

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

IL RICHIEDENTE:

COMUNE DI LIZZANO IN BELVEDERE (BO)



Procedura di verifica di assoggettabilità a V.I.A. per il progetto della nuova seggiovia esaposto ad ammortamento automatico "Polle - Lago Scaffaiolo"

RELAZIONE TECNICA GENERALE



Viale F. Crispi, 19 b 67100 L'Aquila
Via Zavatti, 3 62012 Civitanova Marche
DIRETTORE TECNICO: ing. Marco Cordeschi
tel: 0862 451184 - info@altevie.eu



GRUPPO DI LAVORO

Progettazione e coordinamento:

ing. Marco Cordeschi (Direttore Tecnico)
ing. Marco Rinaldi
arch. Antonietta Cellini (Resp. Ufficio Progetti)
ing. Alessandro Colaiuda (Ufficio Progetti)
ing. Doriana Febo (Ufficio Progetti)
ing. Nicola Ranieri (Ufficio Progetti)
Ilaria Di Pancrazio (Ufficio Progetti)
geom. Giorgio Stringini (Ufficio Cantieri)

Collaborazioni Specialistiche:

geol. Angelo Spaziani
dott. Daniele Galassi

Direzione dei lavori:

data 17.12.2019	ident. committente 093_CORNO_ALLE_SCALE	eseguito: ing. Marco Cordeschi	ELABORATO : B
revisione 1. 17.01.2020 2. 03.03.2020 3.	codice commessa 01_19_S093_VA	controllato: arch. Antonietta Cellini	
	codice elaborato B	approvato: ing. Marco Cordeschi	
<small>Questo elaborato è di proprietà della Altevie srl e pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte, senza l'autorizzazione della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quello per cui è stato fornito.</small>			scala:

Regione Emilia Romagna	Comune di Lizzano in Belvedere	Comune di Fanano
PARERI / NULLA OSTA		

Introduzione

L'impianto prescelto è una seggiovia esaposto ad ammortamento automatico, con stazione intermedia sul solo ramo salita, disponibile al trasporto di sciatori e pedoni (anche con mountain bike al seguito) in salita e di soli pedoni in discesa.

Il tracciato di linea non presenta particolarità degne di nota e risulta sostanzialmente poco articolato; il secondo tratto, a monte della stazione di sbarco intermedio, presenta pendenza media superiore al primo.

Complessivamente si prevedono, nel progetto preliminare, 14 sostegni: 8 in appoggio, 4 in ritenuta e 2 in appoggio/ritenuta (doppio effetto). Tale previsione potrà essere leggermente variata in sede di progettazione esecutiva in funzione delle necessità collegate al regime di certificazione europea del costruttore funiviario appaltatore delle opere.

Codice Sostegno	Progress. Fune (m)	Quota terreno (m)	Altezza vert.sost. (m)	Quota Fune (m)	Numero Rulli
SMT	0.00	1487.08		1490.88	0
AV	12.00	1487.08	3.80	1490.88	2
R1	22.00	1486.50	4.70	1491.20	10
R2	28.00	1486.50	5.50	1492.00	12
S3	110.00	1510.86	11.00	1521.86	6
S4	178.00	1534.10	13.00	1547.10	4
W5	299.00	1574.51	14.00	1588.51	4+4
S6	380.00	1610.69	12.00	1622.69	8
S7	498.00	1644.86	13.00	1657.86	12
W8	578.00	1649.97	12.50	1662.47	4+4
S9	669.00	1660.58	12.00	1672.58	8
R10	715.00	1668.00	4.50	1672.50	12
R11	721.00	1668.98	5.20	1674.18	12
S12	780.00	1690.40	12.00	1704.60	6
S13	878.00	1735.00	17.00	1759.92	10
S14	974.00	1774.30	11.60	1785.90	12
AM	989.20	1782.30	3.80	1786.10	2
SRF	1002.00	1782.30	3.80	1786.10	0

Le strutture di linea sono costituite da plinti di fondazione in calcestruzzo armato del volume medio di 20 m³, disposti su un piccolo strato di calcestruzzo magro dello spessore indicativo pari a cm 10, realizzati all'interno di scavi eseguiti con macchina escavatrice cingolata. Ad essi, mediante appositi tirafondi realizzati in acciaio bonificato ed inseriti nelle carpenterie dei getti, vengono collegati i fusti dei sostegni che possono essere costituiti, a seconda della propria altezza, da una o più parti collegate tra loro mediante giunzioni flangiate.

Alla parte superiore del fusto, così composto, è poi collegata, ancora con giunzione flangiata, una testata realizzata in profilati tubolari di varia sezione, cui sono collegate le rulliere ed i flaconi per il sollevamento delle fune portante traente, oltre alle pedane di manutenzione ed ai parapetti.

La rappresentazione tipologica dei sostegni, realizzati interamente in acciaio zincato, è riportata negli elaborati grafici di progetto.

La linea dell'impianto è di altezza contenuta in relazione alle variazioni altimetriche del profilo, ed in considerazione della tipologia di impianto in funzione dei franchi verticali minimi previsti per norma (DD. M.I.T. 337/2012 cd. Decreto infrastruttura).

Il sostegno di altezza maggiore è il numero S13 che raggiunge, nelle previsioni del progetto preliminare, metri 17.

La fune portante traente, chiusa ad anello tramite impalmatura, è una Warrington Seale con 216 fili, del diametro pari a mm 46.

Lungo la linea sono presenti alcuni attraversamenti di importanza non rilevante ai fini funiviari. In particolare vengono attraversate due volte le sottostanti pista da sci - con franchi verticali minimi superiori a m 3 dal terreno innevato – e quattro volte la strada forestale delle Malghe, per la quale sono stati previsti franchi verticali minimi pari a m 5.

Caratteristiche generali della seggiovia

L'impianto in progetto è una funivia monofune con movimento unidirezionale continuo e collegamento temporaneo dei veicoli (seggiole esaposto) alla fune, normalmente detta "seggiovia esaposto ad ammorsamento automatico", nella quale i veicoli a 6 posti vengono agganciati automaticamente alla fune portante-traente, chiusa ad anello mediante impalmatura e dotata, appunto, di moto continuo unidirezionale.

L'anello di fune è movimentato da un argano motore ed è messo in tensione da un cilindro idraulico posizionati entrambi nella stazione di valle (stazione motrice e tenditrice).

I dati caratteristici, come determinati nel progetto preliminare, sono di seguito riassunti.

- CARATTERISTICHE DELLA LINEA		Unità	Valori
Lunghezza orizzontale fra gli ingressi in stazione	m		977.20
Lunghezza sviluppata della linea fra ingressi	m		1.031.28
Lunghezza orizzontale fra asse ruota valle - ruota monte	m		1.002.00
Lunghezza inclinata fra asse ruota valle - ruota monte	m		1.056.08
Lunghezza complessiva dell'anello di fune	m		2.131.32
Dislivello tra gli ingressi in stazione	m		295.22
Pendenza media	%		30.21
Numero dei sostegni in linea	n		14.00
Senso di marcia	:	ORARIO	
Intervia in linea	mm		6.100
Intervia in stazione	mm		6.100
Numero di veicoli in linea	n		34.00
Numero di veicoli totali	n		41.00
Equidistanza dei veicoli	m		60.00
Intervallo delle partenze	s		12.00
Tempo di percorrenza fra gli ingressi stazione	m:s		0.00
Velocità a regime	m/s		5.00
Portata oraria	p/h		1.800 (dim 2.400)
Squilibrio (su un ramo di fune) : vetture mancanti	n/N		1 --> F = 1489 N

- CARATTERISTICHE DELLE RULLIERE			
Modello rullo in appoggio	:	UNI 460	
Diametro fondo gola	mm		460.00
Massa periferica	kg		20.00
Pressione massima ammissibile	N		8.500.00
Modello rullo in ritenuta	:	UNI 420	
Diametro fondo gola	mm		420.00
Massa periferica	kg		18.00
Pressione massima ammissibile	N		6.000.00
Modello rullo doppio effetto	:	UNI 460/420	
Diametro fondo gola	mm		460.00
Massa periferica	kg		20.00
Pressione massima ammissibile	N		6.000.00

- CARATTERISTICHE DEI VEICOLI			
Modello	:	esaposto aperta	
Numero persone per veicolo	n		6.00
Massa veicolo vuoto	kg		525.00
Massa veicolo carico	kg		1.005.00

- CARATTERISTICHE DELLA FUNE			
Tipo		WS 216 FILI	
Diametro	mm		46.00
Massa unitaria	kg/m		7.91
Sezione metallica	mm ²		872.50
Resistenza unitaria	N/mm ²		1.959.89
Carico somma	kN		1.710.00

- CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE STAZIONI			
Forze di meccanismi di stazione	N		0.00
Masse di inerzia dell'argano	kg		54.000.00
Rendimento dell'argano	:		0.85

Angolo di avvolgimento della fune sulla puleggia motrice	[gradi]	180.00
Coefficiente di attrito fune-puleggia	:	0.20
Rapporto di aderenza della fune sulla puleggia motrice	m/s ²	1.87
Accelerazione in fase di avviamento	m/s ²	0.20
Decelerazione elettrica	m/s ²	0.60
Decelerazione per freno 1	m/s ²	0.00
Decelerazione per freno 2	m/s ²	0.00

**PARAMETRI SIGNIFICATIVI AGLI EFFETTI DELLE
- NORME**

TENSIONE MASSIMA	SOST.N.:	305.545.49
GRADO DI SICUREZZA		5.60
TENSIONE MINIMA	SOST.N.:	201.523.50
CARICO NOMINALE PER MORSETTO	[N]	9.859.05
RAPPORTO DI ISAACHSEN	[N.mm ⁻²]	0.06
POTENZA CONTINUA AI MOTORI	[kW]	395.02
POTENZA DI PUNTA AI MOTORI	[kW]	516.19
POTENZA DI PUNTA NEGATIVA AI MOTORI	[kW]	-283.78
FORZA PERIFERICA PER FRENATURA 1	[N]	999.990.00
FORZA PERIFERICA PER FRENATURA 2	[N]	-66.771.31
FORZA PERIFERICA PER AVVIAM. SPONTANEO	[N]	0.00
CORSA MASSIMA DEL TENDITORE (per sola variazione del carico)	[m]	0.07
CORSA PER AUMENTO DI TEMPERATURA (+50ø)	[m]	0.64
PEGGIOR RAPPORTO DI ADERENZA	[k]	1.34
EQUIVALENTE PER AVV. [180 ø] A UN COEFF. f =	[k]	0.09
CARICHI SUI RULLI		
- CARICO MINIMO PER RULLO (APP.)	[N]	2.599.11
- CARICO MINIMO PER RULLIERA (APP.)	[N]	10.079.56
- CARICO MINIMO PER RULLO (RIT.)	[N]	-4.128.00
- CARICO MINIMO PER RULLIERA (RIT.)	[N]	-20.320.42
CARICO MASSIMO PER RULLO APPOGGIO	[N]	8.447.13
COEFFICIENTE [K] PER LA GUARNIZIONE	[N.mm ⁻²]	0.36
CARICO MASSIMO RULLO RITENUTA	[N]	-5.580.23
COEFFICIENTE [K] PER LA GUARNIZIONE	[N.mm ⁻²]	0.33
DEVIAZIONE MASSIMA PER RULLO	[gradi]	1.88
PENDENZA MASSIMA DELLA TRAIETTORIA	[gradi]	30.64
MASSIMA COMPONENTE PESO PER MORSA	[N]	5.024.31
FRECCIA ORIZZONTALE CON VENTO IN ESERCIZIO	[m]	0.14
CAMPATA INTERESSATA	[n]	W5 - S4
FRANCO MINIMO INCROCIO VEIC.INCLINATI	[m]	0.84
RULLI TOTALI DEL RAMO SALITA :	[n]	104.00
RULLI TOTALI DEL RAMO DISCESA:	[n]	102.00
TIRO MASSIMO A REGIME RUOTA A VALLE	[N]	486.855.49
TIRO MASSIMO A REGIME RUOTA A MONTE	[N]	604.557.20

Descrizione della seggiovia.

Stazione di valle. Si tratta di una stazione di concezione standard con ingombri ed altezza ridotti, sostenuta interamente da una colonna anteriore in acciaio e da una stele posteriore in cemento armato, dotata di propria copertura di tipo "alto".

La stazione, del tipo motrice tenditrice, è costituita essenzialmente da un rigido telaio in carpenteria metallica, supportante i gruppi di sincronizzazione con relative passerelle di controllo e manutenzione, le rotaie del giro stazione, e il telaio di supporto del gruppo motore (che comprende puleggia motrice, riduttore principale, motore elettrico in c.c., freni di servizio ed emergenza, gruppo di recupero e centralina idraulica dei freni di emergenza).

Il telaio motore scarica tramite ruote laterali la coppia motrice (e frenante) sulle rotaie longitudinali della stazione, mentre il tiro passa attraverso il cilindro di tensionamento nella traversa anteriore della struttura di stazione.

I meccanismi di stazione sono composti dal treno di decelerazione con ruote di gomma e presa di moto direttamente dalla fune, da un giostazione e da un treno di accelerazione anch'esso con la relativa presa di moto dalla fune.

La velocità massima delle seggiole durante lo sbarco e imbarco sarà di ca. 0,80-1,0 m/s.; le operazioni di salita e discesa dei passeggeri dai veicoli saranno quindi estremamente facilitate.

Nella stazione sarà montato il dispositivo di tensione della fune del tipo idraulico con apposita centralina. L'insieme pistone-cilindro, sarà ancorato normalmente al sostegno posteriore.

I tempi per la salita (sciatori e pedoni) e la discesa (solo pedoni) dei passeggeri sono ampiamente sufficienti anche per persone diversamente abili.

La garitta di stazione viene posizionata in modo da permettere il controllo del movimento dei passeggeri.

