

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della

Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)



**INTERVENTO PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVE LINEE  
FILOVIARIE ED ESTENSIONE DELLE LINEE ESISTENTI PER IL  
POTENZIAMENTO DEL SERVIZIO DEL COMUNE DELLA SPEZIA, IN  
ATTUAZIONE DEL PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ  
SOSTENIBILE**

**SUBINTERVENTO 1.2.a FILOVIA (C.U.P: G47J18000290001):**

**potenziamento dell'infrastruttura dell'impianto filoviario urbano  
della Spezia**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**INTERVENTO 2D**

**Relazione tecnica**

**Realizzazione di nuova curva Via XXIV Maggio  
Via San Cipriano direzione OSPEDALE.**

**Il progettista**

Dott. Ing. G. Zanelli

**Il Committente**

Dott. Ing. S. Sciorpa

**SOGGETTO BENEFICIARIO: COMUNE DELLA SPEZIA**

**SOGGETTO ATTUATORE: ATC Mobilità e Parcheggi S.p.A.**

**Finanziato con il Fondo di cui all'articolo 1, comma 140, della legge 11 dicembre 2016, n. 232,  
destinate al Trasporto Rapido di Massa**

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della

Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

## INDICE RELAZIONE

<b>1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....</b>	<b>3</b>
1.1 DESCRIZIONE MODIFICA ED OBIETTIVI DELL'INTERVENTO .....	3
1.2 DESCRIZIONE INTERVENTO .....	3
1.3 TRATTO DI LINEA FILOVIARIE ESISTENTE E DI STRADA INTERESSATO DALLA MODIFICA	4
1.4 DESCRIZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE.....	5
<b>2 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI NUOVI COMPONENTI INSTALLATI .....</b>	<b>7</b>
<b>3 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI E CALCOLI DI VERIFICA .....</b>	<b>10</b>
3.1 PREMessa .....	10
3.2 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONE ED I CALCOLI DI VERIFICA.....	11
<b>3.2.1 Sollecitazioni indotte dalla linea.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2.2 Sollecitazioni indotte direttamente sul palo di sostegno.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3 Sollecitazioni indotte dai componenti nuovi.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.4 Verifica delle sollecitazioni nei tiranti trasversali .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.5 Calcolo di verifica degli ancoraggi a muro.....</b>	<b>20</b>
<b>4 ELABORATI GRAFICI.....</b>	<b>22</b>

## ALLEGATI:

**ALLEGATO 2** Elenco pali e caratterizzazione

**ALLEGATO 3** Elenco ganci e caratterizzazione

**ALLEGATO:**

**Elaborati grafici ampliamento filoviario:**

2D - TAVOLA 2D.1	Stato di Fatto	scala 1: 500
2D - TAVOLA 2D.2	Stato di Progetto	scala 1: 500
2D - TAVOLA 2D.3	CURVA A	scala 1: 100
2D - TAVOLA 2D.4	Particolare scambio elettrico	scala 1:100
2D - TAVOLA 2D.5	Particolare scambio meccanico	scala 1:100
2D - TAVOLA 2D.5	Sezione stradale AA e INTERFERENZE	scala 1:100
2D - TAVOLA 2D.7	PUNTI DI RIPRESA FOTOGRAFICI	scala 1: 500

**ALLEGATO 5** FOTO

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)  
1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

# **1 Descrizione dell'intervento**

## ***1.1 Descrizione modifica ed obbiettivi dell'intervento***

L'impianto di nuova realizzazione interessa la linea di trasporto pubblico urbana che collega il TERMINAL CROCIERE al CENTRO città della SPEZIA, attraversando l'intero Centro urbano della Spezia.

Attualmente il percorso della linea è già dotato di impianto filoviario fino a Piazza Verdi in direzione del TERMINAL CROCIERE e a partire dal Via XXIV Maggio in direzione CENTRO.

Il progetto prevede la filoviarizzazione di un nuovo tratto di Linea da Via XXIV Maggio a Via San Cipriano, in modo da raggiungere più del 70% di lunghezza della Linea dotato di impianto filoviario.

Nella TAVOLA 0.2 della Relazione Introduttiva è illustrato l'attuale tratto della linea NAVETTE TERMINAL CROCIERE che è interessato dal progetto.

In corrispondenza di Via XXIV Maggio è già presente l'impianto della linea filoviaria in un senso.

**Il tratto di linea filoviaria esistente è stata realizzata in data anteriore agli anni '80, con progetto interno dell'allora società gestore del servizio filoviario.**

**Nel 2014 è stato inserito nella linea di Via XXIV Maggio un nuovo scambio elettrico in sostituzione dell'esistente per la linea diretta verso il quartiere di Bragarina (linea che svolta a destra in via San Cipriano), prima della fermata OSPEDALE.**

**L'attuale INTERVENTO 2D prevede l'inserimento nella linea diretta verso il quartiere di Mazzetta (linea che prosegue dritta in Via XXIV Maggio), dopo la fermata OSPEDALE di un nuovo scambio elettrico che consenta la svolta a sinistra da Via XXIV Maggio in Via San Cipriano.**

Il tratto di filovia esistente, un bifilare per ogni senso di marcia, è sostenuto da sistema a sospensione rigida collegata in parte a sostegni a palo in parte a ganci applicati a muro tramite resina chimica bicomponente.

La linea esistente attualmente risulta essere utilizzata.

## ***1.2 Descrizione INTERVENTO***

L'intervento consiste nella realizzazione di una nuova curva da Via XXIV Maggio direzione quartiere MAZZETTA a Via San Cipriano, che consenta ai veicoli filoviario provenienti dal TERMINAL CROCIERE di rientrare verso il Centro città passando davanti all'Ospedale Sant'Andrea.

In TAVOLA 2D.1 è rappresentata la planimetria dell'impianto esistente.

L'intervento in oggetto comporta la realizzazione della nuova curva ed anche l'installazione di:

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

- uno scambio elettrico in Via XXIV Maggio dopo la fermata OSPEDALE sulla linea che prosegue dritta in Via XXIV Maggio per consentire di proseguire dritto o curvare in Via San Cipriano;
- uno scambio meccanico convergente del singolo bifilare che da Via XXIV Maggio si immette nel singolo bifilare di Via San Cipriano.

Nelle TAVOLA 2D.2 è rappresentata una planimetria in scala 1:500 del nuovo tratto di linea filoviario urbana in progetto.

I lavori di realizzazione del nuovo tratto di impianto filoviario può essere immediatamente cantierizzato (del fatto si tiene conto al momento dell'elaborazione del cronoprogramma dei lavori).

