO LC0000 002	REV. A	FOGLIO 6 di 8

In base all'equazione di stato si ricavano i valori del tiro e della freccia del filo di contatto nelle varie combinazioni di carico descritte precedentemente (A1, A2, B, C e D):

variabile	Tipo di conduttore nudo			valore	U.M.
t1	Temperatura in gradi centigradi nelle condizioni di posa				
t2	Temperatura in °C nelle condizioni di massimo/minimo sovraccarico				
T1	Tensione totale alla temp. T1 iniziale			750	[daN]
T2	Tensione totale alla temp. t2				
E	E(Mod. elasticità) [daN/mm ²]			11000	[daN/mm ²]
S	Sezione nominale del conduttore			120	[mm ²]
e	Coefficiente di allungamento elastico				
beta	Coefficiente di allungamento elastico unitario				
alfa	Coefficiente di dilatazione termica			0,000017	[1/°C]
P1	Peso massimo condizioni di posa				
P2	Peso conduttore sovraccarico				
C	Campata			23,5	[m]

$$T_2^3 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \cdot (t_2 - t_1) + \frac{P_1^2 \cdot C^2}{24 \cdot \beta \cdot T_1^2} - T_1\right) \cdot T_2^2 - \left(\frac{P_2^2 \cdot C^2}{24 \cdot \beta}\right) =$$

CONDIZIONE		A1	A2	B	C	D	MAX freccia
VAR.	U.M.	-20°C/V0%/G0%	+5°C/V0%/G0%	+5°C/V100%/G0%	-5°C/V0%/G100%	-5°C/V50%/G100%	+45°C/V100%/G0%
t1	[°C]	15	15	15	15	15	15
t2	[°C]	-20	5	5	-5	-5	45
T1	[Kg]	765	765	765	765	765	765
S	[mm ²]	120	120	120	120	120	120
e		9,26698E-05	9,26698E-05	9,26698E-05	9,26698E-05	9,26698E-05	9,26698E-05
beta		7,72248E-07	7,72248E-07	7,72248E-07	7,72248E-07	7,72248E-07	7,72248E-07

<p style="text-align: center;">MANDATARIA</p>  <p style="text-align: center;">GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO						
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>							<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>
Deposito Guizza - tabelle di verifica conduttori			COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA TT	DOCUMENTO LC0000 002	REV. A	FOGLIO 7 di 8

alfa		0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017
P1 [Kg/m]		1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
P2 [Kg/m]		1,07	1,07	1,37	1,77	1,50	1,37
C [m]		23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5
a1		-1476,64	-926,30	-926,30	-1146,43	-1146,43	-45,75
a3		-34114183	-34114183	-55845356	-93349921	-66996305	-55845356
Q		-242274	-95336	-95336	-146035	-146035	-233
R		136307245	46493712	57359298	102481293	89304485	27926225
s		587,07	435,30	474,14	573,31	541,78	382,25
T		412,69	219,01	201,07	254,72	269,55	0,61
T2 [kg]		1492	963	984	1210	1193	398
T2 [daN]		1464	945	965	1187	1171	391
f [cm]		5,0	7,7	9,6	10,1	8,7	23,7

Applicando l'equazione di stato ed in base ai dati sopra esposti si ricava la seguente **TABELLA DI POSA** per il filo scarico:

temperatura [°C]	Tiro	U.M.	Freccia	U.M.
-20°C (filo scarico)	1464	[daN]	5,0	[cm]
-15°C (filo scarico)	1358	[daN]	5,3	[cm]
-10°C (filo scarico)	1253	[daN]	5,8	[cm]
-5°C (filo scarico)	1149	[daN]	6,3	[cm]
0°C (filo scarico)	1046	[daN]	6,9	[cm]
5°C (filo scarico)	945	[daN]	7,7	[cm]
10°C (filo scarico)	846	[daN]	8,6	[cm]
15°C (filo scarico)	750	[daN]	9,7	[cm]
20°C (filo scarico)	659	[daN]	11,0	[cm]
25°C (filo scarico)	574	[daN]	12,6	[cm]
30°C (filo scarico)	498	[daN]	14,5	[cm]
35°C (filo scarico)	433	[daN]	16,7	[cm]
40°C (filo scarico)	378	[daN]	19,2	[cm]
45°C (filo scarico)	334	[daN]	21,7	[cm]
50°C (filo scarico)	298	[daN]	24,3	[cm]
55°C (filo scarico)	270	[daN]	26,8	[cm]

5.2 VERIFICA DEI CARICHI A TRAZIONE AMMISSIBILI (Filo Fisso)

Considerando che per un conduttore di rame della sezione di 120 mm² il carico di rottura minimo è di 4271 kg pari a 4190 daN (filo tipo AC-120 CEI EN 50149 – Cu-ETP UNI EN 1977 in rame ad alta resistenza), il tiro applicato nelle due ipotesi risulta essere inferiore a quanto previsto dalle norme CEI EN 50119:2010-05.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Deposito Guizza - tabelle di verifica conduttori	COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA TT	DOCUMENTO LC0000 002	REV. A	FOGLIO 8 di 8

In accordo alla norma CEI EN 50119:2010-05 il carico ammissibile a trazione di un filo di contatto sagomato dipende dai parametri dati nei paragrafi da 5.3.2 a 5.3.7 (che variano nel caso di filo di contatto con tiro regolato o con tiro fisso).

La resistenza minima a trazione del filo di contatto sagomato deve essere moltiplicata per il prodotto di questi fattori per ottenere il massimo carico a trazione ammissibile in esercizio.

Lo sforzo a trazione calcolato per il filo sagomato di contatto non deve superare il 65% della resistenza minima a trazione del filo sagomato di contatto.

La verifica si conduce per mezzo della seguente formula:

$$\sigma_w = \sigma_{\min} \times n \times K_{\text{temp}} \times K_{\text{wear}} \times K_{\text{icewind}} \times K_{\text{eff}} \times K_{\text{clamp}} \times K_{\text{joint}}$$

Dove nel caso di condutture fisso:

$n=0,65$ (fattore di sicurezza)

$K_{\text{temp}} = 1,00$ (temperature massima filo di contatto pari a 80°C)

$K_{\text{wear}} = 0,70$ (usura ammissibile)

$K_{\text{icewind}} = 0,80$ (filo di contatto e fune portante ad ormeggio fisso solo vento)

$K_{\text{eff}} = 1,00$ (ormeggi fissi)

$K_{\text{clamp}} = 1,00$ (accessori di ormeggio)

$K_{\text{joint}} = 1,00$ (non sono previste giunzioni sul filo di contatto)

$\sigma_{\min} = 360 \text{ N/mm}^2$

Risulta per il filo di contatto fisso:

$$\sigma_w = 131 \text{ N/mm}^2 > 14640 / 120 = 122 \text{ N/mm}^2 \text{ **VERIFICATO**}$$