Stazione di monte. Si tratta di una stazione di concezione standard, analoga a quella di valle, ma con copertura "bassa" ovvero tale da coprire soltanto i meccanismi di stazione. Tale scelta è stata motivata dalla necessità di limitare al massimo gli ingombri ai fini del contenimento dell' impatto sul paesaggio delle opere.

La stazione, del tipo rinvio fissa, è anch'essa costituita essenzialmente da un rigido telaio in carpenteria metallica, supportante i gruppi di sincronizzazione con relative passerelle di controllo e manutenzione, le rotaie del giro stazione, e il telaio di supporto del gruppo di rinvio.

I meccanismi di stazione sono composti dal treno di decelerazione con ruote di gomma e presa di moto direttamente dalla fune, da un giostazione e da un treno di accelerazione anch'esso con la relativa presa di moto dalla fune.

La velocità massima delle seggiole durante lo sbarco e imbarco sarà di ca. 0,80 – 1,0 m/s.; le operazioni di salita (solo pedoni) e discesa dei passeggeri (sciatori e pedoni) dai veicoli saranno quindi estremamente facilitate.

I tempi per la salita e la discesa dei passeggeri sono ampiamente sufficienti.

La cabina di controllo sarà posizionata in modo da permettere il controllo del movimento dei passeggeri.

Stazione intermedia. E' finalizzata a consentire lo sbarco di soli sciatori sul ramo salita, per accedere alle piste di minore difficoltà che si sviluppano partendo dalla zona delle Malghe. I meccanismi di sincronizzazione (trave di rallentamento e successiva trave di accelerazione) sono sostenuti da elevazioni in calcestruzzo armato e sostegni in acciaio secondo lo schema descritto negli elaborati progettuali.

La pedana di sbarco degli sciatori dovrà consentire un agevole e rapido allontanamento del passeggero dalla linea dell'impianto dovendo, allo scopo, essere modellata con idonea pendenza longitudinale e trasversale verso l'esterno della linea stessa.

Per l'immagazzinaggio delle seggiole, al fine di evitare la costruzione di appositi edifici di ricovero, le due stazioni di monte e di valle saranno dotate di un dispositivo ad aria compressa che permette l'immagazzinamento automatico dei veicoli nel giro stazione e lungo le travi di ingresso e uscita.

Presso la stazione di valle, può essere prevista la realizzazione di una rotaia per il ricovero dei veicoli e del carrello di manutenzione dell'impianto. Su tale struttura potrebbe essere montata una pedana dotata delle necessarie attrezzature per la manutenzione e i controlli periodici dei veicoli. La movimentazione dei veicoli sarà di tipo manuale.

L'azionamento principale è costituito essenzialmente da:

- un riduttore epicicloidale;
- 2 motori elettrici in corrente continua ad eccitazione variabile, dotati di dinamo tachimetrica e ventilazione separata; i motori sono collegati in serie mediante l'interposizione di giunti cardanici. L'alimentazione ad ogni motore elettrico è fornita da un ponte reversibile a diodi controllati completo di rifasatore;
- un albero di torsione collegato all'albero verticale del riduttore, e attraverso un giunto a denti frontali, alla puleggia motrice;
- una puleggia motrice del diametro di 4900 mm montata a sbalzo su una campana fissa solidale col telaio e mossa dall'albero di torsione;
- freni di servizio e di emergenza.

Alternativamente potrà essere installato un motore con azionamento diretto, ovvero privo di organi di riduzione meccanica.

L'azionamento di recupero è normalmente costituito dalla catena motore Diesel - pompa –motore/i idraulico/i – pignone/i - corona dentata - puleggia motrice, e consente all'impianto di viaggiare nei due sensi di marcia alla velocità massima di 1.0 m/s. nella situazione di carico più sfavorevole.

Il funzionamento con l'azionamento di recupero, prevede di ingranare il pignone nella corona dentata e disinnestare normalmente il giunto a denti frontali che collega l'albero torsionale del riduttore dell'azionamento principale - riserva alla puleggia motrice; quest'ultima operazione, se non necessaria, può essere evitata.

La fonte di energia per l'azionamento di recupero è costituita da un motore termico a ciclo Diesel; la pompa idraulica, azionata direttamente dal motore Diesel, è a cilindrata variabile per permettere una regolazione continua della velocità dell'impianto ed è collegata, con un circuito chiuso bidirezionale ai motori idraulici a cilindrata fissa. Questi ultimi azionano ciascuno un albero veloce di entrata di un riduttore epicicloidale al cui albero di uscita è calettato il pignone che ingrana nella corona dentata.

Di seguito vengono descritte le tipologie di freno disponibili sulla seggiovia.

Arresto elettrico. E' realizzato dall'azionamento principale secondo un programma di frenatura normale e un programma di frenatura rapida selezionati automaticamente in relazione alle urgenze d'intervento prestabilite.

Tale frenatura sfrutta la reversibilità della corrente, per cui l'energia cinetica delle varie masse in movimento viene restituita alla rete attraverso l'inversione della corrente del motore.

Il freno di servizio elettrico interviene nel seguente caso:

- intervento di uno qualsiasi dei dispositivi di protezione inseriti nel circuito di sicurezza dell'impianto; il tipo di frenatura (normale o rapida) dipende dall'importanza del singolo dispositivo di protezione.

Freno meccanico di servizio. Si tratta di un freno di tipo negativo ad apertura a comando elettromagnetico o idraulico e a frenatura modulata, tale cioè da mantenere costante la decelerazione di frenatura indipendentemente dalle condizioni di carico della linea e di velocità dell'impianto, secondo un programma di frenatura normale e un programma di frenatura rapida selezionati automaticamente secondo urgenze d'intervento prestabilite.

Il freno di servizio è costituito da un disco freno e da due pinze; la forza frenante è esercitata tramite una molla elicoidale.

Il disco del freno è normalmente montato sull'albero veloce del riduttore.

L'intervento del freno di servizio meccanico verrà chiamato nei seguenti casi:

- mancanza di alimentazione all'azionamento principale o a quello di riserva (se presente);
- velocità inferiore al valore minimo prefissato;
- mancato tempestivo funzionamento del freno di servizio elettrico;
- velocità dell'impianto superiore di oltre il 10 % a quella massima ammessa;

Freno meccanico di emergenza. E' di tipo negativo con apertura a comando idraulico e chiusura fornita dal molle a tazza.

Il freno d'emergenza è costituito da una o più pinze agenti direttamente sulla fascia freno della puleggia motrice.

La centralina idraulica è sistemata nella sala argani.

L'intervento del freno d'emergenza meccanico verrà chiamato nei seguenti casi:

- mancato tempestivo funzionamento del freno di servizio meccanico;
- velocità dell'impianto superiore di oltre il 20 % a quella massima ammessa.

Con azionamento di recupero in funzione, invece, a prima azione frenante è garantita dall'azionamento di recupero. Il freno di emergenza per l'azionamento di recupero (nel caso di disaccoppiamento della puleggia motrice) risulta essere sempre il freno di emergenza dell'azionamento principale.

Il dispositivo di tensione della fune portante - traente è del tipo idraulico, ed è costituito dal carrello tenditore collegato ad un pistone con relativo cilindro, a sua volta fissato tramite un raccordo a cerniera alla traversa anteriore della struttura portante; il gruppo cilindro pistone lavora quindi in compressione.

La slitta di tensione scorre sulle travi longitudinali della struttura portante della stazione: anteriormente l'appoggio è garantito da due coppie (una per lato) di rulli sovrapposti, in grado di contrastare un eventuale distacco dal binario, mentre posteriormente l'appoggio è garantito da due rulli (uno per lato).

Il cilindro è alimentato da una pompa a cilindrata costante e funzionamento discontinuo, opportunamente dimensionata per mantenere l'olio nel cilindro alla pressione richiesta e per assicurare spostamenti del pistone rispetto al cilindro ad una velocità sufficiente.

La centralina idraulica è sistemata in un armadio posto nella parte superiore della stazione.

Appositi strumenti rilevano lo sforzo erogato dal dispositivo tenditore relativamente sia alla pressione nel cilindro che allo sforzo applicato all'anello trattivo (cella di carico).

Sono inoltre previsti dei fine corsa che segnalano l'anomala posizione del carrello fuori del campo di tolleranza e che all'occorrenza arrestano l'impianto.

I dispositivi che realizzano il moto dei veicoli all'interno delle stazioni comprendono:

- il sistema di lancio e aggancio del veicolo costituito dal treno acceleratore formato da una serie di ruote gommate per l'accelerazione progressiva dei veicoli e da una serie di ruote (sincronizzate sulla velocità della fune) che hanno il compito di mantenere costante ed uguale a quella della fune p.t. stessa la velocità del veicolo durante l'ammorsamento della morsa. Il treno acceleratore è mosso direttamente dalla fune p.t., e segue quindi istantaneamente tutte le variazioni di velocità;
- il sistema di sgancio e rallentamento, costituito anch'esso in maniera simile, da un treno deceleratore formato da una serie di ruote gommate per la decelerazione progressiva dei veicoli e da una serie di ruote sincronizzate sulla velocità della fune;
- una serie di ruote che mantiene costante la velocità delle cabine sulla curva che porta dalla rotaia di arrivo alla rotaia di partenza;

- in alternativa una serie di ruote che mantiene costante la velocità delle cabine e collega la serie di ruote di arrivo di un tronco con la serie di ruote di lancio del tronco successivo;
- le apposite camme per la chiusura e l'apertura automatica delle morse;
- il circuito di magazzino collegato al circuito principale da scambi e rotaie nel quale vengono ricoverati i veicoli al termine del servizio per l'immagazzinamento notturno;
- le guide per la chiusura e l'apertura automatica delle porte.

I circuiti di stazione sono muniti di una serie di dispositivi di controllo e di sicurezza:

- appositi controlli di sagoma verificano che la fune p.t. si trovi sempre nell'esatta posizione rispetto ai dispositivi di sgancio e di aggancio;
- nella zona di sgancio un apposito controllo di sagoma rivela l'eventuale mancato disaccoppiamento della morsa dalla fune;
- dispositivi elettrici controllano che i veicoli sulle rampe di accelerazione e decelerazione, mantengano distanze prestabilite tra di loro al fine di evitare collisioni;
- durante l'ammorsamento/sganciamento alla/dalla fune viene effettuato il controllo dell'efficienza della morsa, misurando la forza esercitata dalle molle della morsa stessa mediante celle di carico;
- in fase di accelerazione un apposito controllo di sagoma verifica la corretta apertura delle morse prima dell'ammorsamento;
- all'uscita dal gruppo di ammortamento altri controlli di sagoma verificano il corretto accoppiamento tra morsa e fune;
- un'apparecchiatura spaziatrice posta nel giro stazione, controlla, regolandolo all'occorrenza, l'intervallo minimo fra due veicoli consecutivi;
- un apposito dispositivo interrompe il lancio da una stazione se la differenza tra il numero dei veicoli su ramo salita e ramo discesa supera un valore prestabilito.
- appositi dispositivi controllano l'avvenuta apertura e corretta chiusura delle porte.

La morsa è formata da due ganasce in acciaio forgiato, delle quali una fissa e l'altra mobile incernierata alla prima, e da una coppia di ruote di scorrimento.

La chiusura è assicurata da due molle cilindriche opportunamente dimensionate mentre l'apertura avviene mediante un rullo fissato direttamente sulla leva della ganascia mobile che, spinto in basso da una camma, comprime le molle ed apre la morsa.

La pressione delle ganasce sulla fune è garantita dal precarico delle molle, che permette di mantenere la necessaria forza di ammortamento anche con una riduzione del 3 % del diametro della fune.

Si osserva inoltre che l'ingombro dei rulli, delle rulliere e dei dispositivi antiscarrucolanti e raccoglifune consente ancora il libero transito della morsa con il veicolo inclinato trasversalmente alla linea e rispetto al suo

assetto normale di un angolo di 0.35 rad. L'inclinazione libera della morsa risulta invece di 0.2 rad rispetto ai bordi dei rulli.

Il veicolo nel suo complesso è formato da un braccio di sospensione collegato con la morsa, da un elemento elastico con funzione di ammortizzatore e da un apposito telaio di accoppiamento e dalla seggiole a sei posti.

Questa può ospitare comodamente seduti sui sedili perimetrali 6 passeggeri; è dotata di portasci e del sistema di trasporto delle biciclette.

I sostegni della linea sono del tipo a fusto centrale.

I sostegni sono ancorati alla fondazione in calcestruzzo per mezzo di tirafondi. Per poter compensare l'eventuale movimento del terreno nella parte alta del tracciato e mantenere i sostegni allineati con l'asse dell'impianto, alcuni sostegni presentano un telaio intermedio tra il sostegno e la fondazione vera e propria in calcestruzzo. Il telaio, costituito da guide metalliche, consente di poter spostare il punto di ancoraggio dei tirafondi e quindi di poter modificare la posizione del sostegno.

Tutti i sostegni verranno montati inclinati secondo la direzione media della risultante delle pressioni agenti sulla rulliera del sostegno.

Tutti i sostegni sono provvisti di scala con dispositivo anticaduta; sulle testate sono montati le passerelle, i falconi per la manutenzione delle rulliere e un interruttore a consenso inserito nel circuito di sicurezza per bloccare l'impianto durante le operazioni di manutenzione.

I fusti dei sostegni sono zincati come le traverse, i falconi e le passerelle.

Le rulliere sono del tipo rigido trasversalmente dotate di rulli in lega leggera con fiancate in acciaio. I bilancieri sono realizzati in acciaio zincato e sono montati su snodi muniti di boccole: le boccole sono poi dotate di ingrassatori per la lubrificazione periodica. Il collegamento delle rulliere alle testate, realizzato mediante bulloni, è costruito in modo tale da consentire agevolmente la facile correzione della posizione delle rulliere stesse, ai fini del loro corretto allineamento.