**La nuova Linea non determina la modifica delle attuali fermate presenti sulla rete urbana.**

**La realizzazione della nuova curva non comporta alcuna modifica delle modalità d'esercizio della linea e un allungamento di percorso della linea trascurabile rispetto all'impianto preesistente.**

## ***1.3 Tratto di linea filoviarie esistente e di strada interessato dalla modifica***

In Via San Cipriano nel tratto tra gli incroci con Via XXIV Maggio e Via Veneto è presente solo il singolo bifilare direzione monti essendo strada a senso unico di marcia; in Via XXIV Maggio è presente il singolo bifilare in quanto tratto a senso unico di marcia.

**Il tratto di linea filoviaria esistente è stato realizzato in epoca antecedente il 1990.**

**Nel 2014 è stata realizzata la nuova curva da Via San Cipriano a Via XXIV Maggio.**

Tutto il tratto di filovia è sostenuto da sistema a sospensione rigida collegata a ganci applicati a muro tramite resina chimica bicomponente.

Il progetto prevede che la linea in singolo bifilare in Via XXIV Maggio direzione quartiere MAZZETTA diverga: in un senso prosegue dritto verso il quartiere di MAZZETTA e MIGLARINA come nell'impianto esistente nell'altro effettui la curva a sinistra per immettersi nel bifilare di via San Cirirano direzione monti per rientrare verso il CENTRO città.

Le realizzazione della nuova curva non cambia né le condizioni di esercizio della Linee filoviarie esistenti né i percorsi delle linee né la collocazione attuale delle fermate.

La nuova componentistica risulta essere compatibile sia con i veicoli filoviar nuovi sia con quelli esistenti, che verranno dotati di nuovo sistema a "telecomando" per l'azionamento dei nuovi scambi elettrici.

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

Il tratto di Via XXIV Maggio e Via San Cipriano interessato dal progetto è caratterizzato dalla presenza su entrambi i lati di edifici privati con un marciapiede di dimensioni non ampie (larghezza variabile da 150 a 110 cm).

Il percorso stradale interessato dal progetto, descritto sommariamente, è, quindi, caratterizzato da alcuni aspetti peculiari che sono rilevanti per le soluzioni progettuali adottate per il nuovo impianto:

- nel tratto di via XXIV Maggio e sulla curva verso Via San Cipriano sono presenti marciapiedi e edifici che consentono la realizzazione di sostegni sia a palo che a gancio a muro della rete di sospensione;
- il tratto finale dell'impianto in via San Cipriano è caratterizzato dalla presenza sui due lati della carreggiata di aree destinate a verde pubblico.

Sul percorso sono presente alcuni impianti di servizio:

- a) Linea elettrica interrata di illuminazione pubblica su pali lungo quasi intero percorso;
- b) Linea di adduzione gas metano che corre sottostrada in Via XXIV Maggio;
- c) Linea di acqua potabile che corre sottostrada in Via XXIV Maggio;
- d) Linea di raccolta acque meteoriche che corre sottostrada lungo tutto il percorso dell'impianto;
- e) Linea di raccolta e adduzione reflui fognari che corre sottostrada in Via XXIV Maggio.

**La presenza di questi sottoservizi nei tratti di strada interessati dal progetto sono elementi già individuati nel presente Progetto Definitivo: la loro gestione viene illustrata nella relazione specialistica “Relazione tecnica specialistica INTERFERENZE” allegato alla presente Relazione Generale di progetto completa di allegati, cui si rimanda (nello specifico per l'INTERVENTO 2D in oggetto la gestione delle INTERFERENZE puntuali individuate è illustrata al paragrafo 3.4.5 pagine 24 e 25).**

## ***1.4 Descrizione delle opere architettoniche***

Nel corso della realizzazione del progetto, tuttavia, risulta necessario effettuare i seguenti interventi.

Nel tratto in prima in rettilineo e poi curva da Via XXIV Maggio a Via San Cipriano:

- Installazione di uno scambio elettrico per consentire la curva da Via XXIV Maggio a Via San Cipriano in uscita dall'impianto esistente che prosegue dritto in Via XXIV Maggio;
- Sostituzione di n. 1 sostegno filoviaro esistente con uno nuovo a palo in posizione vicino al palo esistente adatta al nuovo andamento della linea filoviaria rettilinea in modo da limitare la lunghezza della campata  $\leq 25$  metri, e di dimensioni conformi ai nuovi sforzi indotti dalla **linea stessa, completo di nuova fondazione (palo numero 161 nella TAVOLA 2D.3 nuova fondazione di dimensioni 170x170x170 cm) di dimensioni opportune in relazione alle sollecitazioni indotte dalla linea;**

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

- Eliminazione dei ganci a muro esistenti non idonei agli sforzi indotti dalla nuova linea e sostituzione con nuovi ganci a muro collocati in posizione adatte al andamento della nuova linea e di dimensioni conformi alle sollecitazioni indotte dalla stessa e contemporaneo recupero dei ganci esistenti considerati idonei al progetto, ottenendo l'insieme di ganci a muro;
- Realizzazione della rete di sospensione rigida della linea idonea al nuovo percorso del filo di lavoro in entrambe le direzioni e alla posizione del palo di sostegno e dei ganci a muro di progetto, sia quelli esistenti sia quelli nuovi;
- Fornitura e messa in opera del doppio bifilare di contatto seguendo il nuovo percorso in curva.

Nel tratto in rettilineo di Via San Cipriano:

- Sostituzione di n. 4 sostegni a palo esistenti con 4 pali nuovi in posizione analoga a quella degli esistenti adatta al nuovo andamento della linea filoviaria rettilinea in modo da limitare la lunghezza della campata  $\leq 25$  metri, e di dimensioni conformi ai nuovi sforzi indotti dalla linea stessa, completi di fondazioni (pali identificati con i numeri da 160 159 162 158 nelle TAVOLA 2D.3) di dimensioni opportune in relazione alle sollecitazioni indotte dalla linea;
- Fornitura e messa in opera di nuovi ganci a muro collocati in posizione adatte all'andamento della nuova linea e di dimensioni conformi alle sollecitazioni indotte dalla stessa, ottenendo l'insieme di ganci a muro;
- Realizzazione della nuova rete di sospensione rigida della linea per adattarla al nuovo percorso del filo di lavoro in entrambe le direzioni, alla posizione dei sostegni a palo, alle mensole ed ai ganci a muro;
- Fornitura e messa in opera del doppio bifilare di contatto in rettilineo.

**La presenza dei vincoli già descritti, determina che la posizione di alcuni pali di sostegno descritta in questo progetto definitivo potrebbe subire alcune modifiche nella fasi successive della progettazione (esecutiva), con l'adozione di alcune scelte progettuali particolari:**

la fondazione di ogni palo di sostegno non deve interferire con i sottoservizi presenti (vedi Relazione INTERFERENZE allegato alla Relazione Generale);

i pali di sostegno devono essere sufficientemente lontani dalle linee aeree di illuminazione pubblica.

Anche il vincolo dovuto alla presenza lungo il percorso di esigui spazi disponibili intorno alla carreggiata stradale (marciapiedi stretti o non presenti) ha determinato l'esigenza di posizionare i pali di sostegno in posizioni particolari (anche distanti dalla linea) e di realizzare fondazioni particolari.

