

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

in **Ingegneria Civile**

Tesi di Laurea Magistrale

Sistemi di trasporto pubblico con trazione a fune per applicazioni urbane: una proposta progettuale di connessione aerea per il comune di Genova



## **Relatore**

Prof. Ing. Bruno Dalla Chiara

## **Correlatori**

Ing. Sergio Blengini

Ing. Stefano Bazzolo

**Candidato**

Giuseppe Pellegrino

Anno Accademico 2019/2020

*Alla mia famiglia, Aurora  
e a tutte le persone che mi hanno accompagnato e aiutato in  
questo cammino*

## Sommario

Primo obiettivo di questo lavoro di tesi è valutare la scelta tra sistemi di trasporto innovativi da applicare in contesto urbano attraverso il loro impatto energetico ed ambientale, focalizzandosi in particolare sui sistemi con trazione a fune, C-APM (Cable-Automated People Mover); si richiamano esempi di applicazioni esistenti, come i sistemi sviluppati nell'America del Sud e in Europa. La valutazione è stata effettuata alla luce dell'analisi della letteratura corrente e contemplando i vari impianti in esercizio per il superamento del dislivello, quali ascensori inclinati, funicolari e ferrovie a cremagliera.

Lo studio è stato sviluppato con riferimento al territorio ligure, in particolare alla città di Genova, che presenta nella sua offerta di trasporto una serie di sistemi a impianto fisso, definiti "impianti speciali" nel dizionario della rete AMT di Genova. Si è sviluppato quindi un approfondimento su impianti esistenti quali ascensori inclinati (Quezzi e Villa Scassi), funicolari (Sant'Anna e Zecca-Righi), un esempio di ferrovia a cremagliera (Principe-Granarolo) e, in aggiunta, si è analizzato un impianto misto ascensore-funicolare (Montegalletto).

Nell'analisi territoriale del caso studio si sono analizzati tre elementi del territorio che potessero generare domanda di trasporto all'interno della zona analizzata, quali il porto di Genova, il quartiere Lagaccio (fulcro della zona di studio) ed infine il Forte Begato, un forte inserito nel sistema dei forti genovesi, che sarà soggetto a iniziative attrattive.

Dopo aver definito le specifiche del caso studio, si è passati alla scelta del sistema da trattare per il servizio in studio e si è optato per il sistema C-APM ibrido Cablesmart; seguendo le linee guida UNI/TR 11735:2018 "*Linee guida per la progettazione dei sistemi di trasporto persone ad automazione integrale*

*con trazione a fune*” si è proseguito nella definizione della soluzione progettuale, secondo e principale obiettivo di questa tesi. La soluzione progettuale comprende un’analisi dei vincoli territoriali della zona di studio, con problematiche quali il rischio geomorfologico, la presenza del passante ferroviario ed aspetti legati al rischio incendio. Dopo l’analisi dei vincoli si è passato alla definizione vera e propria della linea, suddividendo la linea in due tronchi separati. Nel primo tronco si sono analizzate tre possibili ipotesi per andare ad analizzare diverse posizioni della stazione di partenza, con la collocazione dei sostegni molto vincolata. Nel secondo tronco la scelta è stata più libera e si è trattato di progettare un impianto con molti aspetti condivisi con l’ambito montano. In ultimo, ma non per importanza, viene individuata una possibile soluzione per il soccorso in linea che, data la peculiare localizzazione dell’impianto, necessita di un approfondimento adeguato.

Viene dedicata nel progetto una particolare attenzione alla sostenibilità del sistema stesso, anche in comparazione ai sistemi di trasporto tradizionale.

## Abstract

First aim of this thesis is to evaluate the choice of innovative transport systems in an urban context through their reduced environmental impact, by focusing on cable traction systems, C-APM (Cable-Automated People Mover) with examples of existing applications, such as the ones developed in South America and Europe. The evaluation was made by considering the existing literature and integrating the several existing systems for overcoming the difference in height, such as inclined lifts, funiculars and cogwheel railways.

The study was developed in the Ligurian territory, in the city of Genoa, which presents, in its transport sector, a series of means of transport, defined as "special plants" in the dictionary of the AMT network of Genoa. An in-depth analysis on existing systems such as inclined elevators (Quezzi and Villa Scassi), funiculars (Sant'Anna and Zecca-Righi) and an example of rack railway (Principe-Granarolo) was developed, in addition a mixed system was analyzed, a funicular lift (Montegalletto).

In the territorial analysis of the case study, three elements of the territory were analyzed that could generate transport demand within the examined area, such as the port of Genoa, the Lagaccio district (fulcrum of the study area) and finally the Forte Begato, a Fort inserted in the system of Genoese forts, which will be subject to attractive initiatives.

After defining the case study specifications, we moved on to the choice of the system to be treated for the studio service and the Cablesmart hybrid C-APM system was chosen, the design solution, second and main aim of this thesis, was defined by following the UNI/TR 11735: 2018 *"Linee guida per la progettazione dei sistemi di trasporto persone ad automazione integrale con trazione a fune"*.

The design solution includes an analysis of the territorial constraints of the study area, with issues such as geomorphological risk, the presence of the rail link and aspects related to fire risk. After analyzing the constraints, the line was defined, dividing it into two separate sections. In the first section, three possible hypotheses were analyzed to evaluate different positions of the departure station, with the position of the supports very constrained. In the second section, the choice was freer and it was a question of designing a system with common aspects with the mountain environment. Last but not least, it has been found a possible solution for on-line rescue, which given the peculiar location of the system, needs an in-depth study.