Tutte le rulliere sono munite di antiscarrucolanti interni, nonché di scarpe di raccolta della fune e di dispositivi di arresto automatico dell'impianto in caso di scarrucolamento della fune. Le scarpe raccoglifune sono sagomate e dimensionate in modo da rendere possibile il passaggio della morsa in caso di scarrucolamento della fune portante - traente.

Sui bilancieri d'entrata di tutte le rulliere è montato un dispositivo di bloccaggio antirotazione, con controllo elettrico.

I rulli sono formati da un corpo con fiancata laterale in lega di alluminio, da una guarnizione in gomma ad anello chiuso, da una fiancata mobile in acciaio e da un anello di sicurezza anch'esso in acciaio.

La guarnizione in gomma viene montata sul corpo e precaricata dalla fiancata mobile con specifica attrezzatura; successivamente la fiancata mobile viene bloccata al corpo mediante l'anello di sicurezza.

Nella parte interna del mozzo è inserita una boccola in acciaio che costituisce la sede dei due cuscinetti a sfera che realizzano l'accoppiamento tra il corpo ed il perno del rullo.

Sarà installata una fune compattata del tipo WARRINGTON SEALE 216 fili + anima tessile, lucida, del diametro di 46mm, certificata secondo i disposti del Regolamento UE/424/2016, con carico somma minimo 1710 kN.

L'impalmatura sarà certificata secondo quanto richiesto dal citato regolamento.

Il sistema di automazione previsto conferisce all'impianto elettrico la seguente configurazione

Per la trazione dell'impianto vengono impiegati due motori in corrente continua ad eccitazione indipendente, con potenza nominale pari a 600 kW e tensione di armatura di 400 Vcc, alimentati da due convertitori statici trifasi reversibili a tiristori totalmente controllati (uno con funzione di master ed il secondo con funzione di slave), i quali agiscono sull'armatura del motore stesso e sono in grado inoltre di produrre una reazione a dodici impulsi sulla linea trifase d'ingresso per ottenere la riduzione delle correnti armoniche.

Per realizzare la reazione dodecafase sulla linea di alimentazione che assicura la riduzione della distorsione armonica prodotta dal sistema di conversione c.a./c.c. di armatura si utilizzano 2 convertitori eguali in 4 quadranti alimentati da due linee trifasi a 400V derivate dagli interruttori di ingresso dei quadri principali; per produrre lo sfasamento di 30 gradi elettrici necessario alla reazione dodecafase, il convertitore del motore 1 è alimentato da una linea trifase separata e sfasata di 30° rispetto alla linea trifase che alimenta il convertitore del motore 2. Tale sfasamento si ottiene impiegando due trasformatori MT/BT indipendenti e rispettivamente con collegamento Dyn11 ("triangolo/stella") e Dzn0 ("triangolo/zig-zag").

Il funzionamento del motore è del tipo a "coppia / potenza costante" con tensione motore che varia al variare della velocità fino alla tensione nominale. Nella zona di funzionamento a coppia costante, al di sotto della velocità base del motore, la tensione di armatura resta inferiore o uguale al valore nominale del motore, che costituisce il riferimento per il regolatore di armatura. Il regolatore di eccitazione quindi richiede la corrente massima possibile che è uguale a quella nominale. Nella zona di funzionamento a potenza costante, al di sopra della velocità base del motore, la tensione di armatura tenderebbe ad aumentare sopra il valore nominale; il regolatore di tensione di armatura riduce la corrente di eccitazione, in modo da riportare la tensione al valore nominale. Il limitatore di corrente di eccitazione impedisce richieste di corrente di eccitazione inferiori a quella necessaria per ottenere la velocità massima. Ognuno dei due azionamenti sarà dotato di un sistema di rifasamento a gradini che consentirà di ottenere un cos superiore a 0,9 quando il motore assorbe la corrente nominale in tutto il funzionamento oltre la velocità base e fino alla massima. Tenuto conto della presenza in rete di correnti armoniche generate dal convertitore statico a tiristori, verranno poste in serie ai condensatori speciali

reattanze di sbarramento opportunamente accordate; i gruppi di condensatori, vedendo in tal modo esclusivamente la frequenza fondamentale di 50 Hz, potranno rifasare correttamente.

Il freno meccanico di servizio e quello di emergenza sono ad azione negativa:

- le pinze si chiudono per azione di molle e si aprono solo se il sistema di azionamento del freno esercita una forza antagonista superiore a quelle delle molle;
- il sistema di azionamento del freno viene comandato elettricamente in modo negativo ossia la riduzione o l'annullamento di uno dei comandi elettrici causa la chiusura delle pinze.

Il freno di emergenza è di tipo on-off, il comando delle elettrovalvole di urgenza, i relé di minima velocità freni ed i controlli elettronici delle mancate decelerazioni sono realizzati mediante schede tradizionali. La regolazione della modulazione del freno di servizio viene realizzata all'interno della logica statica. Il coordinamento delle azioni frenanti consiste nell'associare ad ogni configurazione di guasto la frenatura più idonea.

Il sistema di sorveglianza è realizzato mediante l'impiego di un PLC. La tecnica adottata prevede l'impiego di un'unità centrale (CPU), schede di entrata/uscita digitali (I/O), schede analogiche per elaborazione di segnali delle celle di carico e schede dedicate, quali contatori veloci per le elaborazioni relative alle protezioni di stazione.

L'uso delle apparecchiature precedentemente descritte consente l'introduzione di un sistema di monitoraggio e visualizzazione dei parametri e dello stato della stazione realizzato con PC e monitor grafico. Sul video vengono visualizzati i sinottici di stazione ed argano con tutte le segnalazioni relative ed inoltre sono inserite pagine di allarmi e segnalazione. Nel sistema è implementata la funzione di HELP che permette di associare ad ogni allarme un messaggio di aiuto con spiegazione della causa possibile di guasto o di intervento della protezione e consigli sulle azioni da intraprendere per riparare il guasto o per proseguire il servizio in altro modo.

Le segnalazioni più importanti vengono ripetute sul pulpito di comando mediante apposite lampade per consentire una rapida individuazione dell'eventuale arresto. Alcuni strumenti analogici posti sul pulpito di comando e sul fronte quadri danno indicazione sul valore di tutte le grandezze analogiche più significative.

Il circuito di sicurezza relativo ai pulsanti di arresto e agli antiscarrucolanti posti sui sostegni funziona in modo selettivo. Tale circuito viene controllato e testato direttamente dal PLC del sistema di sorveglianza. Su un'altra linea vengono trasmessi alcuni arresti provenienti dalla stazione di rinvio. Il sistema è in grado di riconoscere anomalie anche di tipo transitorio.

È previsto inoltre un sistema per la rilevazione della velocità e direzione del vento lungo la linea.

Nel computer che viene impiegato per il sistema di supervisione è implementato un registratore di eventi che permette di memorizzare lo stato dell'impianto.

Il sistema di comando è costituito in modo da essere completamente separato dal resto dell'impianto; infatti tutti gli organi di comando dello stesso sono concentrati su un pulpito apposito e nel caso di organi in comune col resto dell'impianto sono sdoppiati oppure è previsto un doppio connettore con scambio manuale.