Inoltre la presenza di sottoservizi non modificabili (linea a media tensione ENEL fibra ottica TELECOM, linee Gas acqua potabile e fognatura ACAM) lungo il percorso crea dei vincoli nella scelta della localizzazione dei pali di sostegno e dei corrispondenti plinti di fondazione, viste le conseguenti interferenze che si possono riscontrare nell'esecuzione dei lavori: **la loro gestione viene illustrata**

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

nella relazione specialistica “Relazione tecnica specialistica INTERFERENZE” allegato alla presente Relazione completa di allegati, cui si rimanda (nello specifico per l'INTERVENTO 2D in oggetto la gestione delle INTERFERENZE puntuali individuate è illustrata al paragrafo 3.4.5 pagine 24 e 25).

La modifiche descritte determinano un tratto di nuovo bifilare di circa 100 metri, ma che non aumento alla lunghezza dell'impianto esistente in quanto è esclusivamente una raddoppio di bifilare dove è già presente.

Tuttavia il calcolo delle CdT dell'impianto in progetto è svolto nella Relazione tecnica impiantistica allegata alla Relazione Generale, che né è anche parte integrante.

## **2 Caratteristiche tecniche dei nuovi componenti installati**

La caratteristiche tecniche specifiche di questo nuovo tratto d'impianto filoviario sono analoghe a quella della linea già esistente in esercizio.

Nell'elaborazione del progetto sono state seguiti alcuni indirizzi generali, dovuti alle particolari caratteristiche del percorso stradale interessato dalla nuova linea filoviaria, che qui si elencano in sintesi:

- ❑ limitazione, dove possibile, dell'uso di pali di sostegno, data la generale esiguità degli spazi disponibili e liberi lungo le strade percorse, con conseguente utilizzo nei tratti in rettilineo di mensole di sostegno della linea;
- ❑ elaborazione del progetto prevedendo l'altezza del filo di contatto uguale a 6 metri rispetto al piano stradale.

Vi sono alcune soluzioni progettuali particolari (per altro già presenti in altri tratti dell'impianti filoviario esistente) specifiche dovute ai vincoli esterni presenti nel tratto di strada percorso dalla nuova linea (vincolo dovuti alla morfologia della strada, alla presenza di sottoservizi o linee aeree, alla presenza di aree private in cui risulta impossibile realizzare la linea).

La linea filoviaria ha tensione nominale non superiore a 750 V ed è posta ad un'altezza massima di 6,00 metri sul piano strada.

L'intervento non prevede modifiche ai conduttori di linea, che restano della tipologia già in opera nella maggior parte dell'impianto filoviario: filo di contatto in rame sagomato della sezione di 100 mmq.

Il conduttore viene posizionato ad un'altezza in corrispondenza delle sospensioni non inferiore a 5,20 metri e non superiore a 6,20 metri.

La linea è a singolo bifilare nei diversi tratti interessati dall'intervento (TAVOLE 2).

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

La rete di sospensione è del tipo a sospensione rigida, come quella già esistente, con trasversali e poligonali in fune sintetica tipo parafil, e caratteristiche di resistenza idonee per tiro e proprietà isolanti.

In rettilineo i trasversali di sostegno consecutivi hanno una distanza massima di 25 metri.

Il materiale di sospensione è del tipo già presente nella linea esistente: sospensioni e griffe da curva per i diversi tratti in curva e sospensioni e griffe da rettilineo per il bifilare con andamento rettilineo.

Nel tratto di impianto interessato dalle diverse sostituzioni sono presenti solo sostegni a ganci a muro per cui solo di alcuni sono conosciute le loro caratteristiche tecniche prestazionali; nel caso che il nuovo componente installato (scambio elettrico, scambio meccanico, incrocio o isolatore di linea) abbia un peso maggiore di quello sostituito, nei calcoli di verifica successivi tutti ganci maggiormente sollecitati sono sottoposti a verifica considerando le nuove sollecitazioni e nel caso non si conoscano le loro caratteristiche prestazionali vengono sostituiti con ganci nuovi idonei o nel caso si conoscano le loro caratteristiche prestazionali e la verifica abbia esito positivo vengono mantenuti.

I pali di sostegno utilizzati sono del tipo tubolare in acciaio senza saldatura zincati a freddo a 3 rastremazioni con protezione della zona d'incastro con fibra poliestere, della dimensioni idonee ai tiri di calcolo determinati nel prosieguo della relazione.

Il materiale di sospensione è del tipo già presente nella linea esistente: sospensioni e griffe da curva per i tratti in curva o dove sono presenti piccole deviazioni correttive della linea anche se il percorso è in rettilineo e, sospensioni e griffe da rettilineo per il percorso con andamento rettilineo.

La posizione dei ganci (sia nuovi che vecchi) di sostegno e la rete della sospensione rigida è illustrata nell'elaborato grafico allegato alla relazione (TAVOLA 2D.3).

La determinazione delle sollecitazioni indotte dalla linea sui trasversali di sostegno della rete di sospensione è determinata nella relazione di calcolo presente nelle successive fasi di progettazione.

I corrispondenti tiri sui pali di sostegno, determinato dal trasferimento delle sollecitazioni di linea dai trasversali attraverso la rete di sospensione ai pali stessi è determinata per ogni curva della linea per via grafica nelle successive fasi di progettazione.

Come riepilogo si elencano i tipi di materiali che sono utilizzati nell'intervento in progetto:

**CONDUTTORI:** conduttore di rame elettrolitico per linee di contatto sagomato per "Trolley" diametro 11.80 mm sezione nominale 100 mm<sup>2</sup> conforme alle norme CEI 50149;

**SOSTEGNI A PALO:** tubolari in acciaio senza saldatura zincati a freddo a 3 rastremature con protezione della zona d'incastro in fibra poliestere del tipo M28 M30 M30C e M32 in conformità al capitolato delle Ferrovie dello Stato spec. CT12 3800/A;

**COLLARI PER PALO FILOVIARIO:** collari in acciaio zincato tipo Fe 430 di dimensioni 50x4 e 50x6 di diametro di dimensioni adatte al palo cui sono collegati (diametri a disposizione 130 – 160 – 215 – 250 – 290 mm) o con ancoraggio di filo sintetico idoneo per palo in acciaio inox e banditi dimensioni 19x1 per collegamento a palo;



**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

FUNI DI SOSTEGNO: isolanti in materiale sintetico "Parafil" norme UNIFER CEI - UNEL 79825 da 2 e 3,5 tonnellate (esempio prodotto da ditta SIC ITALIANA CAVI o prodotto equivalente);

TERMINALI: in Acciaio Inox ad inserto conico tipo P da 3,5 e 2 tonnellate e tipo F da 3,5 e 2 tonnellate prodotti dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC rispettivamente 101 e 102 o prodotto equivalente;