A detail regarding the sustainability of the system itself in comparison with traditional transport systems is integrated into the project.

## Indice

Sommario.....	3
Abstract.....	5
Indice .....	7
Indice delle figure.....	13
Indice delle tabelle.....	17
1. Introduzione .....	18
2. Stato dell'arte: impianti per il superamento del dislivello.....	21
2.1. Sistemi tradizionali per il superamento del dislivello.....	21
2.1.1. Ascensori verticali e inclinati .....	21
2.1.2. Ferrovia a cremagliera.....	21
2.1.3. Funicolare.....	22
2.1.4. Automated People Mover (APM).....	22
2.2. APM a fune (Cable Automated People Mover o CAPM).....	23
2.2.1. Sistema APM ibrido: Cable Smart (Dimensione Ingegnerie Srls) .....	24
2.2.2. CAPM: alcuni esempi pratici nel mondo .....	27
2.2.2.1. Metrocable (Medellin, Colombia).....	28
2.2.2.2. Mi Teleferico, impianto di La Paz-El Alto (Bolivia) .....	30
2.2.2.3. Emirates Air Line (London, United Kingdom).....	31
2.3. Letteratura Tecnico-Scientifica.....	32
3. Inquadramento geografico del territorio.....	37
3.1. Tre punti focali del territorio in analisi.....	38

## Indice

---

3.1.1.	Il porto di Genova.....	38
3.1.2.	Il quartiere Lagaccio .....	40
3.1.3.	Il sistema dei forti: Forte Begato .....	43
3.2.	Impianti per il superamento del dislivello genovesi .....	45
3.2.1.	Gli impianti “urbani speciali” per il TPL a fune e cremagliera .....	45
3.2.2.	Funicolare Sant’Anna .....	46
3.2.3.	Funicolare Zecca- Righi.....	49
3.2.4.	Principe-Granarolo .....	52
3.2.5.	Ascensori verticali e inclinati .....	54
3.2.5.1.	Ascensore di Quezzi .....	55
3.2.5.2.	Ascensore di Villa Scassi.....	56
3.2.5.3.	Impianto misto ascensore/funicolare: Montegalletto ..	58
4.	Dati sulla domanda.....	62
5.	Inquadramento caso studio .....	63
5.1.	La scelta progettuale: Cable Smart .....	65
5.2.	Normativa di riferimento.....	69
6.	Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato .....	70
6.1.	Vincoli territoriali.....	70
6.1.1.	Rischio Geomorfologico.....	70
6.1.2.	Rio Lagaccio.....	70
6.1.3.	Metropolitana .....	71
6.1.4.	Ferrovia e ponte protettore.....	72
6.1.5.	Aspetti legati al rischio incendio .....	73



---

6.2.	Definizione del tracciato plano-altimetrico.....	76
6.2.1.	Posizionamento delle stazioni e sostegni .....	76
6.2.1.1.	Tronco 1 - " <i>Piazza Principe – Lagaccio</i> " – Posizione stazioni .....	78
6.2.1.2.	Tronco 1 - " <i>Piazza Principe – Lagaccio</i> " - Sostegni critici della linea.....	81
6.2.1.3.	Tronco 2 - " <i>Lagaccio – Begato</i> " - Posizione stazioni e sostegni critici della linea .....	86
6.3.	Caratteristiche tecniche generali dell'impianto .....	89
6.3.1.	" <i>Piazza Principe – Lagaccio</i> " - Ipotesi I – " <i>Principe sotterranea</i> " .....	89
6.3.2.	" <i>Piazza Principe – Lagaccio</i> " - Ipotesi II – " <i>Hennebique</i> " .....	90
6.3.3.	" <i>Piazza Principe – Lagaccio</i> " - Ipotesi III – " <i>Mare</i> " .....	91
6.3.4.	" <i>Lagaccio – Begato</i> " .....	92
6.4.	Descrizione generale delle caratteristiche dell'impianto .....	93
6.4.1.	Velocità di esercizio .....	95
6.4.2.	Sostegni di linea .....	96
6.4.3.	Trasporto materiale .....	99
6.5.	Calcoli di linea .....	100
6.5.1.	" <i>Piazza Principe – Lagaccio</i> " - Ipotesi I – " <i>Principe sotterranea</i> " .....	101
6.5.1.1.	Geometria della linea.....	101
6.5.1.2.	Verifica normale .....	103
6.5.1.3.	Parametri significativi agli effetti delle norme .....	104