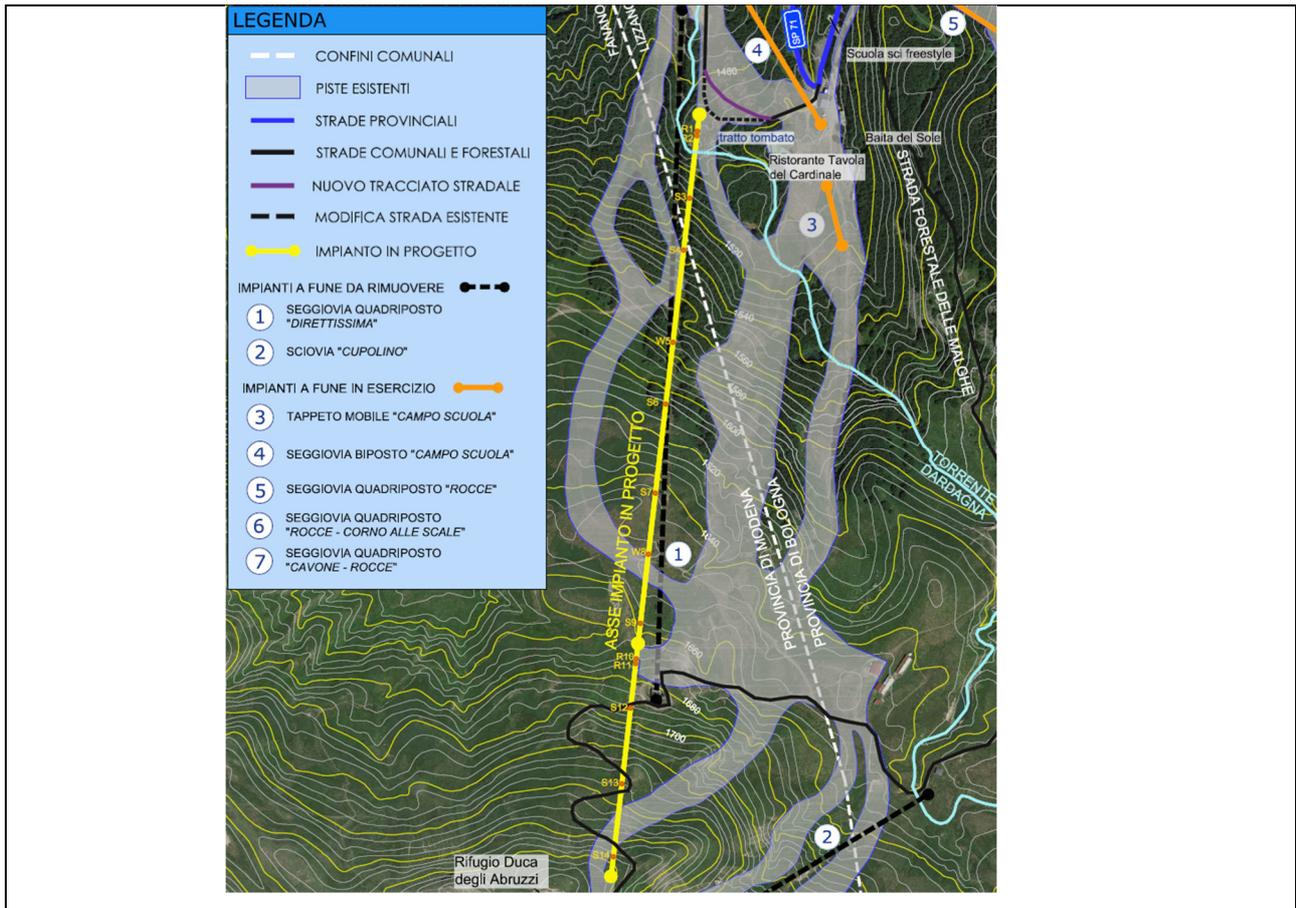


Figura 1 Planimetria

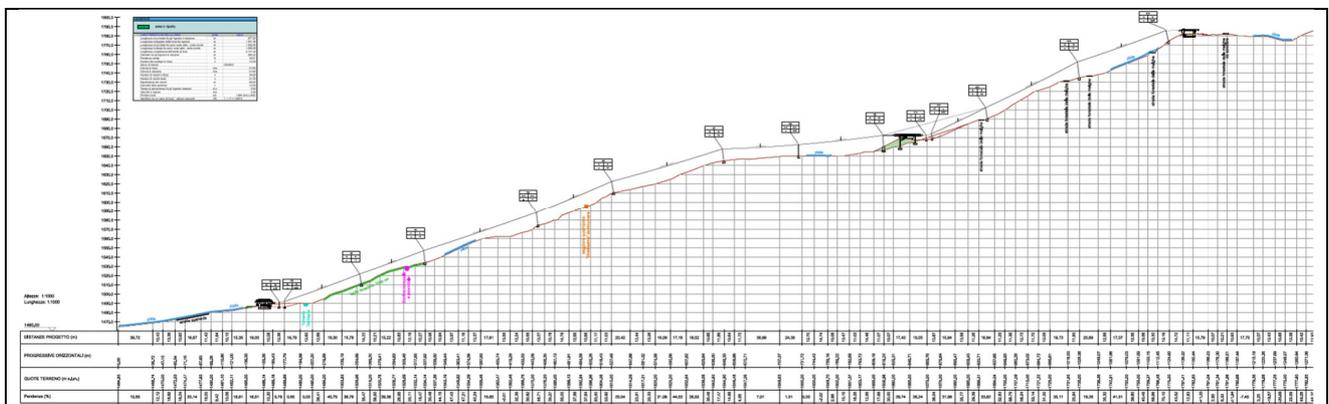


Figura 2 Profilo longitudinale

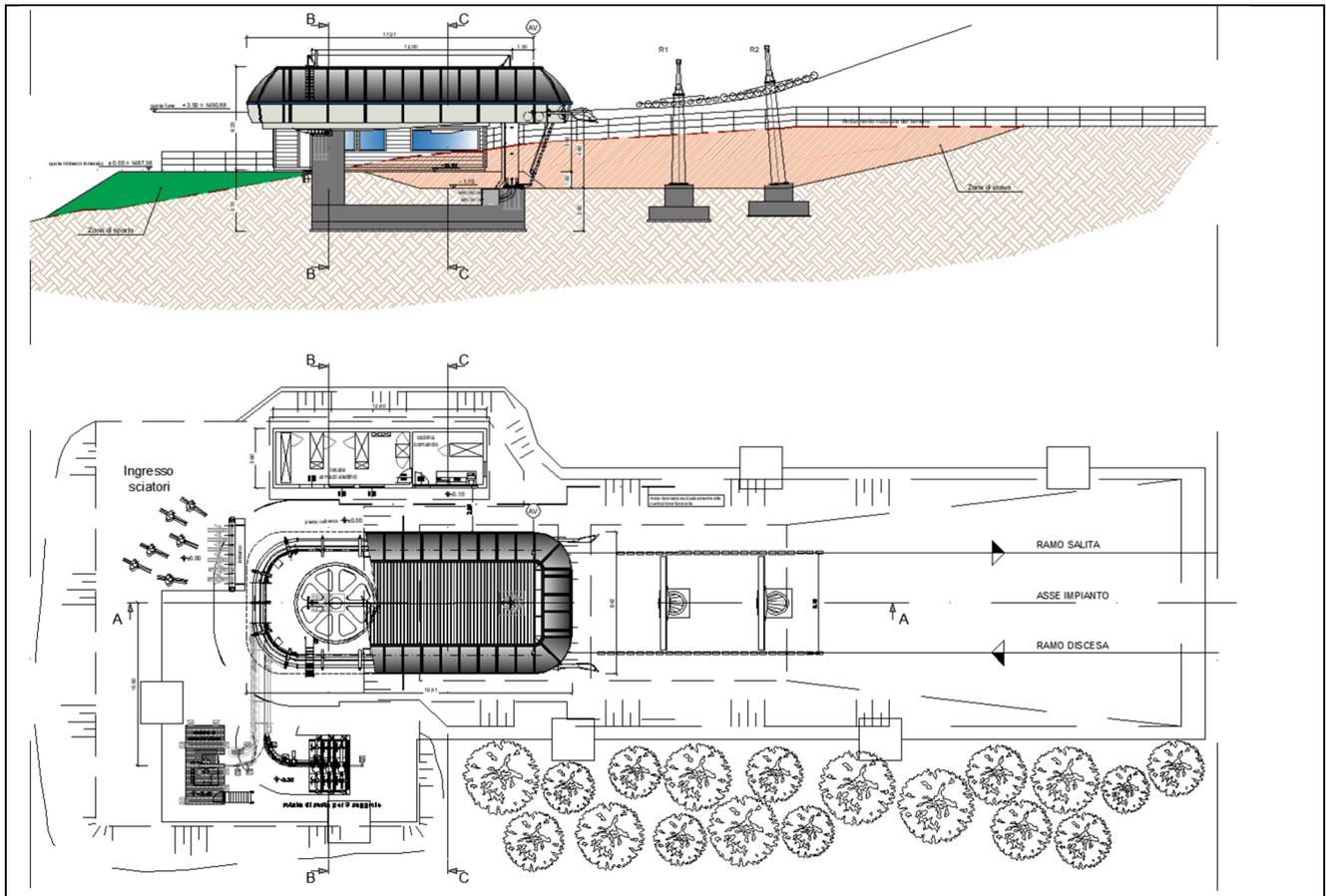
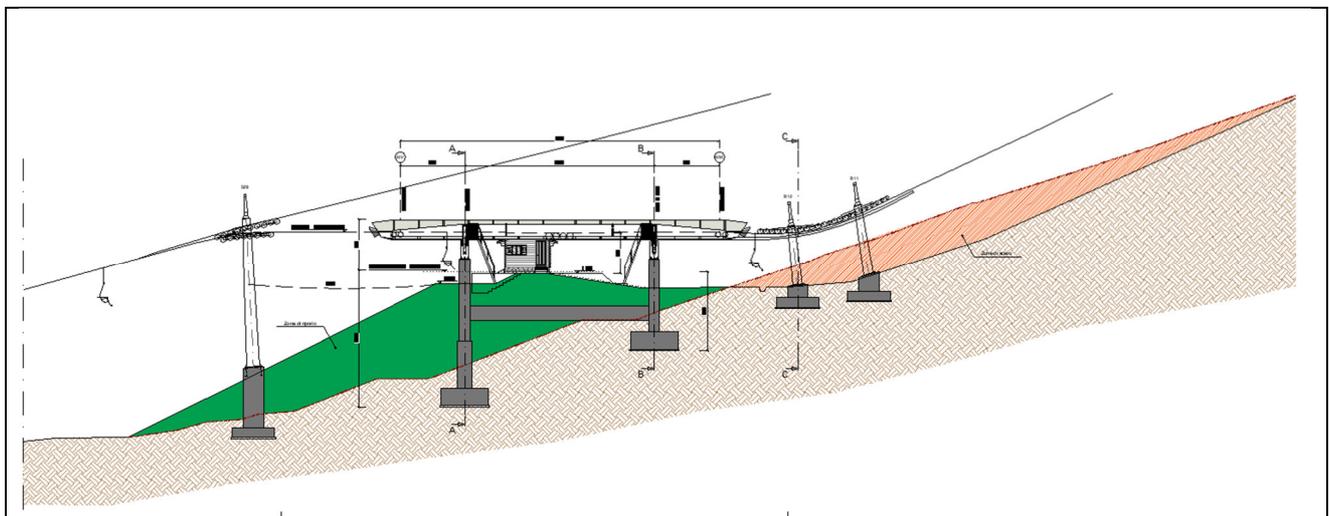


Figura 3 Pianta e prospetti stazione di valle



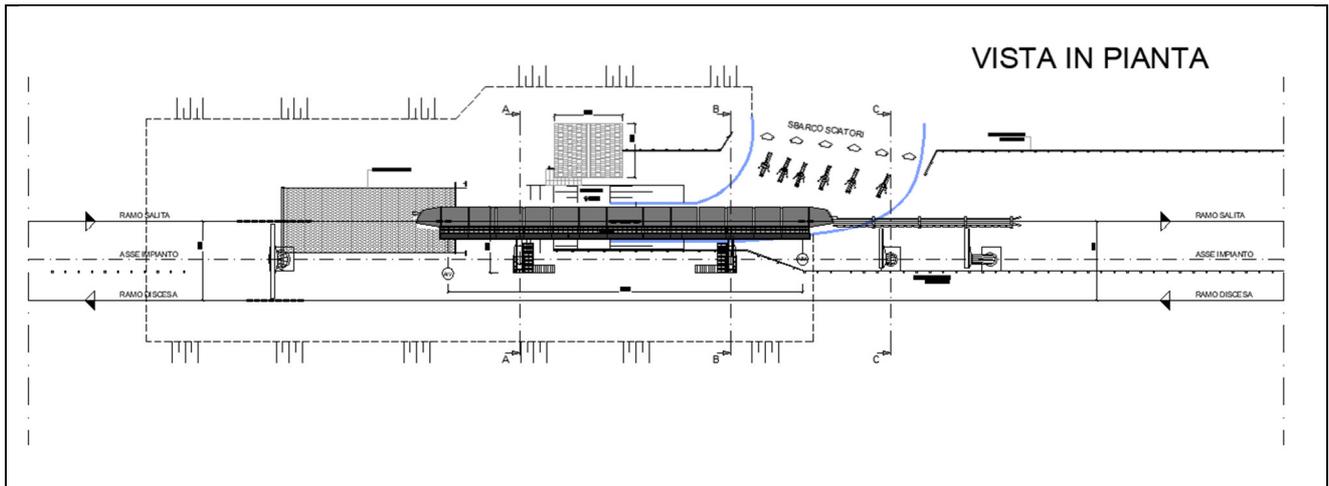


Figura 4 Pianta e prospetti stazione intermedia

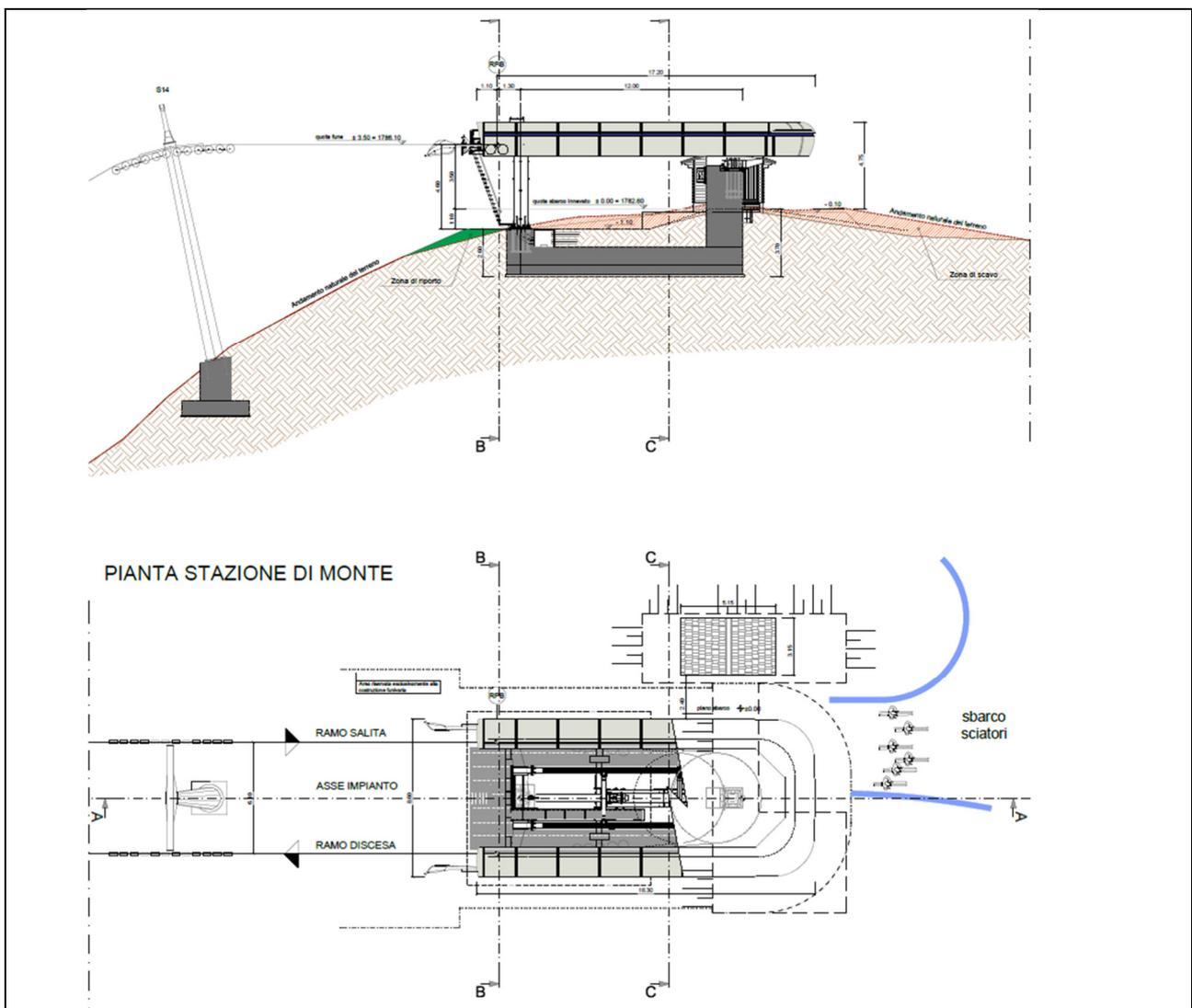


Figura 5 Pianta e prospetti stazione di monte



Figura 6 Rendering – Stazione di valle



Figura 7 Rendering – Stazione intermedia





Figura 8 Rendering – Stazione di monte

Criteri per il calcolo di linea.

Si riportano di seguito i criteri di calcolo impiegati per le verifiche di linea effettuate con *software Win SIF* prodotto dall'ingegnere Vitaliano Vitali, in licenza alla altevie s.r.l.

La procedura di verifica della linea permette di determinare il valore delle grandezze caratteristiche che descrivono lo stato della fune in campata, quali:

- tensioni alle estremità ed in mezzeria delle singole campate;
- angoli di imbocco alle estremità delle singole campate;
- frecce in mezzeria delle singole campate;
- tensioni in corrispondenza dei sostegni di linea.

Essa consente anche di determinare le azioni indotte dalla fune sui sostegni di linea, in particolare:

- pressioni;
- angoli di pressione fune-sostegno;
- angoli di deviazione fune-rulliera;
- attriti sulle rulliere.

E' stato a tal fine adottato un algoritmo di calcolo generalizzato in grado di tenere in conto anche l'effetto di eventuali carichi concentrati in linea, applicato alle singole campate mediante l'uso delle espressioni analitiche derivanti dalle considerazioni che seguono.