SOSPENSIONI E GRIFFE IN CURVA: per i punti del filo di lavoro con deviazione di linea vengono usate sospensioni ad occhiolo in acciaio inox, complete di viterie inox, prodotte dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 278 e griffe elastiche per curva 1600 mm per filo di contatto sagomato in acciaio inox complete di viteria in acciaio inox prodotte dalla CARIBONI disegno 09487/D o prodotto equivalente;

SOSPENSIONI E GRIFFE IN RETTILINEO: per i punti del filo di lavoro in rettilineo vengono usate sospensioni in vetronite per parafil da 2 tonnellate e 3,5 tonnellate, complete di rondelle e viti in acciaio inox, prodotte dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 201/A e griffe per filo di contatto sagomato in CUPRUMLEGA, complete di viterie in acciaio inox, prodotte dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 311 o prodotti equivalenti;

DISTANZIATORI ISOLANTI: distanziatori rigidi isolanti per i punti con deviazione di linea in vetroresina, completi di spina e piastrina in acciaio inox, prodotti dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 278 o prodotto equivalente;

ANELLI DI POLIGONAZIONE: in Acciaio Inox 114x10 e 80x10 prodotti dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 237 o prodotti equivalenti;

GIUNTI DI PIENA TRAZIONE: giunti a vite per filo sagomato da 100 mmq in lega di rame completo di viti in acciaio sagomato;

BLOCCO DI FONDAZIONE: blocco di fondazione per palo di sostegno a forma di plinti incassato nel terreno in conglomerato cementizio con Rck  $\geq$  250 Kg/cm<sup>2</sup>, completo di tubo in cemento vibrato diametro 50 cm per formazione alloggio pali di sostegno;

COLLARE ANCORAGGIO PALO VERTICALE A MURO: collare per attacchi del palo verticale a muro in acciaio zincato con tensione di snervamento caratteristica  $f_y \geq 265$  N/mm<sup>2</sup> (collari prodotti dalla ditta CARIBONI ed illustrati nel disegno NR 58703 serie FS del 30/04/2005 o prodotto equivalente);

SOSTEGNI A MURO PER ANCORAGGIO PALO: attacco applicati su supporto pieno (calcestruzzo non fessurato, lontani da angoli e spigoli) con barra filettata M24 in acciaio inox A<sub>2</sub>-70, assimilabile per caratteristiche meccaniche ad acciaio di classe 8.8, completa di bulloneria in acciaio inox A<sub>2</sub>-70, messa in opera su foro pulito di opportuna profondità ed ancorata con ancorante chimico bicomponente in resina per carichi pesanti prodotta dalla fischer italia tipo UPM 44 da 360 ml o prodotto equivalente;

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

MENSOLE TUBOLARI DI SOSTEGNO: mensole tubolari di sostegno in acciaio inox zincate dimensioni 76x8x7850 [mm] e 76x8x6350 [mm] o in vetroresina come da disegno riportato in TAVOLA 18 completi di attacchi rinforzati per mensola da 76 mm a palo diametro 215 160 e 130 e attacchi tiranti a mensola diametro 76 mm.

In ALLEGATO A alla Relazione Introduttiva al progetto sono riportate schede e disegni tecnici dei materiali utilizzati, comprensivi in particolare delle tabelle CEI UNEL 79825 relative alle caratteristiche tecniche delle funi in materiale sintetico e delle specifiche dei pali di sostegno.

## **3 Determinazione delle sollecitazioni e calcoli di verifica**

### **3.1 Premessa**

La nuova curva ed i nuovi componenti, pur non modificando le caratteristiche essenziali dell'impianto filoviario, determinano alcune modifiche localizzate alla rete di sospensione:

- ⇒ **il nuovo scambio elettrico** determina delle modifiche alla rete di sospensione: le nuova rete di sospensione è costituita da una brandina in parafil da 2 tonnellate sopra lo scambio che ne sostiene le sollecitazioni verticali indotte dal suo peso, collegata direttamente a nuovi ganci di sostegno a muro, e da due tiranti di ancoraggio connessi allo scambio al livello della linea ed a dei nuovi ganci di sostegno a muro con la funzione di assorbire le sollecitazioni orizzontali dovute alla tesatura della linea;
- ⇒ **Il nuovo scambio meccanico di convergenza** determina delle modifiche alla rete di sospensione: le nuova rete di sospensione è costituita da una brandina in parafil da 2 tonnellate sopra lo scambio che ne sostiene le sollecitazioni verticali indotte dal suo peso, collegata direttamente a nuovi ganci di sostegno a muro, e da due tiranti di ancoraggio connessi allo scambio al livello della linea ed a dei nuovi ganci di sostegno a muro con la funzione di assorbire le sollecitazioni orizzontali dovute alla tesatura della linea;
- ⇒ **Il nuovo incrocio** è localizzato nello stesso punto dell'incrocio sostituito e occupa una tratta di impianto analoga e quindi non determina delle modifiche alla rete di sospensione esistente: le rete di sospensione è costituita da una brandina in parafil da 2 tonnellate sopra l'incrocio che ne sostiene le sollecitazioni verticali indotte dal suo peso, collegata direttamente ai ganci di sostegno a muro; eventuali sollecitazioni maggiori indotte sulla rete di sospensione e sui ganci a muro sono dovute esclusivamente a differenze di peso tra incrocio nuovo e incrocio vecchio.

La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica sono condotti in base alle norme CEI EN 50119 classificazione 9-2 e successive modificazioni ed integrazioni (in particolare variante A1 del 11/2014) per l'esecuzione delle linee elettriche di contatto.

In particolare, conformemente al quanto prescritto dalla norme sopra menzionate, la presente relazione illustrerà:

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

- ☐ La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica sui nuovi sostegni a palo;
- ☐ La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica nei tiranti trasversali;
- ☐ La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica degli ancoraggi a muro.

## **3.2 Determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica**

L'obiettivo è di determinare le sollecitazioni indotte sui ganci a muro di sostegno, sia esistenti che nuovi, conseguenti alle sollecitazioni indotte dai nuovi componenti installati sulla base delle condizioni di carico più gravose previste dalle norme.

Nel calcolo si considerano alcune ipotesi semplificative, evidenziate opportunamente nei seguenti paragrafi, che tuttavia vanno sempre verso condizioni di sicurezza maggiore.

Le sollecitazioni determinate sono utilizzate come elementi in ingresso per i calcoli di verifica che documentano che tali sollecitazioni siano contenute nei limiti stabiliti dalle norme stesse e nei limiti di resistenza dei ganci fornite dalle schede tecniche con le caratteristiche costruttive dei ganci presenti in ALLEGATO A della Relazione Introduttiva.