6.5.2. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi II – “Hennebique” ....	105
6.5.2.1. Geometria della linea.....	105
6.5.2.2. Verifica Normale .....	107
6.5.2.3. Parametri significativi agli effetti delle norme .....	108
6.5.3. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi III – “Mare” .....	109
6.5.3.1. Geometria della linea.....	109
6.5.3.2. Verifica normale .....	111
6.5.3.3. Parametri significativi agli effetti delle norme .....	112
6.5.4. “Lagaccio – Begato” .....	113
6.5.4.1. Geometria della linea.....	113
6.5.4.2. Verifica normale .....	115
6.5.4.3. Parametri significativi agli effetti delle norme .....	117
6.6. Intervia e franchi laterali.....	118
6.6.1. Analisi del vento di esercizio .....	118
6.6.2. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi I – “Principe sotterranea” - Verifica intervia in linea (tra le campate) .....	118
6.6.3. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi I – “Principe sotterranea” - Verifica intervia in linea (in corrispondenza del sostegno)..	119
6.6.4. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi II – “Hennebique” - Verifica intervia in linea (tra le campate) .....	119
6.6.5. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi II – “Hennebique” - Verifica intervia in linea (in corrispondenza del sostegno).....	120
6.6.6. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi III – “Mare” - Verifica intervia in linea (tra le campate) .....	121



## Indice

---

6.6.7. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi III – “Mare” - Verifica intervia in linea (in corrispondenza del sostegno).....	121
6.6.8. “Lagaccio – Begato” - Verifica intervvia in linea (tra le campate) .. .....	122
6.7. Altezze dei veicoli dal suolo.....	123
6.7.1. Altezze minime .....	123
6.7.1.1. Principe - Lagaccio .....	123
6.7.1.2. Lagaccio – Begato .....	123
6.7.2. Altezze massime .....	124
6.7.2.1. Principe - Lagaccio .....	124
6.7.2.2. Lagaccio - Begato.....	124
6.8. Operazioni soccorso.....	125
6.8.1. Organizzazione .....	125
6.8.2. Principe - Lagaccio.....	125
6.8.3. Lagaccio - Begato .....	127
6.9. Modalità operative.....	128
6.10. Sostenibilità, risorse energetiche e mobilità negli scenari futuri.	129
6.10.1. Genova - Focus sul Patto per lo sviluppo della città .....	130
6.10.2. <i>Triple Bottom Line (People – Planet - Profit)</i> .....	130
6.10.2.1. <i>People</i> .....	131
6.10.2.2. <i>Planet</i> .....	131
6.10.2.3. <i>Profit</i> .....	132
7. Conclusioni .....	133

## Indice

---

8. Bibliografia.....	135
9. Sitografia.....	137
Appendice A: Definizione profili altimetrici.....	138
Importazione modello DTM e DSM e referenziazione nel corretto datum nel software QGIS per estrazione profilo altimetrico.....	138
Definizione layer vettore con profilo planimetrico.....	139
Utilizzo del plugin qProf .....	139
Appendice B: Verifiche di linea.....	142
Ipotesi I – Principe sotterranea .....	142
Ipotesi II - Hennebique.....	157
Ipotesi III – Mare .....	171
Tronco 2 – Forte Begato.....	185
Appendice C: Tavole.....	202

## Indice delle figure

Fig. 2-1 - Cablesmart - Monorotaia.....	24
Fig. 2-2 - Veicolo Cablesmart con il sistema di sospensione a doppia fune portante-traente.....	25
Fig. 2-3 - Il veicolo Cablesmart, viste con ipotetici ingombri per trasporto bicicletta.....	26
Fig. 2-4 Schema del sistema funiviario con doppia fune portante-traente. Fonte: Affatato, Mauro et al., 2015. “Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico.” Ingegneria Ferroviaria .....	27
Fig. 2-5 - Una parte della linea C-APM Metrocable.....	28
Fig. 2-6 - Una vista sul sorvolo sul territorio pedemontano di Medellín con il sistema Metrocable .....	28
Fig. 2-7 - Il sistema intermodale Metro de Medellín.....	29
Fig. 2-8 - La Paz–El Alto la linea C-APM attuale e futura. Fonte: <a href="http://www.miteleferico.bo">www.miteleferico.bo</a> . .....	30
Fig. 2-9 – La linea Rossa dell’impianto La Paz-El Alto .....	30
Fig. 2-10 - La stazione della zona Greenwich Peninsula.....	31
Fig. 2-11 - Consumo energetico specifico del sistema CableSmart. Fonte: Affatato, Mauro et al., 2015. “Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico.” Ingegneria Ferroviaria .....	33
Fig. 2-12 - Emissioni di CO2 di CableSmart paragonate ad altre modalità di trasporto per lo stesso carico veicolo. Fonte: Affatato, Mauro et al., 2015. “Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico.” Ingegneria Ferroviaria .....	34