Tensioni ed angoli di imbocco della fune in campata

Consideriamo un tratto di fune tra due sostegni consecutivi (cfr. Figura 6) ed identifichiamo le variabili di calcolo inizialmente note:

l : lunghezza orizzontale della campata

d : dislivello della campata

C_j : lunghezza inclinata della campata = $\sqrt{l^2 + d^2}$

p_v : massa del veicolo

P_v : peso del veicolo

n_c : numero complessivo di veicoli in campata

B_{oj} : distanza orizzontale del veicolo j -esimo dall'estremo di monte

S : lunghezza della fune (sviluppo della catenaria tra i due estremi)

q_f : massa unitaria della fune

T_k : tensione nella fune alla estremità di valle

T_v : tensione nella fune all'estremità di monte

α (*alfa*) : angolo della corda tra A e B , $\alpha = \arctg(d/l)$

β (*beta*) : angolo tra il vettore T_k e la corda tra A e B

a_c : valore dell'accelerazione/decelerazione

SCHEMA DI VERIFICA DELLA CAMPATA

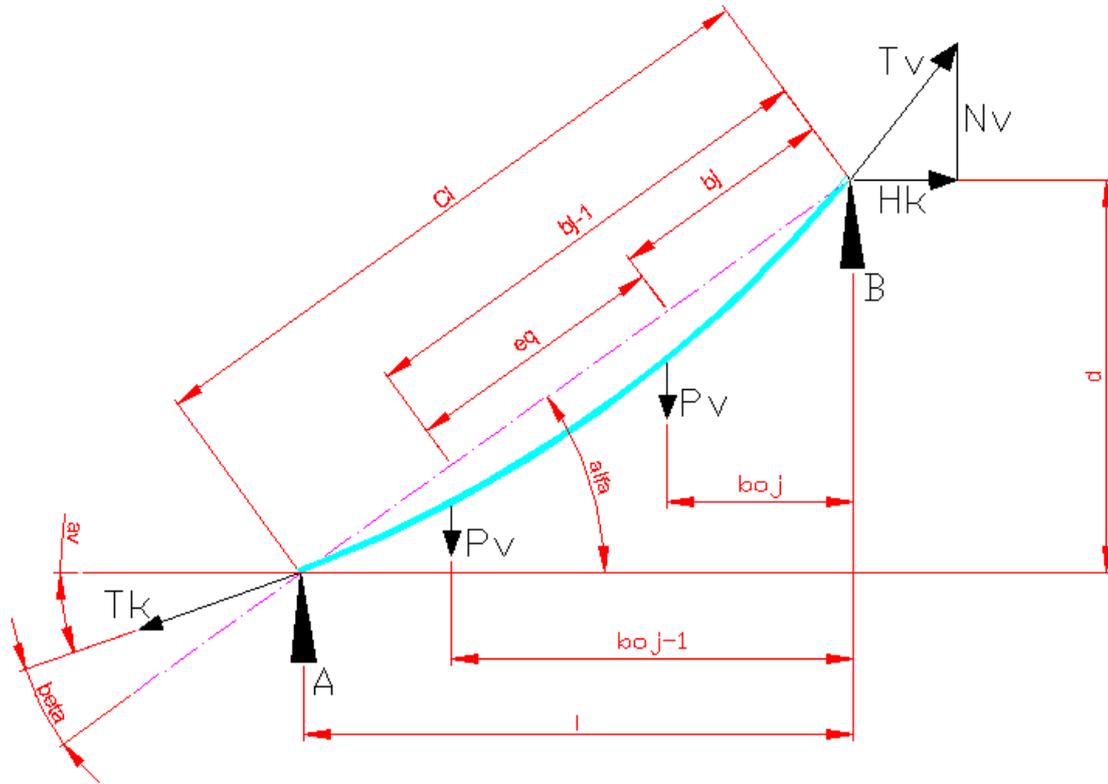


Figura 6 Fune tesa tra due sostegni

Liberato l'estremo di valle A, scriviamo l'espressione dell'equilibrio delle forze in campata rispetto al vertice dell'estremità di monte (vertice B):

$$T_k \cdot C_i \cdot \text{sen}\beta = q_f \cdot S \cdot \frac{C_i}{2} + P_{v(j)} \cdot B_{0(j)}$$

da cui si ricava il valore di β

$$\beta = \arcsen \left[\frac{q_f \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{C_i} \sum [P_v(j) \cdot B_0(j)]}{T_k} \right]$$

ed il valore dell'angolo di imbocco a valle

$$a_v = \alpha - \beta$$

quindi le componenti orizzontali e verticali della tensione

$$H_k = T_k \cdot \cos(a_v)$$

$$N_k = T_k \cdot \text{sen}(a_v)$$

La componente orizzontale della tensione è costante lungo tutta la campata, mentre è ora determinabile la componente verticale della tensione all'estremo di monte (B).

$$N_v = N_k + q_f \cdot d + P_v \cdot n_c$$

ed infine la tensione nella fune all'estremo di monte vale:

$$T_v = \sqrt{(H_k^2 + N_v^2)}$$

Il valore della tensione a monte della campata può essere soggetto a variazione per effetto dell'inerzia delle masse in campata soggette ad accelerazione di avviamento (+) o di frenatura (-), ottenendosi

g = accelerazione di gravità

M_i = massa in campata = $(q_f \cdot C_i + P_v \cdot n_c) / g$

K_{sd} = direzione della forza di inerzia

Ponendo:

Segno positivo (+ 1), per ramo salita marcia avanti

Segno negativo (-1), per ramo discesa marcia avanti

$$T_v = T_v + M_i \cdot a_c \cdot K_{sd}$$

Tensioni e pressioni sui sostegni di linea

Determinata la tensione all'imbocco della fune sulla rulliera a monte della campata, si può calcolare la tensione a valle della campata successiva con il relativo angolo di imbocco e quindi la pressione (in valore e direzione) della fune sul sostegno tra le due campate. Il calcolo tuttavia non è immediato ma richiede un procedimento per successive approssimazioni in quanto il valore e l'angolo della tensione nella fune in uscita dalla rulliera dipendono dall'attrito sulla stessa, l'attrito a sua volta è proporzionale alla pressione della fune sulla rulliera, pressione che a sua volta dipende dalla differenza degli angoli di imbocco della fune in ingresso ed uscita dalla rulliera e dal valore della tensione sul sostegno. Le espressioni usate per la verifica, tenendo conto anche di eventuali forze di inerzia, sono le seguenti:

a_m = angolo di imbocco all'ingresso della rulliera

a_v = angolo di imbocco all'uscita della rulliera

m_{rul} = massa del rullo con funzione di appoggio

n_r = numero dei rulli della rulliera

T_p = tensione sul sostegno (mezzaria della rulliera)

D_p = deviazione della fune sulla rulliera = $\frac{(a_m - a_v)}{2}$

P_p = pressione fune rulliera

A_t = attrito fune-rulliera (percentuale od assoluto unitario)

V_{att} = valore complessivo dell'attrito sull'intera rulliera

V_{att} = $A_t \cdot n_r / 2$ nell' ipotesi di attrito assoluto per rullo

V_{att} = $\frac{A_t}{100} \cdot \frac{P_p}{2}$ nell' ipotesi di attrito % sulla pressione

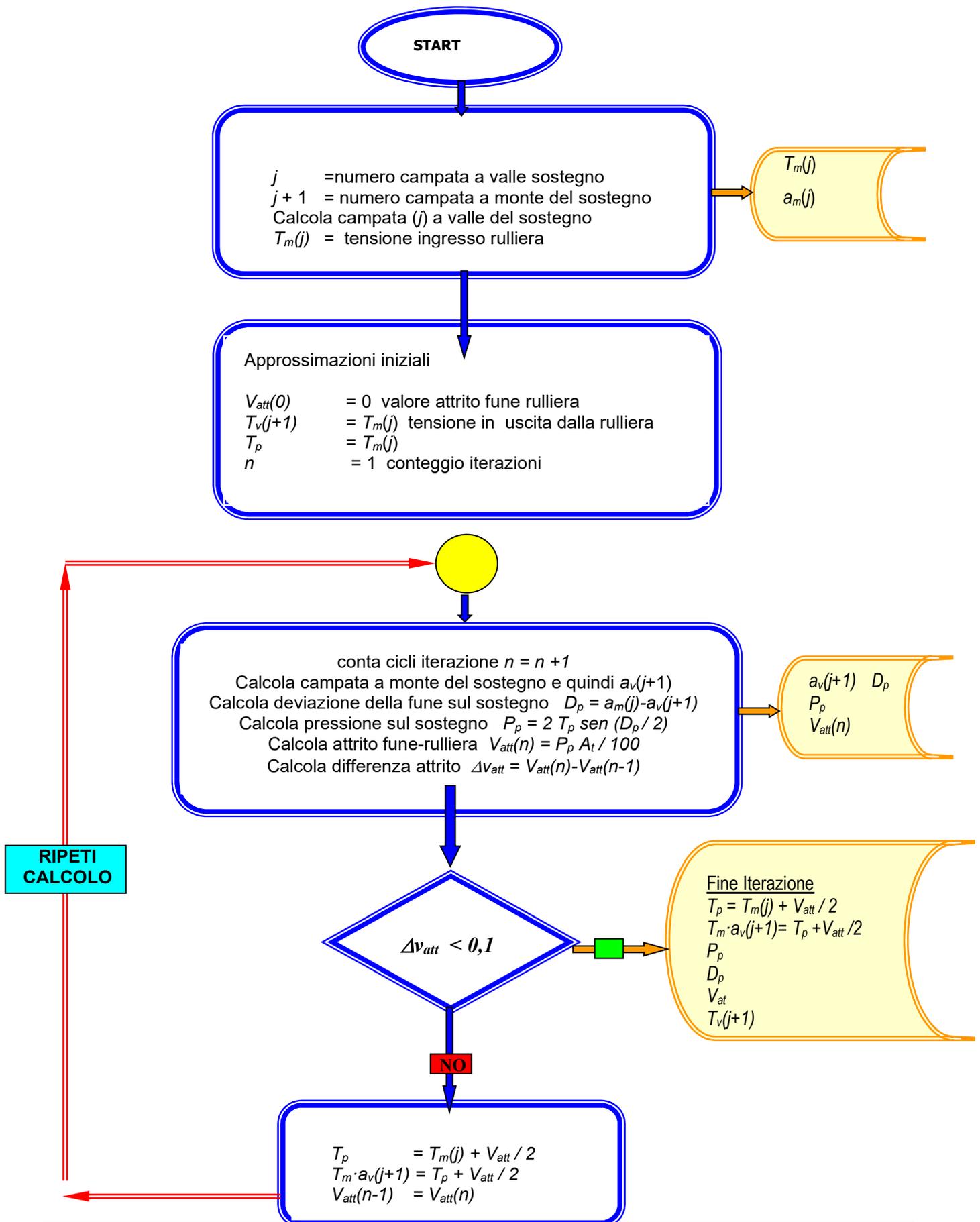
P_p = $2 \cdot T_p \cdot \text{sen} (D_p / 2)$

T_p = $T_v + \left(V_{att} + \frac{m_{rul}}{g} \cdot a_c \right) \cdot \frac{K_{sd}}{2}$

Procedura di verifica di assoggettabilità a V.I.A. per il progetto della nuova seggiovia esaposto ad ammortamento automatico "Polle – Lago Scaffaiolo"

$$T_k = T_p + \left(V_{att} + \frac{m_{rul}}{g} \cdot a_c \right) \cdot \frac{K_{sd}}{2}$$

Considerando inizialmente nullo l'attrito sulla rulliera rimangono determinati in prima approssimazione i valori di T_p e T_k , per cui si calcola l'angolo di imbocco a_v , la deviazione D_p , la pressione P_p e l'attrito V_{att} . La fase di calcolo sopra riportata si ripete fin tanto che il valore dell'attrito non subisce variazioni superiori ad un minimo prefissato (ad esempio ≤ 0.1)



Freccia della fune in campata

Si calcolano separatamente i valori dovuti al carico uniformemente distribuito (peso proprio della fune) ad ai carichi concentrati (veicoli presenti in campata). La freccia complessiva si ottiene applicando il metodo della sovrapposizione degli effetti (cfr. Figura 7).

Freccia in mezzeria per carico uniformemente distribuito :

$$\begin{aligned} T_m &= \text{tensione in mezzeria} \\ T_m &= (T_k + T_v) / 2 \\ F_m &= \text{freccia in mezzeria} \\ F_m &= q_f \cdot C_f^2 / 8 / T_m \end{aligned}$$

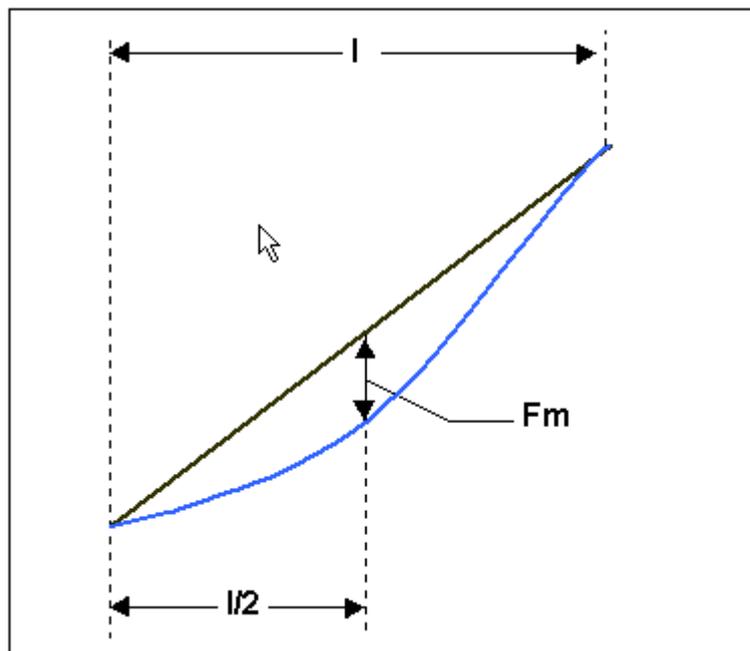


Figura 7 Freccia in mezzeria, carico uniformemente distribuito

Freccia in mezzeria per generico carico concentrato P_v distante B_{oj} dall'estremo di monte :

$$F_v = \text{freccia sul carico } P_v = P_v (l - B_{oj}) \cdot B_{oj} / (l \cdot H_k)$$

$$F_{vm} = \text{freccia } F_v \text{ riportata in mezzeria per carico situato a monte della mezzeria } (B_{oj} < l/2)$$

$$F_{vm} = F_v \cdot l / (2 \cdot (l - B_{oj})) \quad (\text{cfr. Figura 8})$$

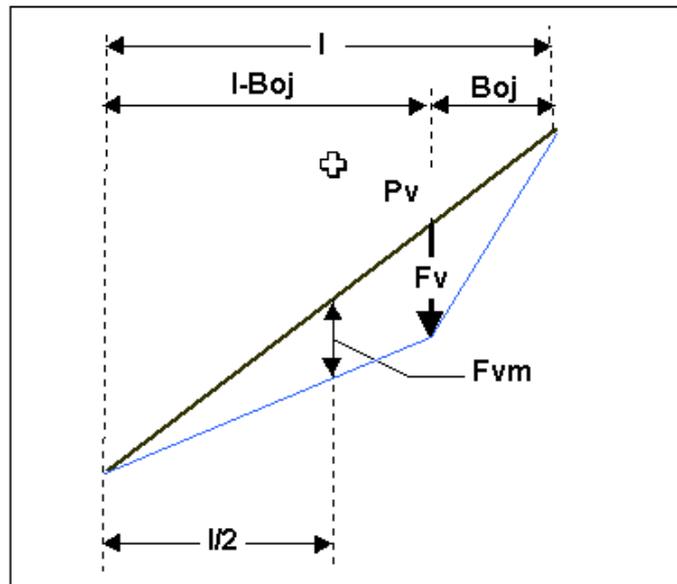


Figura 8 Freccia in mezzeria, carico concentrato posto a monte della mezzeria

F_{vm} = freccia F_v riportata in mezzeria per carico situato a valle della mezzeria ($B_{oj} > l/2$)