**Nel caso in esito alle verifiche risulti che alcuni ganci vecchi, di cui non si conoscono le caratteristiche costruttive, sono soggetti a sollecitazioni maggiori dai nuovi componenti dell'impianto rispetto ai vecchi, l'intervento prevede la sostituzione di tali ganci o, in casi specifici, l'esecuzione di una prova di trazione / taglio sul gancio in sito per determinarne le caratteristiche di resistenza.**

### **3.2.1 Sollecitazioni indotte dalla linea**

Sono qui di seguito considerati tutti le sollecitazioni indotte dalla linea filoviaria che poi attraverso la rete di sospensione sono trasferite sui pali di sostegni.

**M<sub>1</sub> - sollecitazione dovuta al peso della linea, all'azione del vento sui conduttori e all'eventuale presenza di un manicotto di ghiaccio, calcolati in base a quanto disposto dalle norme CEI EN 50119 classificazione 9-2.**

#### **1° IPOTESI DI CARICO**

**Tutte le funi integre ad una temperatura di -5 °C e con vento orizzontale normale alla linea che spira ad una velocità di 130 Km/h.**

Dati:

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

Lunghezza campata tra 2 trasversali consecutivi:	L metri
Numero cavi filo di lavoro sostenuti dal trasversale:	N
Diametro conduttori:	$\delta = 11,8 \text{ mm}$
Peso conduttori:	$p_c = 0,890 \text{ Kg/m}$
Velocità del vento:	$v = 130 \text{ Km/h}$

La pressione esercitata dal vento vale (riferita alla sezione assiale) sulla base della Tabella riportata nella CEI 9-2:

$$p_v = 72 \text{ Kg/m}^2$$

da cui una forza per unità di lunghezza di filo

$$f_v = p_v \cdot 1 \cdot \delta / 1000 = 0,850 \text{ Kg/m}$$

Il carico dovuto al peso dei conduttori è:

$$p_c = 0,890 \text{ Kg/m}$$

Carico verticale totale applicato:

$$P_{n'} = p_c \cdot N \cdot L$$

Carico orizzontale totale applicato:

$$P_{0'} = f_v \cdot N \cdot L$$

La componente orizzontale su ciascun tirante di sostegno per effetto del peso della linea risulta:

$$P_{0''} = P_{n'} / (2 \cdot \text{tg}\beta) \quad \text{dove } \beta = 7,6^\circ \text{ (12\% circa) } 0.13264 \text{ radianti è l'angolo formato dalla trasversale con l'orizzontale}^1.$$

La sollecitazione risultante orizzontale presente nel trasversale per effetto di queste ipotesi di carico in rettilineo risulta quindi:

$$F = P_{0'} + P_{0''}$$

Si calcola un tratto in rettilineo a doppio bifilare:

$$N = 4$$

e si considera la lunghezza massima tra i due trasversali campata uguale a 25 metri

$$L = 25 \text{ mt si ha}$$

$$P_{n'} = 0.890 \cdot 4 \cdot (25 / 2 + 25 / 2) = 89.0 \text{ Kg}$$

<sup>1</sup> Si considera un pendenza del trasversale uguale per tutti e corrispondente al 12%.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

$$P_{0'} = 0.850 * 4 * (25 / 2 + 25 / 2) = 85.0 \text{ Kg}$$

$$P_{0''} = P_{n'} / (2 * \operatorname{tg} \beta) = 370.8 \text{ Kg}$$

$$F = P_{0'} + P_{0''} = \mathbf{455.8 \text{ Kg}}$$

**Si considera, ora, una seconda ipotesi di carico:**

## **II° IPOTESI DI CARICO**

**Tutte le funi integre nelle condizioni di temperatura e di carico previste per la zona B con vento orizzontale normale alle linea spirante a 65 Km/h.**

Dati:

Lungh. max campata:	L
Numero cavi filo di lavoro sostenuti dal trasversale:	N
Diametro conduttori:	$\delta = 11,8 \text{ mm}$
Peso conduttori:	$p_c = 0,890 \text{ Kg/m}$
Velocità del vento:	$v = 65 \text{ Km/h}$
Manicotto di ghiaccio:	$s_g = 12 \text{ mm}$

La pressione esercitata dal vento vale (riferita alla sezione assiale) sulla base della Tabella nella CEI 9-2:

$$p_{v''} = 18 \text{ Kg/m}^2$$

da cui una forza per unità di lunghezza di filo con manicotto di ghiaccio

$$f_{v''} = p_{v''} * 1 * (\delta + 2 * s_g) / 1000 = 0,644 \text{ Kg/m}$$

Il carico dovuto al peso dei conduttori è:

$$p_c = 0,890 \text{ Kg/m}$$

Il carico unitario dovuto al peso del ghiaccio:

$$p_g = 0,92 * \Pi * s_g * (s_g + \delta) / 1000 = 0,825 \text{ Kg/m}$$

Carico verticale totale applicato:

$$P_{n'} = (p_c + p_g) * N * L$$

Carico orizzontale totale applicato

$$P_{0'} = f_{v''} * N * L$$

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

La componente orizzontale su ciascun tirante di sostegno per effetto del peso della linea risulta:

$$P_{0''} = P_{n'} / (2 * \operatorname{tg} \beta) \quad \text{dove } \beta = 7,6^\circ \text{ (12\% circa) è l'angolo formato dalla trasversale con l'orizzontale}^2.$$

La forza risultante al collare risulta quindi:

$$F = P_{0'} + P_{0''}$$

**Anche per questa ipotesi si calcola un tratto in rettilineo a doppio bifilare:**

$$N = 4$$

e si considera la lunghezza massima tra i due trasversali campata uguale a 25 metri

$$L = 25 \text{ mt si ha}$$

$$P_{n'} = (0.890 + 0.825) * 4 * (25 / 2 + 25 / 2) = 171,5 \text{ Kg}$$

$$P_{0'} = 0.644 * 4 * (25 / 2 + 25 / 2) = 64.4 \text{ Kg}$$

$$P_{0''} = P_{n'} / (2 * \operatorname{tg} \beta) = 642.7 \text{ Kg}$$

$$F = P_{0'} + P_{0''} = \textcolor{red}{763} \text{ Kg}$$

**Quindi a parità di condizioni della linea l'ipotesi più gravosa risulta essere la II° IPOTESI di carico e quindi gli sforzi dovuti al peso ed all'azione del vento sulla linea di progetto si calcolano sulla base di questa ipotesi.**

**M<sub>4</sub> - momento dovuto alle sollecitazioni nella trasversale dalle deviazioni della linea e dallo stato di tensione della linea.**

La linea assume in tal caso l'andamento di una poligonale, e le trasversali ed i tiranti che ne determinano i vertici sono soggetti ad uno sforzo centripeto il cui valore dipende dalla tensione meccanica T dei conduttori e dal valore dell'angolo di deviazione.

$$F = n^\circ \text{ conduttori} * 2 * T * \operatorname{sen}(\alpha/2) \quad \text{dove T è il carico massimo di sicurezza che si assume pari ad un terzo del carico di rottura del conduttore e } \alpha \text{ è l'angolo di deviazione}$$

$$\sigma_a = 30 / 3 = 10 \text{ Kg/mm}^2$$

considerando di utilizzare il conduttore in filo sagomato di rame elettrolitico sez. 100 mm<sup>2</sup> SI HA:

<sup>2</sup> Si considera un pendenza del trasversale uguale per tutti e corrispondente al 12%.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

$$T = 10 * 100 = 1000 \text{ kg}$$

A favore della sicurezza è stato considerato lo sforzo massimo di tendimento di 1000 k e non la sollecitazione reale cui viene tesato il filo di lavoro in rame di 800 kg.