---

Fig. 2-13 - La vista da telecamera termica delle rulliere, utilizzata per evidenziare variazioni di temperatura tra i rulli. Fonte: Mattia, Navone et al., 2017. "Cable driven Automated People Movers for urban applications: modelling the roller for investigating energy consumption / Impianti automatici con trazione a fune per trasporti urbani: modellazione dei rulli per la verifica del consumo energetico." In: INGEGNERIA FERROVIARIA, pp. - ISSN: 0020-0956.....	35
Fig. 2-14 L'influenza della differenza nelle superfici nell'ottimizzazione di posizione e altezza dei sostegni intermedi dell'impianto studiato da Lagerev in "Design of Passenger Aerial Ropeway for Urban Environments".....	36
Fig. 3-1 - Localizzazione territorio.....	37
Fig. 3-2 - Traffico passeggeri crociere 2009 – 2019 a destra è riportato l'andamento crescente del traffico .....	39
Fig. 3-3 - Il bacino artificiale del Lagaccio prima della sua dismissione negli Anni '70 .....	40
Fig. 3-4 - Il campo polisportivo "Felice Ceravolo" in sostituzione del bacino artificiale – (Google Earth Pro).....	41
Fig. 3-5 - Comune di Genova, Ire, Land Italia - Progetto Definitivo Ex Caserma Gavoglio .....	42
Fig. 3-6 - Comune di Genova, estratto Piano di Valorizzazione dei forti.....	43
Fig. 3-7 - Mappa Impianti Speciali di Genova (fonte:" <a href="https://www.amt.genova.it/">https://www.amt.genova.it/</a> ").....	45
Fig. 3-8 - Tracciato funicolare Sant'Anna .....	46
Fig. 3-9 - Il sistema di azionamento ad acqua.....	47
Fig. 3-10 - Tracciato funicolare Zecca-Righi.....	49
Fig. 3-11 - Funicolare Zecca-Righi storica .....	50
Fig. 3-12 – A sinistra le stazioni attuali della funicolare Zecca – Righi; a destra l'attuale impianto in esercizio (fonte AMT GENOVA) .....	51
Fig. 3-13 - Ferrovia a cremagliera Granarolo (fonte AMT GENOVA).....	52
Fig. 3-14 - Impianti Speciali - Dati tecnici degli ascensori verticali e inclinati....	54



## Indice delle figure

---

Fig. 3-15 – Ascensore Quezzi nel tratto inclinato iniziale .....	55
Fig. 3-16 – Cabina dell’ascensore Villa Scassi, dettaglio nel tratto orizzontale in galleria .....	57
Fig. 3-17 - Cabine nel trasbordo orizzontale-verticale (fonte amt.genova.com). 59	
Fig. 3-18 - La singola cabina con il sistema di trazione a pneumatici .....	60
Fig. 6-1 - Rischio geomorfologico della zona interessata all'intervento (P.d.B. rilievo regionale - Rischio Geomorfologico ed Idrogeologico <a href="https://geoportal.regione.liguria.it/">https://geoportal.regione.liguria.it/</a> ).....	70
Fig. 6-2 - Fascia d’inedificabilità (Tratteggiata) e rischio geomorfologico del rio Lagaccio nei pressi della ex caserma Gavoglio. I sostegni rappresentati nei vari colori rappresentano le possibili ipotesi di tracciato. ....	71
Fig. 6-3 - Gallerie di linea metropolitana e ferrovia.....	71
Fig. 6-4 - Passante ferroviario di Principe e ponte protettore.....	72
Fig. 6-5 - Vista planimetrica del tracciato con le tre ipotesi di partenza.....	79
Fig. 6-6 - Ortofoto con incrocio della linea nella posizione della stazione intermedia .....	80
Fig. 6-7 Possibili soluzioni per il posizionamento della stazione di valle .....	80
Fig. 6-8 - La posizione della stazione di valle, evidenziati gli elementi d'interesse nella zona circostante .....	82
Fig. 6-9 – Dettaglio sulla caserma Gavoglio, nella zona del Lagaccio, in prossimità della stazione intermedia.....	83
Fig. 6-10 - Edificio in via Bari accanto al centro polisportivo.....	86
Fig. 6-11 - La stazione di monte nei pressi del Forte Begato .....	87
Fig. 6-12 - Schematizzazione dei servizi della stazione di monte.....	88
Fig. 6-13 - Uno dei sostegni in linea dell'impianto Skyway Monte Bianco, di altezza 100m.....	96
Fig. 6-14 - La cabinovia Emirates Air Line di Londra ( <a href="https://www.burohappold.com/projects/emirates-air-line/">https://www.burohappold.com/projects/emirates-air-line/</a> ; <a href="https://expedition.uk.com/projects/london-cable-car/">https://expedition.uk.com/projects/london-cable-car/</a> ) .....	97



---

Fig. 6-15 - Sostegno tipo della linea Genova - Struttura in acciaio .....	98
Fig. 6-16 - Profilo di linea - Tronco 1 - Ipotesi I - Principe sotterranea .....	102
Fig. 6-17 - Profilo di linea - Tronco 1 - Ipotesi II - Hennebique.....	106
Fig. 6-18 - Profilo di linea - Tronco 1 - Ipotesi III - Mare.....	110
Fig. 6-19 - Profilo di linea - Tronco 2 - Forte Begato .....	114
Fig. 6-20 - Sistema di soccorso con linea di recupero .....	126
Fig. 6-21 - Soccorso di tipo tradizionale montano su una telecabina .....	127
Fig. 6-22 - I 17 obiettivi globali per lo sviluppo sostenibile concordati dall'Organizzazione delle Nazioni Unite .....	129
Fig. 6-23 - Il "Triple bottom line" (o Triplice Approccio) per uno sviluppo sostenibile.....	130
Fig. 9-1 -Una porzione di DTM e DSM di Genova, dell'area del porto di Genova, inseriti e referenziati nel software QGIS.....	138
Fig. 9-2 - Definizione di un tracciato per l'estrazione dei dati di altimetria.....	139
Fig. 9-3 - L'interfaccia del plugin qProf .....	139
Fig. 9-4 - Il risultato dell'estrazione dati dal software qProf. ....	140
Fig. 9-5 - Estrazione dati dal plugin qProf in formato CSV .....	140
Fig. 9-6 - Foglio di calcolo per importazione coordinate in AutoCAD .....	141
Fig. 9-7 - Il profilo pre e post elaborazione su AutoCAD .....	141