$$F_{vm} = F_v \cdot l / (2 \cdot B_{oj}) \quad (\text{cfr. Figura 9})$$

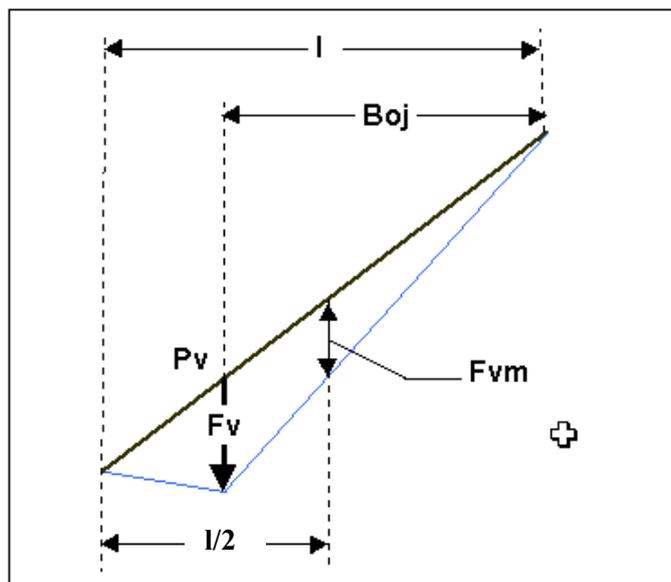


Figura 9 Freccia in mezzeria, carico concentrato posto a valle della mezzeria

Sviluppo della fune in campata

Lo sviluppo della fune in campata deve tenere conto della esatta configurazione assunta dalla fune per effetto sia dei carichi distribuiti che di quelli concentrati. Per questo si determina, per ogni singola campata, dapprima la posizione geometrica dei punti di attacco dei carichi alla fune individuando così le corde dei singoli tratti di fune compresi tra due veicoli consecutivi e poi si calcolano gli sviluppi delle catenarie (fune nuda) sottese dalle singole corde; il procedimento è il seguente (cfr. Figura 11):

- determinazione della freccia complessiva in corrispondenza dei veicoli

Sono note le coordinate degli estremi di valle ($x_1=0, y_1=0$), monte ($x_2=l, y_2=d$), il valore della freccia (F_m) in mezzeria della campata, dovuta alla sola fune nuda. Sono inoltre note le frecce (F_v) dei soli carichi in campata, in corrispondenza di ognuno dei carichi P_v .

$$x = l - B_{0j}$$

$$\alpha = \arctg(d/l)$$

$$y = y_1 + (x - x_1) \cdot \tg \alpha - 4 \cdot \frac{F}{l^2} (x - x_1) \cdot (x_2 - x)$$

$$F_f = x \cdot \tg(\alpha) - y$$

$$F_{vt} = F_f + F_v$$

essendo:

x ascissa del carico dall'estremo di valle della campata

α angolo di inclinazione della corda

F_f freccia della fune nuda in corrispondenza del carico P_v

F_v freccia sotto il carico P_v dovuta ai soli carichi concentrati in campata

F_{vt} freccia complessiva sotto il carico P_v

- determinazione delle corde di tutti i tratti compresi tra i carichi presenti in campata

l_i = lunghezza orizzontale della corda

d_i = dislivello della corda

C_{ii} = valore della corda

- calcolo degli sviluppi della fune per ogni tratto considerato

$$F_i = \frac{Q_f \cdot l_i^2}{(8 \cdot H_k \cos \alpha_i)}$$

$$S_{vi} = \frac{8}{3} \cdot \frac{F_i^2 \cos^2(\alpha_i)}{C_{ii}}$$

- sviluppo totale della fune in campata

$$S_{vtot} = \sum S_{vi}$$

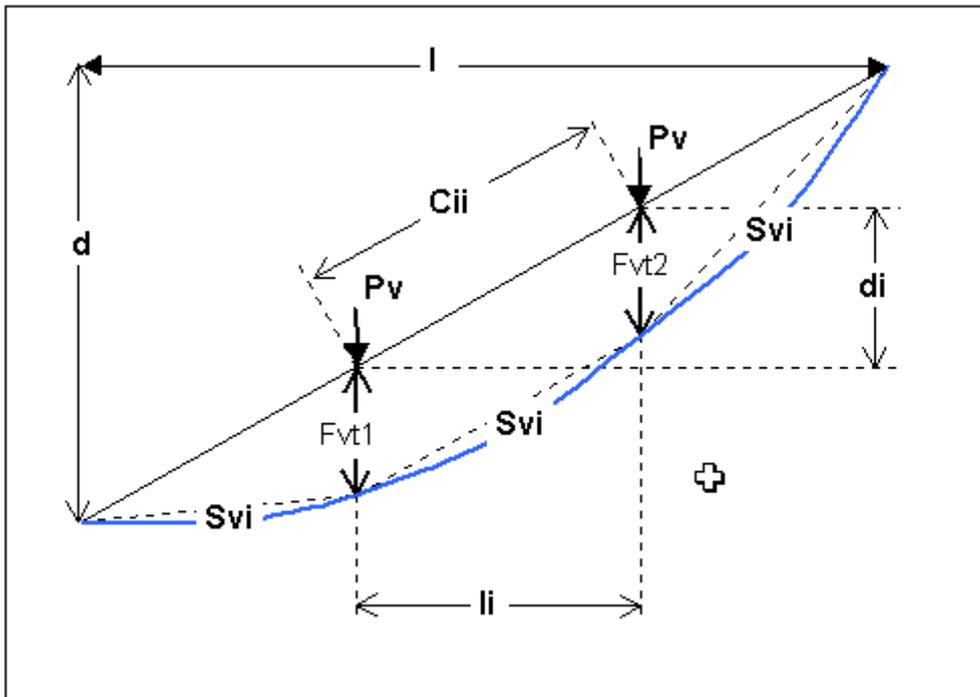


Figura 11 Sviluppo della fune in campata

ALLUNGAMENTO ELASTICO DELLA FUNE

Per ogni campata viene determinato l'allungamento elastico applicando la nota **legge di Hook**:

- E = modulo di elasticità della fune
- T_m = tensione media in campata
- A = sezione metallica della fune
- S_{vtot} = sviluppo della catenaria in campata
- All_c = allungamento elastico del tratto di fune in campata

$$All_c = T \cdot S_{vtot} / (E \cdot A)$$

Allungamento elastico totale sarà la somma di quello delle singole campate.

AZIONI AGENTI SUI SOSTEGNI DI LINEA

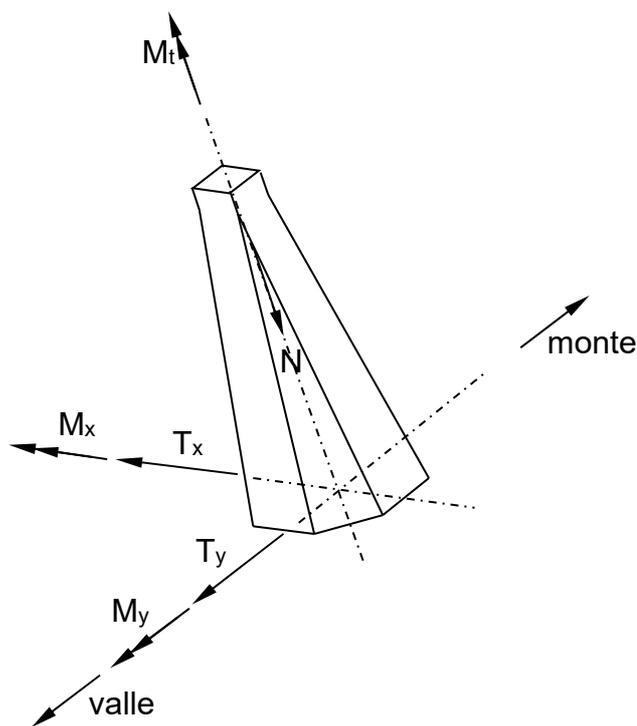
In conformità alla normativa verranno considerate due ipotesi di carico, denominate "in esercizio" e "fuori esercizio".

Nel seguito verranno evidenziati nel dettaglio i differenti carichi che agiscono sui sostegni nelle due diverse condizioni di esercizio, riassumibili comunque in:

- Diverse condizioni di vento, ovvero diversa spinta dinamica del vento
- Diverse condizioni di carico dei veicoli: in esercizio il ramo di salita viene considerato carico e quello di discesa scarico, mentre in "fuori esercizio" i veicoli su entrambe i rami sono presi scarichi.
- Presenza di carichi aggiuntivi nella condizione "in esercizio"

Sistema di riferimento

Il sistema di riferimento spaziale utilizzato è costituito da un asse "verticale" coincidente con l'asse del sostegno e da un piano "orizzontale" perpendicolare all'asse stesso del sostegno; in tale piano sono identificati un asse longitudinale



"y" parallelo alla linea ed un asse trasversale "x" perpendicolare alla linea.

Convenzione sui segni

Per le forze

- N : forza assiale (lungo asse sostegno), positiva se di compressione (rivolta verso il basso)
- T_x : forza di taglio trasversale, sempre positiva
- T_y : forza di taglio longitudinale, positiva verso valle

Per i momenti

- M_x : momento trasversale, sempre positivo
- M_y : momento longitudinale, positivo se ribalta verso valle
- M_t : momento torcente, sempre positivo

Carichi trasmessi dalla fune sulle rulliere

Il carico che la fune trasmette alla rulliera è dovuto al peso proprio della fune e dei veicoli (appartenenti alle due semicampate adiacenti). Sui due rami di discesa e salita tale pressione, dedotta dal calcolo di linea, sarà caratterizzata da:

- P_a = pressione sul ramo di discesa
- γ_a = angolo formato dalla pressione con la verticale
- P_b = pressione sul ramo di salita
- γ_b = angolo di pressione sulla verticale

Nel caso di ritenute si assume per entrambi i rami un carico uguale, pari al valore massimo (in valore assoluto) del carico sui due rami.

Pesi propri

I pesi propri delle diverse strutture possono essere così raggruppati:

Peso complessivo delle strutture in sommità

Tale peso, indicato anche come peso complessivo della traversa, è dato da:

$$G = G_t + 2 G_r + G_f + 2 G_p$$

- G_t = Peso della traversa

- G_r = Peso di una rulliera
- G_f = Peso del falcone
- G_p = Peso di una pedana

Peso del fusto:

Il peso di ogni singolo tronco costituente il sostegno viene considerato pari al valore di riferimento inserito nella descrizione dei sostegni, indipendentemente dall'effettivo spessore della lamiera utilizzata.

Peso delle flange:

G_{ct} = Peso della flangia di collegamento della testata

G_{cf} = Peso della flangia degli eventuali collegamenti intermedi (per fusti a più tronchi)

G_{cb} = Peso della flangia di collegamento della base

Spinta del vento

La spinta esercitata dal vento viene considerata nella direzione trasversale (direzione x) o longitudinale (direzione y); in questo caso si distingue inoltre tra vento longitudinale che spira da valle (pressione dinamica negativa per la convenzione adottata sui segni) e vento longitudinale che spira da monte (pressione dinamica positiva).

In "esercizio" la pressione dinamica del vento è assunta pari a 200 N/m²; in condizioni di "fuori esercizio" invece viene assunto il valore di 1200 N/m².

L'azione del vento (T) viene calcolata moltiplicando la pressione dinamica (p_v) per un'area efficace (V), data dalla sezione esposta al vento dell'elemento considerato (S) per il coefficiente adimensionale dell'elemento stesso definito dalla normativa (c).

Fune e veicoli

Per tali elementi viene considerato solo l'effetto del vento nella direzione trasversale.

$$V_{x, fv} = \frac{l_v + l_m}{2} \cdot \left[2 \cdot \left(d_f c_{fune} + \frac{c_v S_v}{E_q} \right) \right]$$

- l_v, l_m lunghezza campata di valle e di monte
- d_f diametro fune portante-traente (in metri)
- C_{fune}, C_v coefficienti adimensionale della fune e del veicolo (vedi tabella)
- $S_{x,v}$ superficie del veicolo esposta al vento trasversale (vedi tabella). Nelle condizioni "fuori esercizio" la linea è considerata scarica perciò per $S_{x,v}$ va presa la superficie relativa al veicolo scarico; in esercizio il ramo di salita è carico, mentre quello di discesa è scarico: $S_{x,v}$ sarà quindi la semisomma della superficie del veicolo carico e di quello scarico.
- E_q equidistanza dei veicoli

Si osserva come il programma di verifica consideri agli effetti della spinta del vento una sezione equivalente per la fune (parentesi quadra della formula precedente), con la quale viene valutata insieme la spinta sui veicoli e sulla fune.