La sollecitazione, quindi, è trasmessa solo ai tiranti e quindi ai pali di sostegno o ai ganci a muro presenti nella parte esterna della curva.

Nella parte interna della curva questa tipologia di sollecitazione non è presente.

Nel presente Progetto Definitivo, pur riportando in ALLEGATO le TAVOLE per la determinazione grafica delle sollecitazioni indotte dalla deviazione della linea su ogni palo e su ogni gancio a muro si omette di riportare i calcoli e le schede di verifica di pali e fondazioni, cose che devono essere presenti nella successiva fase di progettazione esecutiva.

Riassumendo le sollecitazioni indotte sui trasversali prese in considerazione sono:

1. per trasversali in rettilineo sollecitazioni M1 indotte dal peso e dal vento sulla linea per doppio bifilare (IPOTESI II° più gravosa);
2. per trasversali in curva sollecitazioni M1 indotte dal peso e dal vento sulla linea (IPOTESI II° più gravosa) e sollecitazioni M4 indotta dalle deviazioni della linea per doppio bifilare solo per i tiranti esterni alla curva stessa;
3. per trasversali estremi di curva sollecitazioni M1 indotte dal peso e dal vento sulla linea (IPOTESI II° più gravosa) e sollecitazioni M4 indotta dalle deviazioni della linea per doppio bifilare, in quanto sostenenti anche campata linea rettilinea che prosegue dopo il tratto in curva.

Nelle TAVOLE già elencate per ogni punto di sospensione sono riportate le sollecitazioni indotte sui trasversali che partono dallo stesso punto.

Le sollecitazioni indotte dalla linea si trasferiscono attraverso la rete di sospensione ai collari dei pali di sostegno ed ai ganci a muro: la determinazione delle forze è illustrata per via grafica nelle TAVOLE utilizzando le tecniche di statica grafica per la composizione vettoriale.

Il momento generato sulle sezioni del sostegno è di tipo triangolare secondo la relazione:

$$M_4 = F * x$$

dove x è la quota corrente di applicazione della forza rispetto alla sezione considerata.

Il calcolo del momento applicato nelle sezioni significative del sostegno è riportato nelle schede di calcolo illustrate al punto successivo della presente relazione e presenti palo per palo in ALLEGATO 2.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della

Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

### 3.2.2 Sollecitazioni indotte direttamente sul palo di sostegno

#### **M<sub>3</sub> - momento dovuto all'azione del vento sul sostegno.**

Al fine di semplificare il modello di calcolo si ipotizza che i sostegni abbiano sezione costante uguale alla maggiore in ogni rastremazione trascurando i raccordi a sezione variabile (ipotesi cautelativa).

Si assume come base di calcolo la condizione più onerosa di carico (II° IPOTESI), determinata nelle pagine precedenti per **M<sub>1</sub>**, rappresentata da vento spirante normalmente alla linea a 65 Km/h e manicotto di ghiaccio.

Conformemente alla norme CEI 9-2, non si considerano le incrostazioni del ghiaccio sul sostegno.

Se *d* è il diametro alla base, *l* la lunghezza e *h* la quota del baricentro della rastremazione rispetto alla sezione d'incastro, si ha:

$F_{vp} = 18 * l * d$  [Kg]     dove 18 Kg/m<sup>2</sup> è la pressione esercitata dal vento su superfici cilindriche, riferita alla sezione assiale, come indicato dalle norme CEI 9-2.

Il momento rovesciante è di tipo triangolare ed è pari a:

$$M_{vp} = F_{vp} * h$$

### 3.2.3 Sollecitazioni indotte dai componenti nuovi

Sono qui di seguito considerati le sollecitazioni indotte dai nuovi componenti installati sull'impianto filoviario in sostituzione di quelli esistenti che poi attraverso la rete di sospensione sono trasferite sui ganci di sostegni, evidenziando se sono presenti sollecitazioni aggiuntive rispetto alla situazione preesistente.

#### **S<sub>1</sub> - sollecitazione dovuta ai nuovi scambi elettrici.**

##### **IPOTESI DI CARICO**

**Si considera il peso complessivo dello scambio elettrico così come indicato nelle schede tecniche della ditta produttrice:**

**P<sub>v</sub> = 76 kg** (valore maggiore tra i due scambi TTBSEVL10U-R scambio elettrico da 10° asimmetrico destro di Via San Cipriano).

**Si considera la forza di tensione presente sul filo di lavoro pari alla sollecitazione massima di sicurezza T, pari ad 1/3 del carico di rottura del filo di lavoro:**



**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

T è il carico massimo di sicurezza che si assume pari ad un terzo del carico di rottura del conduttore  
 $\sigma_a = 30 / 3 = 10 \text{ Kg/mm}^2$

considerando di utilizzare il conduttore in filo sagomato di rame elettrolitico sez.  $100 \text{ mm}^2$  CNR - CEI UNEL 70611-71 SI HA:

$$T = 10 * 100 = 1000 \text{ kg}$$

**Si ipotizza che il peso dello scambio Pv sia tutto assorbito dalla brandina di sospensione presente su ogni scambio, mentre la sollecitazione T dovuta alla tensione del filo sia assorbita tutta dai 2 ancoraggi dello scambio.**

**Viene trascurata l'azione del vento sullo scambio che è già stata considerata nel calcolo delle sollecitazioni indotte dalla linea a doppio o a singolo bifilare.**

Dati:

Numero cavi filo di lavoro entranti in ogni scambio:	N
Peso scambio elettrico:	Pv = 76 Kg
T tensione in ogni filo di lavoro:	T = 1000 Km
Angolo formato con l'orizzontale dal tirante trasversale al gancio	$\beta = 7,6^\circ$ (12% circa) $\beta = 0.13264$ radianti

Il carico dovuto al peso dello scambio è:

Pv = 76 Kg                      che si suddivide in 2 parti uguali su ciascun pendino della brandina

$$P_v / 2 = 38 \text{ Kg}$$

La componente orizzontale su ciascun tirante di sostegno per effetto del peso dello scambio risulta:

$$P_o = P_v / 2 / (2 * \text{tg}\beta) \quad \text{dove } \beta = 7,6^\circ \text{ (12\% circa) } 0.13264 \text{ radianti è l'angolo formato dalla trasversale con l'orizzontale}^2.$$

(tale sollecitazione si suppone assorbita interamente dalla brandina di sospensione e si suddivide tra i due trasversali che da ogni pendino della brandina vanno ai ganci a muro, come illustrato nella TAVOLA 3)

Carico orizzontale totale applicato dovuto alla tensione presente sui 2 fili di lavoro entranti nello scambio:

$$P_o = N * T \quad \text{(tale sollecitazione si suppone assorbita interamente dai tiranti di ancoraggio)}$$

Si calcola ora per lo scambio elettrico nuovo:

$$N = 2$$

<sup>2</sup> Si considera un pendenza del trasversale uguale per tutti e corrispondente al 12%.