## **Indice delle tabelle**

Tabella 3-1 - Caratteristiche terminal portuale passeggeri dell'area di Genova.	39
Tabella 3-2 - Dati tecnici funicolare Sant'Anna .....	48
Tabella 3-3 - Dati tecnici funicolare Zecca-Righi.....	51
Tabella 3-4 - Dati tecnici ferrovia a cremagliera Granarolo.....	53
Tabella 3-5 - Dati tecnici ascensore Quezzi (fonte dati AMT Genova) .....	56
Tabella 3-6 - Dati tecnici ascensore Villa Scassi.....	57
Tabella 3-7 - Caratteristiche galleria e pozzo ascensore Castello D'Albertis - Montegalletto.....	58
Tabella 3-8 - Dati tecnici ascensore Castello D'Albertis - Montegalletto .....	61
Tabella 6-1 - Sostegni di altezza elevata .....	74
Tabella 6-2 - Tipologie di forme dei sostegni differenziate per le varie ipotesi .	94
Tabella 6-3 - Parametri significativi – Ipotesi I.....	104
Tabella 6-4 - Parametri significativi – Ipotesi II.....	108
Tabella 6-5 - Parametri significativi – Ipotesi III .....	112
Tabella 6-6 - Parametri significativi – Tronco 2.....	117
Tabella 6-7 - Tronco 1 - Ipotesi I - Verifica intervvia in linea .....	118
Tabella 6-8 - Tronco 1 - Ipotesi II - Verifica intervvia in linea .....	120
Tabella 6-9 – Tronco 1 - Ipotesi III - Verifica intervvia in linea .....	121
Tabella 6-10 - Tronco 2 - Verifica intervvia in linea .....	122



## 1. Introduzione

Le città sono nate per unire le persone e fin dall'antichità le infrastrutture e i veicoli transitanti su di esse hanno sempre avuto un ruolo fondamentale per poter movimentare in maniera efficace individui e merci. La crescita di ogni civiltà è sempre stata accompagnata da un buon sistema di infrastrutture, come per esempio i Romani che per scopi militari, politici e commerciali costruirono grandi strade lunghe e dritte, inizialmente essenziali per la crescita dell'Impero e successivamente estese al movimento di merci e persone.

Nel passato più recente, soprattutto a seguito della nascita della ferrovia e successivamente dei veicoli a motore, le infrastrutture hanno avuto un grande sviluppo fino ad arrivare alle moderne autostrade e linee ferroviarie ad alta velocità. Il mondo però, in termini di trasporto e non solo, sta cambiando sempre più velocemente, stiamo diventando ricchi in termini di denaro, ma impoveriti di tempo. I problemi dei mezzi di trasporto sono gli stessi del passato come congestione, inquinamento, incidenti, deficit finanziari e accessibilità ai servizi per i più poveri. Una delle soluzioni può essere ricercata ripensando i sistemi di trasporto rendendoli più a misura d'uomo.

Rispetto a questi presupposti, vi sono vari studi scientifici che negli inizi del XXI secolo hanno messo in luce il problema legato prevalentemente all'utilizzo di combustibili fossili e di conseguenza sono nati vari progetti per limitare emissioni di gas a effetto serra risultanti dal loro utilizzo. In particolare, l'Unione Europea si è posta come obiettivo la progressiva riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra fino al 2050, oltre che la direttiva 2008/50/CE sulla qualità dell'aria ambiente per un'aria più pulita in Europa.



In questo panorama, si posizionano molto bene gli Automated People Mover (APM) poiché si tratta di sistemi di trasporto ad automazione integrale che operano su sede fissa, con i veicoli movimentati da una o più funi in acciaio. È caratterizzato da veicoli che operano su vie di transito riservate con pendenza e tortuosità variabile, in particolare quando si tratta di un APM a fune si possono ottenere velocità lungo alla linea fino a 12 m/s per servizi a navetta, altrimenti 6 o 7 m/s. Questa velocità deve poter essere annullata nelle stazioni, per consentire ai passeggeri “lenti” di accedere o uscire dal mezzo. Questi impianti permettono un elevato livello di automazione, che consente intervalli tra i veicoli molto brevi, che possono variare durante le fasi di esercizio, in maniera da ottimizzare i flussi dei veicoli per soddisfare al meglio la domanda di mobilità giornaliera. Considerando questi elementi e il supporto delle linee guida sulla progettazione di sistemi APM si può progettare soluzioni innovative di trasporto pubblico con il fine di ridurre il consumo di energia nei trasporti.

La città di Genova, per la sua peculiare conformazione orografica, ha avuto uno sviluppo della mobilità in molteplici vie. Storicamente lo sviluppo urbanistico della città è partito attraverso il commercio via mare con la presenza del porto di Genova che è tuttora uno dei maggiori porti del Mediterraneo. Negli anni dell’età moderna la città amplia i suoi mezzi e infrastrutture di trasporto al passo con i tempi. Introduce ferrovie, strade, metropolitana e vista la sua particolare configurazione pedemontana, anche sistemi di trasporto classificati come “impianti speciali”: ascensori, ascensori inclinati, ferrovie a cremagliera e funicolari. La presenza di questi dislivelli, anche marcati in talune occasioni, fa sì che questi impianti non siano relegati solo ad alcune zone, ma distribuiti in varie parti della città. La risposta cittadina a questo tipo di impianti è stata decisamente positiva, tanto che negli anni sono stati rivisti i progetti esistenti in maniera da rendere i servizi fruibili a un’estesa fascia di popolazione.