Traversa, rulliere, pedane, falcone e fusti

Per tali elementi viene considerata sia la spinta del vento trasversale (T_x) che longitudinale (T_y):

- Traversa $V_{x,t} = S_{x,t} \cdot C_t$ $V_{y,t} = S_{y,t} \cdot C_t$
- Rulliere $V_{x,r} = S_{x,r} \cdot C_r$ $V_{y,r} = 2 \cdot S_{y,r} \cdot C_r$
- Pedane $V_{x,p} = S_{x,p} \cdot C_p$ $V_{y,p} = 2 \cdot S_{y,p} \cdot C_p$
- Falcone $V_{x,f} = S_{x,f} \cdot C_f$ $V_{y,f} = S_{y,f} \cdot C_f$
- Fusto $V_{x,tronco} = S_{tronco} \cdot C_{tronco}$ $V_{y,tronco} = S_{tronco} \cdot C_{tronco}$

Neve

Tale contributo viene considerato attraverso il peso della neve che può depositarsi sulla superficie di appoggio delle pedane. Esso vale quindi:

$$G_{neve} = S_p \cdot q_{neve}$$

Carichi nelle sezioni di verifica dei fusti

La verifica dei sostegni viene eseguita prendendo in considerazione tre diverse ipotesi di sollecitazione (vento trasversale, longitudinale da monte e longitudinale da valle) nelle due condizioni regolamentari di "fuori esercizio" e "in esercizio".

Per ognuna delle tre ipotesi di sollecitazione vengono determinate le seguenti azioni complessive agenti alla sommità del sostegno. Laddove la condizione di carico e/o il relativo coefficiente di sicurezza differiscono in esercizio e in fuori esercizio, vengono allegati due tabulati, ove vengono indicati con un cerchietto le condizioni di carico di interesse per quella tabella.

Determinazione dei carichi in sommità

Carico assiale (N)

Il carico assiale è dato dalla somma dei seguenti contributi:

- Pressione funi sulle rulliere $N_1 = P_a \cos(\gamma_a - \beta) + P_b \cos(\gamma_b - \beta)$
- Peso complessivo della traversa $N_2 = G \cos\beta$ (β = inclinazione del sostegno)
- Peso della neve $N_3 = G_{neve} \cos\beta$

Forza orizzontale trasversale (T_x)

Tale azione sarà differente in esercizio e fuori esercizio per la diversa pressione dinamica del vento (p_v) e per il carico fittizio introdotto dalla normativa nelle condizioni di esercizio. Essa è somma di:

- Spinta del vento $T_{x,1} = p_v (V_{x,fv} + V_{x,t} + V_{x,r} + V_{x,p} + V_{x,f})$
- Carico fittizio (solo in esercizio) $T_{x,2} = 0.1 N_1$

Forza orizzontale longitudinale (T_y)

Anche tale azione differirà in esercizio e fuori esercizio per la diversa pressione dinamica del vento (p_v) e per il carico fittizio introdotto dalla normativa nelle condizioni di esercizio. Essa è somma di:

- Spinta del vento $T_{y,1} = p_v (V_{y,t} + V_{y,r} + V_{y,p} + V_{y,f})$
- Carico fittizio (solo in esercizio) $T_{y,2} = \pm 0.1 N_1$ \pm perché tale carico abbia lo stesso verso del vento)
- Pressione funi sulle rulliere $T_{y,3} = P_a \sin(\gamma_a - \beta) + P_b \sin(\gamma_b - \beta)$
- Peso complessivo della traversa $T_{y,4} = G \sin\beta$
- Peso della neve $T_{y,5} = G_{neve} \sin\beta$

Momento trasversale (M_x)

E' dovuto alle forze trasversali orizzontali sopra descritte ed ad allo squilibrio delle componenti assiali delle pressioni esercitate dalla fune sulle rulliere, ognuna agendo con un proprio braccio (b) di azione rispetto alla flangia di attacco della traversa al fusto superiore del sostegno.

- Spinta del vento $M_{x,1} = p_v (b_{x,fv} V_{x,fv} + b_{x,t} V_{x,t} + b_{x,r} V_{y,r} + b_{x,p} V_{y,p} + b_{x,f} V_{y,f})$
per l'azione del vento sull'insieme fune-veicoli il braccio da considerare è dato da rst_3 (distanza testata-fune livellata); per le altre azioni i bracci sono presi considerando la distanza dalla testata dei relativi centri di spinta trasversali
- Squilibrio del carico sulle rulliere $M_{x,3} = |P_b \cos(\gamma_b - \beta) - P_a \cos(\gamma_a - \beta)| \cdot scart/2$
dove *scart* rappresenta l'intervia

Momento longitudinale (M_y)

E' dovuto alle forze orizzontali longitudinali sopra descritte, ognuna agendo con un proprio braccio di azione rispetto alla flangia di attacco della traversa al fusto superiore del sostegno:

- Spinta del vento $M_{y,1} = p_v (b_{y,t} V_{y,t} + b_{y,r} V_{y,r} + b_{y,p} V_{y,p} + b_{y,f} V_{y,f})$
i bracci sono presi considerando la distanza dalla testata dei relativi centri di spinta longitudinali
- Pressione fune sulle rulliere $M_{y,3} = (P_b \cos(\gamma_b - \beta) - P_a \cos(\gamma_a - \beta)) \cdot rst_3$

Momento torcente (M_t)

Nella configurazione fuori esercizio il momento torcente è calcolato in base al solo attrito della fune sui rulli, supposta in movimento discorde, ed alla diversa lunghezza delle campate adiacenti al sostegno. Nella configurazione in esercizio si somma anche la componente dovuta alla diversa inclinazione della fune sui due rami.

- Attrito della fune sui rulli $M_{t,1} = (|P_a| + |P_b|) \cdot \frac{attr}{100} \cdot \frac{scart}{2}$

in via cautelativa viene preso il momento totale generato dall'attrito e non solo la sua componente lungo l'asse

- Diversa lunghezza campate $M_{t,2} = \left[2 \cdot \left(d_f c_f + \frac{c_v S_v}{E_q} \right) \right] \cdot \left| \frac{l_v - l_m}{2} \right| \cdot b$

il braccio viene preso considerando che sui rulli viene ripartita una diversa quota del carico; detto n il numero di rulli della rulliera e p il passo degli stessi si avrà:

per $n > 4$

$$b = p [0.5 \cdot (n-1)/2 + 0.33 \cdot (n-3)/2 + 0.17 \cdot (n-5)/2]$$

per $n=4$

$$b = p [0.5 \cdot (n-1)/2 + 0.5 \cdot (n-3)/2]$$

- Squilibrio del carico sulle rulliere $M_{t,3} = |P_b \text{ sen}(\gamma_b - \beta) - P_a \text{ sen}(\gamma_a - \beta)| \cdot \text{scart}/2$

Accanto a questi contributi, automaticamente calcolati dal programma, nella verifica si è tenuto conto anche della torsione introdotta dallo scarrucolamento della fune. Il momento torcente ha esclusivamente interesse nel calcolo dei collegamenti e nel calcolo della torsione ϑ del sostegno. Per quanto concerne i primi l'incremento di torsione generato da queste forze non è significativo. Per quanto riguarda invece ϑ si riporta tra gli allegati la tabella con l'angolo di deformazione massima per ciascun palo. I valori non determinano mai un ulteriore scarrucolamento della fune.

Partendo dai carichi calcolati in sommità (flangia di testa del sostegno) vengono calcolati iterativamente i valori in corrispondenza delle flange inferiori, vale a dire eventuali collegamenti tra tronchi fino alla base del sostegno. In tal senso nel seguito del capitolo verranno indicati con il pedice "fl-1" i valori relativi alla flangia direttamente superiore a quella oggetto di calcolo, mentre col pedice "fl" si identificheranno i carichi sulla flangia in esame.

- Carico assiale $N_{fl} = N_{fl-1} + G_{\text{tronco}} \cos\beta$
- Taglio trasversale $T_{x,fl} = T_{x,fl-1} + S_{\text{tronco}} \cdot C_{\text{tronco}} \cdot p_v$
- Taglio longitudinale $T_{y,fl} = T_{y,fl-1} + G_{\text{tronco}} \cdot \text{sen}\beta + S_{\text{tronco}} \cdot C_{\text{tronco}} \cdot p_v$
- Momento trasversale $M_{x,fl} = M_{x,fl-1} + h_{\text{tronco}} \cdot T_{x,fl-1} + 0.5 \cdot h_{\text{tronco}} \cdot S_{\text{tronco}} \cdot C_{\text{tronco}} \cdot p_v$
- Momento longitudinale $M_{y,fl} = M_{y,fl-1} + h_{\text{tronco}} \cdot T_{y,fl-1} + 0.5 \cdot h_{\text{tronco}} \cdot (S_{\text{tronco}} \cdot C_{\text{tronco}} \cdot p_v + G_{\text{tronco}} \cdot \text{sen}\beta)$
- Momento torcente $M_{t,fl} = M_{t,fl-1}$

Dove con G, h, S si sono indicati rispettivamente peso, altezza e superficie esposta al vento per il tronco soprastante la flangia analizzata. Si osserva che il coefficiente adimensionale per la spinta del vento C_{tronco} è pari a 1 per la sezione ottagonale dei fusti utilizzati.

Verifica dei fusti

Per quanto concerne i fusti vengono eseguite le seguenti verifiche:

- verifica di resistenza delle sezioni in corrispondenza della testata, della base e di eventuali flange intermedie;
- verifica all'imbozzamento in corrispondenza della testata, della base e di eventuali flange intermedie;
- verifica al carico di punta in corrispondenza della base;
- verifica di deformazione della testata (rotazione, freccia trasversale e longitudinale) in corrispondenza della testata

Il calcolo delle forze e dei momenti nelle sezioni di verifica (testata, base ed eventuali flange intermedie di collegamento) è stato descritto nel capitolo precedente.

Caratteristiche delle sezioni di verifica

Il programma tratta tre diversi tipi di sezione:

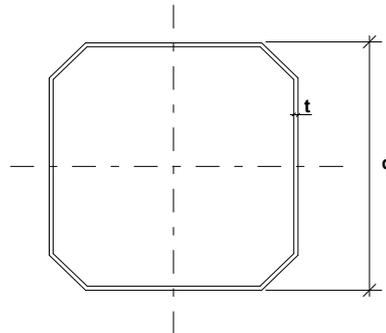
- a) sezione quadrata
- b) sezione poligonale chiusa ad "n" lati
- c) sezione circolare

Per la sezione rettangolare di norma collocata in corrispondenza della testata del sostegno poligonale, base di appoggio della traversa, le caratteristiche risultano:

$$A = d^2 - (d - 2 * t)^2$$

$$J_x = J_y = \frac{d^4 - (d - 2 * t)^4}{12}$$

$$W_x = W_y = \frac{d^4 - (d - 2 * t)^4}{6 * d}$$

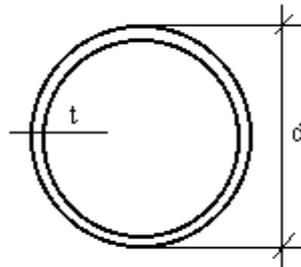


Per una sezione circolare generica (fusti tubolari a sezione costante):

$$A = \frac{\pi * (d^2 - (d - 2 * t)^2)}{4}$$

$$J_x = J_y = \frac{\pi * (d^4 - (d - 2 * t)^4)}{64}$$

$$W_x = W_y = \frac{\pi * (d^4 - (d - 2 * t)^4)}{32 * d}$$



Le caratteristiche geometriche in corrispondenza di una generica sezione poligonale ad "n" lati di spessore "t", sono calcolabili in base alle seguenti espressioni:

$$\alpha = \pi / n$$

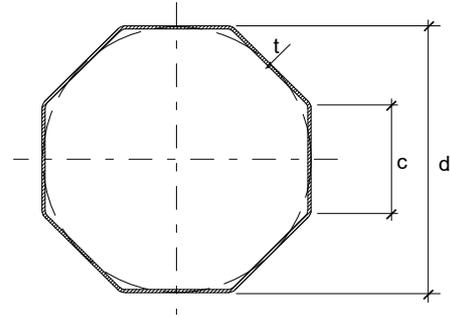
$$c = \frac{d}{2} * TAN(\alpha) * 2 = d * TAN(\alpha)$$

$$A = n * c * t * (1 - t * TAN(\alpha) / c)$$

$$J_x = J_y = J = n * c^3 * \frac{t}{8} * \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{TAN(\alpha)^2} \right)$$

$$W_x = W_y = W = \frac{J}{(d / COS(\alpha) / 2)}$$

$$R_x = R_y = R = \frac{c}{\sqrt{8}} * \sqrt{1/3 + 1/TAN(\alpha)^2 * (1 - 2 * t * TAN(\alpha) / c + 2 * (t * TAN(\alpha) / c)^2)}$$



ANALISI DI SICUREZZA E RELAZIONE DI SICUREZZA

Secondo la **direttiva 2000/9/CE** per ogni impianto in fase di progettazione viene richiesta una relazione di sicurezza. Essa è tesa a far riconoscere ed accettare, dal complesso dei partecipanti alla costruzione dell'impianto funiviario, le disposizioni di Legge stabilite per far fronte ai **rischi suscettibili di manifestarsi** in sede di funzionamento con riferimento ai requisiti essenziali (di cui all'allegato II della direttiva).

L'**analisi di sicurezza** cui deve essere sottoposto il progetto definitivo del nuovo impianto, deve tener conto di ogni modalità di esercizio prevista ed in particolar modo delle funzionalità di trasporto promiscuo per sciatori in salita e pedoni nei due sensi di marcia.

Essa deve essere realizzata con un metodo riconosciuto valido e consolidato nella **prassi funiviaria europea**; pertanto il Costruttore dovrà, in essa, fare cenno a precedenti realizzazioni di impianti a fune della stessa categoria di quello in progetto, già collaudati, dichiarandone le generalità e le caratteristiche principali.

L'analisi stessa deve anche garantire che la progettazione e la configurazione di linea dell'impianto tengono conto delle **condizioni ambientali** riferibili all'area di intervento (da studiare ed approfondire in sede di offerta) nonché delle situazioni di esercizio e di carico più sfavorevoli.