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

$$P_o = P_v / 2 / (2 * \operatorname{tg}\beta)$$

dove  $\beta = 7,6^\circ$  (12% circa) 0.13264 radianti è l'angolo formato dalla trasversale con l'orizzontale<sup>3</sup>.

(tale sollecitazione si suppone assorbita interamente dalla brandina di sospensione e si suddivide tra i due trasversali che da ogni pendino della brandina vanno ai ganci a muro, come illustrato nella TAVOLA 10 e 11)

**$P_o = 76 / 2 / (2 * \operatorname{tg}\beta) = 155 \text{ Kg}$  sforzo orizzontale su ogni trasversale della brandina (4 trasversali) che viene trasferito ai rispettivi ganci a muro.**

Carico orizzontale totale applicato dovuto alla tensione presente sui 2 fili di lavoro entranti nello scambio:

**$P_o = 2 * 1000 = 2000 \text{ Kg}$  sollecitazione totale assorbita dai 2 ancoraggi dello scambio e poi trasferita ai rispettivi ganci a muro di sostegno.**

## **S<sub>2</sub> - sollecitazione dovuta a nuovi scambi meccanici.**

### **IPOTESI DI CARICO**

**Si considera il peso complessivo dello scambio meccanico così come indicato nelle schede tecniche della ditta produttrice:**

**$P_v = 68 \text{ kg}$**  (valore scambio meccanico TBMSM10 – L scambio meccanico convergente da 10° asimmetrico sinistro di Via XXIV Maggio linea proveniente da Via San Cipriano).

**Si considera la forza di tensione presente sul filo di lavoro pari alla sollecitazione massima di sicurezza T, pari ad 1/3 del carico di rottura del filo di lavoro:**

T è il carico massimo di sicurezza che si assume pari ad un terzo del carico di rottura del conduttore  
 $\sigma_a = 30 / 3 = 10 \text{ Kg/mm}^2$

considerando di utilizzare il conduttore in filo sagomato di rame elettrolitico sez. 100 mm<sup>2</sup> CNR - CEI UNEL 70611-71 SI HA:

$$T = 10 * 100 = 1000 \text{ kg}$$

**Si ipotizza che il peso dello scambio  $P_v$  sia tutto assorbito dalla brandina di sospensione presente su ogni scambio, mentre la sollecitazione T dovuta alla tensione del filo sia assorbita tutta dai 2 ancoraggi dello scambio.**

**Viene trascurata l'azione del vento sullo scambio che è già stata considerata nel calcolo delle sollecitazioni indotte dalla linea a doppio o a singolo bifilare.**

Dati:

<sup>3</sup> Si considera un pendenza del trasversale uguale per tutti e corrispondente al 12%.

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

Numero cavi filo di lavoro entranti in ogni scambio:	N
Peso scambio meccanico:	Pv = 68 Kg
T tensione in ogni filo di lavoro:	T = 1000 Km
Angolo formato con l'orizzontale dal tirante trasversale al gancio	$\beta = 7,6^\circ$ (12% circa)
	$\beta = 0.13264$ radianti

Il carico dovuto al peso dello scambio è:

Pv = 68 Kg che si suddivide in 2 parti uguali su ciascun pendino della brandina

$$P_v / 2 = 34 \text{ Kg}$$

La componente orizzontale su ciascun tirante di sostegno per effetto del peso dello scambio risulta:

$$P_o = P_v / 2 / (2 * \operatorname{tg} \beta) \quad \text{dove } \beta = 7,6^\circ \text{ (12\% circa) } 0.13264 \text{ radianti è l'angolo formato dalla trasversale con l'orizzontale}^4.$$

(tale sollecitazione si suppone assorbita interamente dalla brandina di sospensione e si suddivide tra i due trasversali che da ogni pendino della brandina vanno ai ganci a muro, come illustrato nella TAVOLA 4)

Carico orizzontale totale applicato dovuto alla tensione presente sui 2 fili di lavoro entranti nello scambio:

$$P_o = N * T \quad \text{(tale sollecitazione si suppone assorbita interamente dai tiranti di ancoraggio)}$$

Si calcola ora per lo scambio meccanico nuovo:

$$N = 2$$

$$P_o = P_v / 2 / (2 * \operatorname{tg} \beta) \quad \text{dove } \beta = 7,6^\circ \text{ (12\% circa) } 0.13264 \text{ radianti è l'angolo formato dalla trasversale con l'orizzontale}^5.$$

(tale sollecitazione si suppone assorbita interamente dalla brandina di sospensione e si suddivide tra i due trasversali che da ogni pendino della brandina vanno ai ganci a muro, come illustrato nella TAVOLA 4)

**$P_o = 68 / 2 / (2 * \operatorname{tg} \beta) = 138 \text{ Kg}$  sforzo orizzontale su ogni trasversale della brandina (4 trasversali) che viene trasferito ai rispettivi ganci a muro.**

Carico orizzontale totale applicato dovuto alla tensione presente sui 2 fili di lavoro entranti nello scambio:

**$P_o = 2 * 1000 = 2000 \text{ Kg}$  sollecitazione totale assorbita dai 2 ancoraggi dello scambio e poi trasferita ai rispettivi ganci a muro di sostegno.**

<sup>4</sup> Si considera un pendenza del trasversale uguale per tutti e corrispondente al 12%.

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

**Le sollecitazioni indotte si trasferiscono attraverso la rete di sospensione ai ganci a muro di sostegno: la determinazione delle forze è illustrata per via grafica nelle TAVOLE 2 3 e 4 utilizzando le tecniche di statica grafica per la composizione vettoriale.**

### **3.2.4 Verifica delle sollecitazioni nei tiranti trasversali**

I tiranti trasversali utilizzati per la rete di sospensione di tutti i nuovi componenti sono in PARAFIL da 2000 Kg (vedi schede in ALLEGATO 2) eccettuato per il tirante della bisettrice della nuova curva Via XIV Maggio Via San Cipriano dove è stato utilizzato il PARAFIL da 3500 kg (vedi schede ALLEGATO A).