## Introduzione

---

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di analizzare le possibili alternative progettuali, con sistemi di trasporto per il superamento dei dislivelli esistenti e, una volta selezionato il migliore rispetto a requisiti di tipo territoriale, orografico ed energetico, concretizzare alcune possibili ipotesi progettuali per la realizzazione del sistema di trasporto urbano nella città di Genova, per mezzo dell'impianto selezionato.

Il collegamento da realizzare tratta di un servizio di trasporto pubblico a doppia valenza, urbana e turistica, per collegare la zona della stazione marittima di Genova con il forte Begato attraverso il quartiere Lagaccio.

Il presente lavoro di tesi nasce dall'attività svolta presso l'azienda Dimensione Ingegnerie SRL a Torino.



## **2. Stato dell'arte: impianti per il superamento del dislivello**

### **2.1. Sistemi tradizionali per il superamento del dislivello**

#### **2.1.1. Ascensori verticali e inclinati**

Un ascensore in generale è un veicolo che si muove in verticale o, in determinati casi negli ascensori inclinati, su un piano a pendenza costante. L'ascensore inclinato ha la massima resa in tratti a pendenza costante e di ridotto sviluppo lineare. In generale il sistema di trasporto ascensore è un sistema alimentato da un motore elettrico e da un contrappeso connesso al veicolo (o cabina) tramite una o più funi che passano attraverso una o più pulegge. L'alto livello di automazione permette lo svolgimento dell'esercizio senza la supervisione di un operatore specializzato. Il completo sviluppo tecnologico ha permesso di sviluppare una serie di norme che sono state assunte dall'intera Unione Europea, rendendole così norme armonizzate. Di norma la portata oraria di questo sistema può essere definita intorno ai 400-600 passeggeri/ora valore che dipende da lunghezza del tracciato, dimensioni della cabina e dalla velocità di esercizio.

#### **2.1.2. Ferrovia a cremagliera**

La ferrovia a cremagliera è un sistema di trazione ferroviaria dotato di una terza rotaia dentata, detta cremagliera, su cui ingranano i denti di una ruota applicata alla vettura. Il sistema è a tutti gli effetti un sistema ferroviario al quale, in mancanza di condizioni di aderenza, può essere innestata la cremagliera per superare le pendenze che non potrebbero altresì essere superate con il solo contatto ruota-rotaia. La ferrovia a



cremagliera pur sorpassando i limiti dei sistemi ferroviari canonici, continua ad avere un limite sulla pendenza, che si aggira intorno al 45% (il record attuale è detenuto dall'impianto Pilatusbahn in Svizzera).

Di norma la portata oraria di questo sistema può essere definita intorno ai 1000 passeggeri/ora valore che dipende da lunghezza del tracciato, dimensioni della cabina e dalla velocità di esercizio.

### **2.1.3. Funicolare**

La funicolare è un mezzo di trasporto terrestre, di persone o materiali, che trova applicazioni su terreni generalmente a forte pendenza, normalmente in regime di servizio o trasporto pubblico. È caratterizzata dall'utilizzo di una fune come organo di trazione, in quanto il moto dei veicoli non potrebbe essere garantito attraverso la sola aderenza naturale delle ruote sulla via di corsa, vie di corsa che sono generalmente costituite da binari di tipo ferroviario oppure da particolari guide, metalliche o di altri materiali. Generalmente il servizio viene realizzato in modalità "va e vieni", i veicoli quindi si scambiano in un punto intermedio in maniera da mantenere la sede ridotta in dimensioni. Di norma la portata oraria di questo sistema può essere definita dai 500 a 3000 passeggeri/ora in base a lunghezza del tracciato, dimensioni della cabina e dalla velocità di esercizio.

### **2.1.4. Automated People Mover (APM)**

I sistemi innovativi di trasporto differiscono in parte o totalmente dagli impianti tradizionali per il trasporto di persone, dove usualmente si utilizzano le affermate tecnologie principalmente di derivazione ferroviaria o stradale. In questa categoria si inseriscono gli Automated People Mover o APM che soddisfano una domanda di trasporto che può



essere contenuta tra i 2.000 e 8.000 passeggeri all'ora per direzione di marcia, paragonabile a sistemi quali tram, metropolitana leggera.

## **2.2. APM a fune (Cable Automated People Mover o CAPM)**

Gli impianti CAPM sono caratterizzati dalla presenza di trazione a fune, con cabine o veicoli, con presenza di stazioni nelle quali è necessario che il veicolo si fermi o proceda a velocità limitata in maniera da consentire salita e discesa dei passeggeri. In particolare, si ha che la sosta del veicolo non debba influenzare l'esercizio dei veicoli in linea, di conseguenza la scelta dell'ammorsamento ricade sul tipo temporaneo o automatico.

La presenza di una o più funi che forniscono la trazione, e non un sistema che fornisca trazione alle ruote, fa superare i problemi legati all'aderenza che si presentano sui sistemi terrestri, con particolare riguardo verso i sistemi con contatto ferro-ferro.