Detta analisi dovrà essere dedicata principalmente alla descrizione dei dispositivi di sicurezza e dei sotto sistemi di cui essi richiedono l'intervento, affinché:

1. essi siano in grado di reagire ad un cedimento o primo guasto constatato in modo da restare in uno stato che, comunque, garantisca la sicurezza, ovvero in uno stato di funzionamento ridotto, ovvero in uno stato tipo *fail safe* di arresto in sicurezza;
2. essi siano ridondanti oppure sorvegliati;

3. essi siano tali che le probabilità di un loro cedimento possano essere oggettivamente valutate e siano di un livello comparabile con quello dei dispositivi di sicurezza che soddisfano i criteri di cui ai punti 1 e 2 precedenti.

L'analisi, inoltre, deve contenere l'inventario dei rischi e delle situazioni pericolose di cui alla direttiva (art. 4) e determinare l'elenco dei componenti di sicurezza che dovranno possedere la dichiarazione di conformità CE.

Nel decreto legislativo 210/2003 (art. 6, comma 2) di recepimento della suddetta direttiva, viene definito quanto segue:

“Sulla base dell'analisi di cui al comma 1 viene elaborata la relazione sulla sicurezza di cui all'allegato III ove sono indicate le misure idonee ad affrontare i rischi nonché l'elenco dei componenti di sicurezza e dei sottosistemi cui si applicano le disposizioni di cui agli articoli 8, 9, 10 e 11; l'analisi di sicurezza e la relazione fanno parte integrante del progetto. “

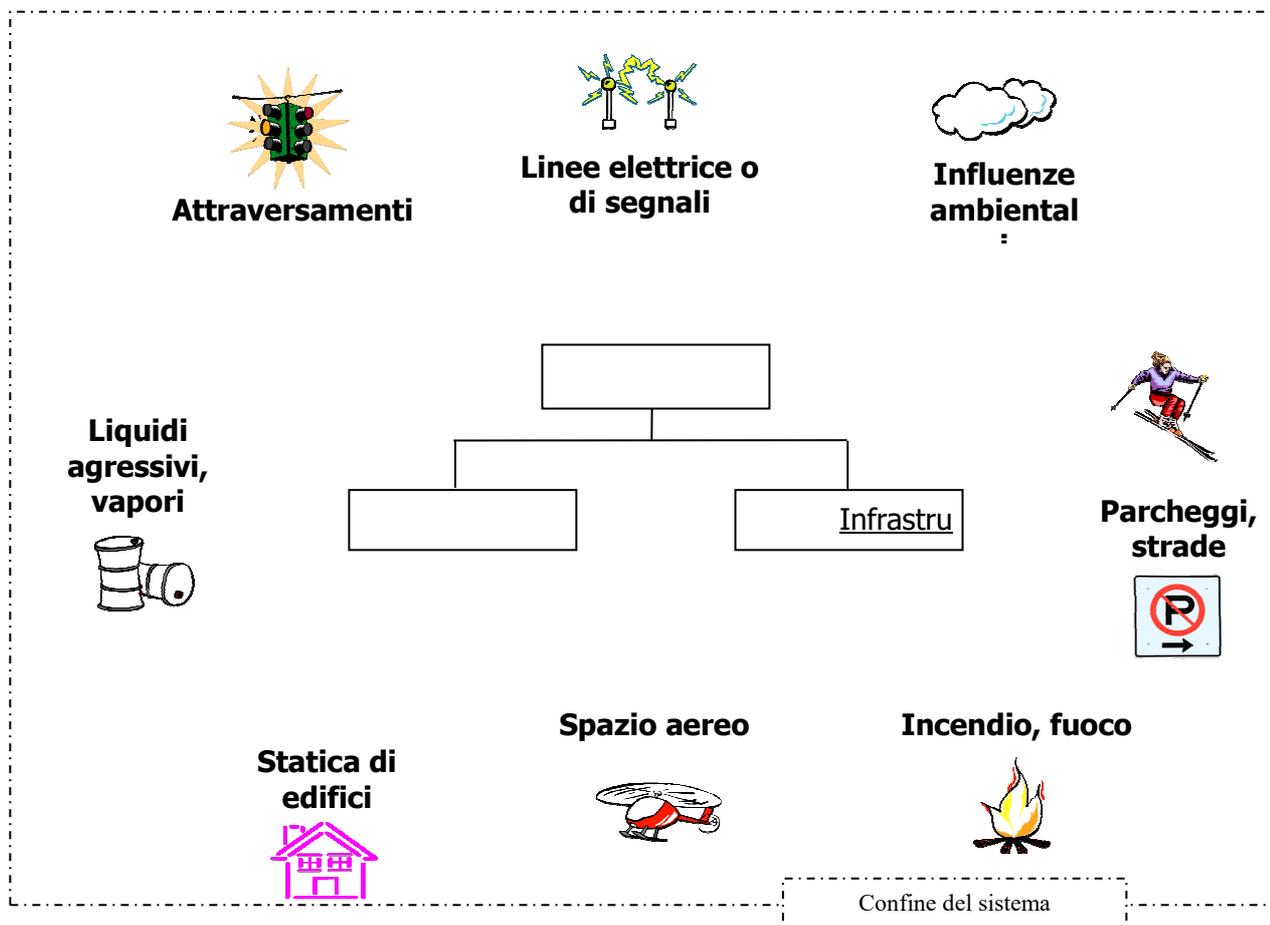
La seguente relazione di sicurezza dell'impianto sopracitato, dunque, ha come obiettivo l'individuazione di:

- Elenco delle misure per affrontare eventuali rischi
- Elenco dei sottosistemi e dei componenti di sicurezza definiti secondo gli allegati II e III della direttiva 2000/9/CE

I responsabili per l'attuazione delle disposizioni di cui al precedente paragrafo contenente cenni sulla relazione di sicurezza, sono il Committente e l'esecutore materiale dei lavori funiviari.

Ad ogni buon conto nella relazione illustrativa del progetto preliminare e nel capitolato prestazionale, sono state citati i principali riferimenti normativi; resta inteso che il carattere preliminare del progetto non consente gli approfondimenti necessari a completare le indicazioni della relazione di sicurezza che, in tal senso, valga quale indirizzo alla stesura del documento finale che andrà, naturalmente predisposto dopo la conclusione della preventiva analisi di sicurezza riferita espressamente alle specifiche certificazioni dei sotto sistemi e componenti di sicurezza adottati dal Costruttore funiviario e proposti nella gara di appalto.

Il campo di applicabilità, comunque, include tutti i sottosistemi e l'infrastruttura dell'impianto secondo la direttiva e rispetta gli elementi che influiscono direttamente sul sistema impianto (si veda la figura della pagina successiva).



Limiti di utilizzazione generici dell'impianto:

Caratteristica	U.M.	Valore
Portata oraria (con servizio invernale / estivo)	p/ora	2400/1800
Quota stazione di valle (rinvio fissa)	msm	1885
Quota stazione di monte (motrice e tenditrice)	msm	2153
Lunghezza orizzontale tra ingressi in stazione	m	977,20
Lunghezza inclinata	m	1031,28
Dislivello tra stazioni	m	295,22
Pendenza media	%	30,21
Numero totale seggiole esaposto	n	41
Velocità massima di esercizio	m/s	5,00
Equidistanza minima tra i veicoli	m	45/60
Intervallo di tempo minimo tra i veicoli	sec	9
Velocità massima con gruppo elettrogeno	m/s	2,50
Velocità massima con motore di recupero	m/s	1,00
Potenza massima a regime con azionamento principale	kW	400
Potenza massima in avviamento con azionamento principale	kW	520
Potenza del motore termico di soccorso	kW	150
Tiro nominale del dispositivo di tensione	kN	600
Numero totale rulli di linea	n	210

- Esercizio diurno
- Trasporto nei due sensi (per sciatori e pedoni in salita e soli pedoni in discesa)
- Non è ammesso l'utilizzo continuato del veicolo di manutenzione; comunque il carico utile ammesso non deve essere superato
- I carichi dichiarati su strutture e/o apparecchiature utilizzate per lavori di manutenzione (falconi per il sollevamento funi, ancoraggi per messa fuori tensione delle funi) non devono essere superati
- L'argano di recupero deve essere utilizzato esclusivamente nel caso di avaria dell'argano principale e di riserva o per recuperare i veicoli rimasti in linea;
- Sono da rispettare i limiti massimi di carico per attrezzi di sollevamento
- Sono da rispettare le indicazioni riportate nei manuali di "Uso e manutenzione"

Limiti di utilizzazione in base alle condizioni ambientali:

- Velocità massima del vento ammessa in esercizio: 70 km/h (controllata con 3 anemometri)
- Temperatura d'esercizio dell'impianto: -30° C a +50° C
- Carichi neve (3.4.1 NTC 2018):
 - Opere di stazione monte: minimo 14,0 kN/m²
 - Opere di stazione valle: minimo 10,8 kN/m²
 - Opere di linea e intermedia: minimo 14,0 kN/m²
- Franchi minimi (distanza tra punto inferiore del veicolo e sagoma superiore dell'ostacolo) nelle stazioni e in linea: come da **D.D. 16 novembre 2012**.

Nell'analisi di sicurezza devono essere definiti gli scenari di pericolo e stabiliti i provvedimenti per l'eliminazione o almeno la riduzione del pericolo.

I punti di seguito elencati contengono le **misure per affrontare rischi residui** che al momento della stesura di questa relazione possono essere ancora presenti:

1. L'esame dei componenti di sicurezza e dei sottosistemi, e dei "Libri d'uso e manutenzione" per il rilascio delle attestazioni di conformità, in relazione al Regolamento 424/2016/UE, deve essere eseguito da parte di Enti Notificati
2. L'esame dei componenti di sicurezza e dei sottosistemi elettrici forniti, per il rilascio delle attestazioni di conformità, in relazione al Regolamento 424/2016/UE, deve essere eseguito da parte dell'ente notificato scelto dal Costruttore.
3. Occorre elencare nel progetto definitivo tutte le comunicazioni rese dal Committente e relative a:

- influenze derivanti dall'ambiente (condizioni particolari di vento, accumulo di neve prodotta artificialmente, presenza di particolari carichi di incendio, ecc....)
- 4. La stabilità o salute delle piante / alberi lungo la linea, dovrà essere valutata da un esperto in materia con opportune periodicità. Piante che rappresentano un pericolo per l'impianto, dovranno essere rimosse. Dovranno essere garantiti e mantenuti i franchi in linea prescritti.
- 5. Rispetto dell'articolo 3.12.14 del D.M. 8 marzo 1999 e s.m.i.
- 6. Presentazione a cura del Committente della apposita documentazione tecnica per la "Segnalazione ostacoli alla navigazione aerea" alle autorità competenti.
- 7. Realizzazione dell'impianto di protezione delle strutture contro i fulmini e di messa a terra.
- 8. Verificare che i lavori nel corso della costruzione, montaggio, taratura e messa in servizio della parte meccanica ed elettrica dell'impianto vengano svolti in sicurezza e sotto il rispetto delle misure antinfortunistiche.
- 9. Verifica che l'opera sia completamente ultimata e sia stata eseguita a regola d'arte ed in conformità al progetto approvato.
- 10. In fase di costruzione sono da effettuare e da certificare controlli non distruttivi sugli elementi appartenenti all'infrastruttura di cui all'art. 6 del Regolamento Generale (D.M. 400/98).
- 11. Verifica delle condizioni geologiche del terreno a scavo aperto.
- 12. Nei manuali d'istruzioni per l'uso e la manutenzione vengono segnalati esplicitamente i provvedimenti per ridurre le zone di pericolo in vicinanza dei macchinari, dei veicoli e nell'area di transito dei veicoli stessi. Inoltre viene prescritta un'attrezzatura antinfortunistica per la protezione individuale.
- 13. La completezza dei cartelli riportanti le indicazioni per le persone, della segnaletica e delle protezioni vengono controllati in occasione del collaudo dell'impianto.
- 14. Verifica delle opere civili costituenti l'infrastruttura attraverso il collaudo statico.
- 15. Durante la messa in servizio dell'impianto tutti i componenti regolabili sono da impostare in modo tale che sia assicurato il rispetto della normativa ed il sicuro funzionamento per la portata oraria prevista.
- 16. Verifica dell'idoneità dei materiali attraverso i loro certificati.
- 17. Durante la fase di collaudo l'impianto è da sottoporre a tutte le prove funzionali atte a dimostrare il suo sicuro funzionamento. L'esito di queste prove sarà riportato nel verbale di collaudo.
- 18. Sono da rispettare i limiti di utilizzo previsti.

19. Prima della messa in esercizio sgomberare da neve e ghiaccio dalle funi e dai veicoli, e dalle pulegge, se all'aperto.
20. Svolgimento dell'esercizio dell'impianto come previsto dai relativi articoli del cap. 4 delle PTS '99, dal regolamento di esercizio, ovvero dalla normativa vigente.
21. Sarà cura del Direttore di Esercizio integrare e/o aggiornare il "Piano di soccorso" di progetto alle particolari esigenze, e relazionare sulle prove periodiche di salvataggio in linea.
22. Le convenzioni da stipulare con le organizzazioni pubbliche (C.A.I., S.A.G.F., VVFF) e private per le operazioni di soccorso sono a carico del Committente.
23. Corretta esecuzione della manutenzione e delle prove periodiche prescritte.

<i>Denominazione dei sotto sistemi</i>	
1.	Funi ed attacchi funi
2.	Argani e freni
3.1	Dispositivi di tensione delle funi
3.2	Meccanismi di stazione
3.3	Meccanica di linea
4.	Veicoli
5.	Dispositivi elettrotecnici
6.2	Dispositivi di soccorso mobili

L'elenco dei componenti di sicurezza del progetto definitivo deve far riferimento ai relativi allegati al Regolamento 424/2016/UE