Dalle sollecitazioni previste in progetto e dai conseguenti sforzi trasferiti dalla linea di contatto alla rete di sospensione, determinati per via grafica nella tavole progettuali (TAVOLA 2D.3) sono previste delle sollecitazioni nei tiranti da 2 tonn. sempre inferiori a 2000 Kg mentre nel tirante da 3,5 tonn. inferiore a 3500 kg, con conseguente rispetto degli sforzi massimi ammissibili su di essi

Lo sforzo orizzontale massimo trasmesso da un tirante da 2000 Kg risulta essere infatti (vada TAVOLA 10):

**Smax (ancoraggio scambio elettrico Via XXIV Maggio vedi TAVOLA 2D.3) = 1000 Kg < 2000 kg.**

Lo sforzo orizzontale massimo trasmesso da un tirante da 3500 Kg risulta essere infatti (vada TAVOLA 10):

**Smax (tiranti di bisettrice curva Via XXIV Maggio Via San Cipriano TAVOLA 2D.3) = 750 Kg < 3500 kg.**

### **3.2.5 Calcolo di verifica degli ancoraggi a muro**

#### **3.2.5.1 Descrizione ancoraggi a muro**

La sostituzione dei componenti prevede la realizzazione di nuovi ancoraggi a muro.

Gli ancoraggi a muro sono realizzati per mezzo di barre a filettatura metrica in acciaio inox con gancio ad occhiolo, fissate alla muratura con ancorante chimico in resina rinforzata con legante idraulico ed induritore.

La resina in esame è adatta per il fissaggio chimico ad alta resistenza su calcestruzzo o muratura in mattoni pieni, garantendo un'elevata resistenza e basse sensibilità all'umidità.

Le caratteristiche di resistenza del fissaggio dipendono in modo considerevole dalle caratteristiche del supporto; pertanto, i punti d'ancoraggio sono eseguiti in opera evitando pareti di tamponamento e in generale muri in laterizio forato, privilegiando le strutture in calcestruzzo armato o, in mancanza di quest'ultimo, le murature in mattone pieno.

<sup>5</sup>

Si considera una pendenza del trasversale uguale per tutti e corrispondente al 12%.

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

I tiranti filettati sono in acciaio inox M20 ed hanno un diametro di 20 mm ed una profondità di 200 mm.

Tutti gli ancoraggi a muro sono realizzati a distanza dal bordo libero della muratura (spigolo, montante o davanzale finestra, inizio muro tamponamento) maggiore della distanza critica indicata dal produttore di 210 mm per le barre M20.

Nell'ALLEGATO A sono riportate esplicitamente le procedure di posa dell'ancoraggio a muro seguite durante dal nostro personale in fase realizzativa, le caratteristiche tecniche e di resistenza dell'insieme legante barra d'ancoraggio, a base dei successivi calcoli di verifica.

E' riportato, inoltre, la descrizione specifica del legante in resina, con le caratteristiche tecniche generali.

Il calcolo di verifica è fatto considerando che in caso incidentale la rottura avvenga lungo il tirante e non già in corrispondenza del gancio a muro.

Nella Tabella "Ganci a muro di sostegno di progetto" viene riportato l'elenco dei ganci sia nuovi che vecchi interessati dalla modifica di progetto.

### **3.2.5.2 Calcoli di verifica**

Materiale di supporto: calcestruzzo armato / mattone pieno.

Resistenza a compressione: 400 Kg/cm<sup>2</sup> quindi con Resistenza  $\geq$  C20/25

Spessore del supporto:  $h \geq 280$  mm.

**Per tutti i ganci nuovi installati il carico orizzontale massimo si ha nel gancio identificato con la sigla G50 nella TAVOLA 2D.3 in cui la sollecitazione è uguale a 950 kg.**

Carico nella direzione del tirante  $P = 950$  Kg

considerando un angolo d'incidenza della direzione di carico rispetto alla direzione del supporto del 12% ovvero 7,6° si ha il seguente stato di sollecitazione:

**sforzo di taglio:**  $T = P * \sin 7,6^\circ = 305$  Kg

**sforzo normale:**  $N = P * \cos 7,6^\circ = 906$  Kg

Dalla tabella visibile in ALLEGATO A (pagina 10 di 18 schede tecnica legante bicomponente) si ha barre filettate zincate in acciaio inox A2 M20 con profondità d'ancoraggio pari a 200 mm i e per  $R_{ck}$  20/25 valori delle resistenze (carichi limite di servizio) raccomandate dal venditore di:

$$T_{resistente} = 3050 \text{ Kg} \quad \gg \quad 305 \text{ kg}$$

**Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della**

**Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)**

**1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)**

$$N_{\text{resistente}} = 3640 \text{ Kg} > 906 \text{ kg}$$

Essendo il carico obliquo, le schede tecniche del materiale impongono anche la verifica del carico combinato taglio sforzo normale:

$$(T / T_{\text{resistente}}) + (N / N_{\text{resistente}}) \leq 1.2 \quad \text{e quindi la verifica}$$

$$(525 / 3050) + (2471 / 3640) = 0.172191781 + 0.678791439 = 0.85098 < 1.2 \quad \text{è rispettata}$$

**Per i ganci esistenti della curva Via San Cipriano Via XXIV Maggio (da GE1 a GE12) il carico orizzontale massimo indotto dai nuovi componenti si ha nel gancio identificato con la sigla GE52 nella TAVOLA 2D.3 in cui la sollecitazione è uguale a 980 kg.**

Dalla documentazione di archivio relativa ai ganci esistenti tale sollecitazione risulta essere sempre all'interno degli sforzi massimi ammissibile sui ganci e quindi la verifica rimane soddisfatta, fermo restando la possibilità di effettuare sul gancio una verifica in sito della reale resistenza.

**Dal calcolo grafico delle sollecitazioni indotte nei ganci di sostegno dalla rete di sospensione le sollecitazioni determinate risultano non sempre non maggiori di 1000 Kg, come richiesto dalla normativa di riferimento (CEI 9-2), in particolare per i ganci evidenziati nella Tabella riportata al termine della presente relazione.**

## **4 Elaborati grafici**

Negli elaborati grafici di progetto, sono indicati la posizione dei ganci di sostegno della linea aerea ed i tiranti necessari per sostenere il carico da un punto di vista statico.

In fase realizzativa sono, tuttavia, installati altri tiranti, non strettamente indispensabili a garantire la statica del sistema ma aventi funzione di "sicurezza", e cioè destinati ad impedire che la linea aerea cada nel caso di rottura accidentale di un tirante di carico.

Occorre, inoltre, precisare che la posizione dei ganci, indicata negli elaborati grafici, potrebbe subire lievi modifiche qualora, in fase realizzativa, si rilevasse la presenza di manufatti che impediscono la messa in opera dell'elemento progettuale (ad esempio linee elettriche, tubazioni, finestre, ecc.); nel caso, tuttavia, le modifiche influenzino in modo significativo le sollecitazioni indotte sui sostegni si procederà ad una revisione completa del progetto.