La potenzialità del sistema può essere incrementata aumentando i veicoli in linea, sistema ispirato agli impianti sciistici di tipo montano. Si ha un distanziamento minimo, tale da garantire un veicolo per volta in stazione, in maniera da evitare collisioni accidentali.

I sistemi di CAPM hanno un vantaggio rispetto ai sistemi di trasporto tradizionali, la loro applicazione è normalmente posizionata in territori con presenza di pendenza (ma non obbligatoriamente), questa pendenza genera un effetto di bilanciamento tra i veicoli in linea che salgono e scendono, consentendo così un notevole risparmio energetico.

Inoltre, si può ottenere un basso costo del Life Cycle Cost dell'impianto grazie all'applicazione di un singolo motore per la fune



traente che trasporta più veicoli, per cui si ha l'assenza sui singoli veicoli di sistemi di propulsione, trasmissione e frenata che normalmente sono presenti su veicoli con propulsione propria. In generale per la trazione si utilizzano motori elettrici che hanno una maggiore efficienza in termini tank-to-wheel, rispetto ad un motore a combustione interna dei sistemi tradizionali, si parla di un rendimento di circa 90% contro il 30% del sistema tradizionale. Si ha quindi un contributo nelle riduzioni delle emissioni nocive in atmosfera, soluzione utile per limitare la diretta dipendenza dei trasporti dal petrolio, l'energia elettrica si può produrre utilizzando fonti rinnovabili.

### 2.2.1. Sistema APM ibrido: Cable Smart (Dimensione Ingegnerie Srls)

Il sistema Cablesmart è un sistema misto fune – monorotaia e nasce in risposta alle esigenze di mobilità urbana sempre più crescenti, permettendo la realizzazione di sistemi a rete con nodi di interconnessione. È caratterizzato dal fatto di avere tratte di linea

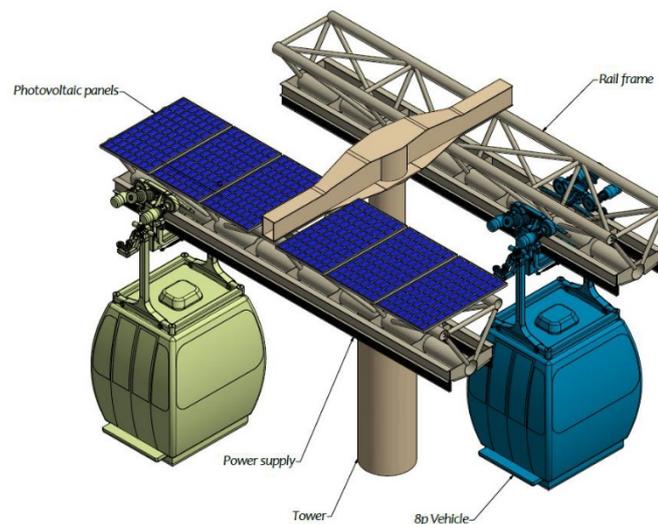


Fig. 2-1 - Cablesmart - Monorotaia



## Stato dell'arte: impianti per il superamento del dislivello - APM a fune (Cable Automated People Mover o CAPM)

funiviaria rettilinee e tratte di linea su rotaia con curve aventi raggio minimo di 2,3 metri. Il sistema, su base funiviaria, possiede e mantiene tutte le caratteristiche degli impianti funiviari, quali superamento di pendenze fino al 100%, distanza tra i sostegni di linea di svariate centinaia di metri e sorvolo di aree complesse o critiche ad altezza di svariate decine di metri. Nel progetto Cablesmart vi è presente un'attenzione agli aspetti legati alla riduzione dei consumi energetici e all'impatto sul territorio mantenendo però una capacità di trasporto elevata, che può arrivare alle 5.000 persone/ora per senso di marcia. Sia sulle stazioni che sulle travi di supporto delle rotaie di scorrimento, è prevista l'installazione di pannelli fotovoltaici, in maniera tale da contribuire al fabbisogno energetico dell'impianto.

Per quanto riguarda gli aspetti funiviari, è stata scelta la tecnologia a doppia fune portante traente perché fornisce la massima stabilità al vento trasversale in tutte le condizioni di esercizio e permette la stabilizzazione del veicolo al passaggio sulle rulliere di linea ed in ingresso stazione,

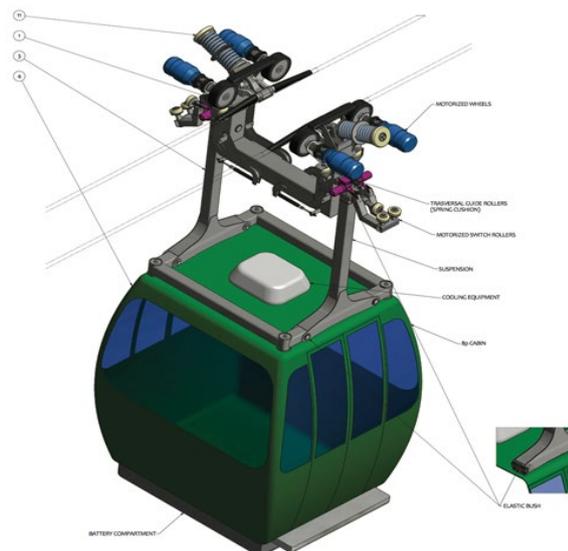
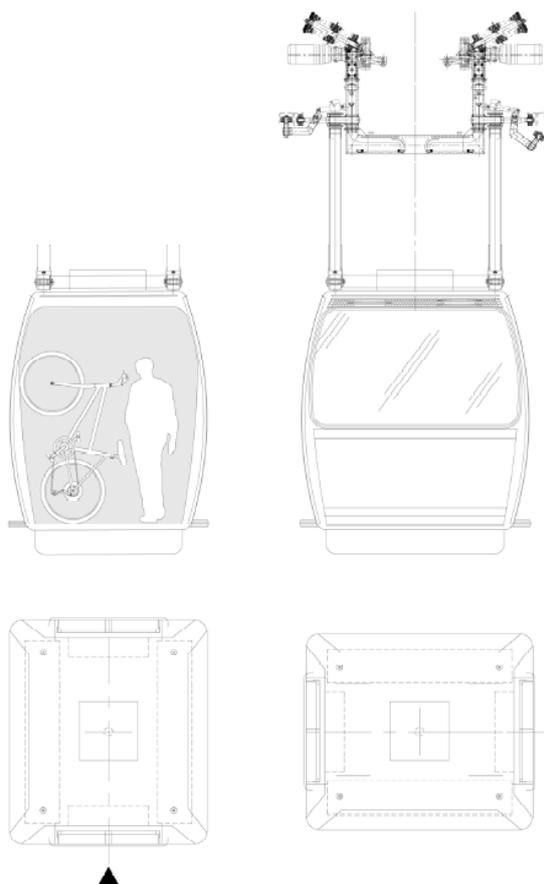


Fig. 2-2 - Veicolo Cablesmart con il sistema di sospensione a doppia fune portante-traente



## Stato dell'arte: impianti per il superamento del dislivello - APM a fune (Cable Automated People Mover o CAPM)

consentendo l'esercizio in ogni condizione atmosferica a velocità che possono raggiungere e superare i 6 metri al secondo. Tale scelta, permette la concezione e realizzazione di rulliere di linea insensibili a guasti o perdita di singoli rulli e l'adozione di rulli con durata degli elementi di consumo (guarnizioni in gomma e cuscinetti) molto maggiori rispetto a quelli tradizionali e con rendimento energetico sensibilmente migliore. Questo fa sì che il sistema sia in grado di rispondere adeguatamente alle esigenze del trasporto urbano, dove sono richieste mediamente 5.000 ore/anno di funzionamento, rispetto alle 1.500 ore/anno del trasporto turistico montano.



*Fig. 2-3 - Il veicolo Cablesmart, viste con ipotetici ingombri per trasporto bicicletta*



## Stato dell'arte: impianti per il superamento del dislivello - APM a fune (Cable Automated People Mover o CAPM)

Per il resto i criteri costruttivi delle morse dell'argano dei sistemi di tensione e dei sostegni riproducono quelli dei sistemi a fune tradizionali.

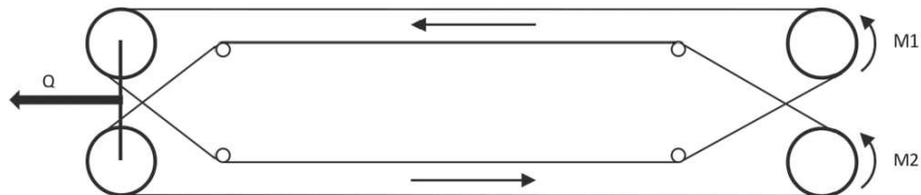


Fig. 2-4 Schema del sistema funiviario con doppia fune portante-traente. Fonte: Affatato, Mauro et al., 2015. "Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico." *Ingegneria Ferroviaria*

Le stazioni sono concepite in maniera tale da agevolare l'utilizzo dell'impianto da parte di tutti gli utenti, compresi quelli a mobilità ridotta. Sono quindi previste aree di imbarco e sbarco simili a quelle degli ascensori verticali dove la porta al piano e la porta veicolo sono allineate tra loro e consentono l'accesso a veicolo fermo, con piano imbarco e piano veicolo allineati e con minima distanza tra banchina e cabina.

### 2.2.2. CAPM: alcuni esempi pratici nel mondo

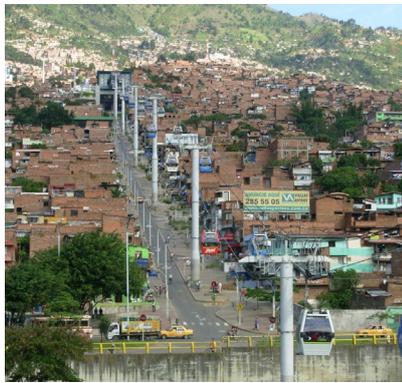
I seguenti sistemi sono applicazioni da diretta derivazione funiviaria in ambito urbano, realizzati in diversi paesi con differenti realtà, ma con lo stesso obiettivo: la riqualifica di zone o intere città attraverso l'inserimento di infrastrutture con sistemi di trasporto a fune e un basso impatto ambientale e la connessione ambivalente, turistica e di trasporto pubblico.



## Stato dell'arte: impianti per il superamento del dislivello - APM a fune (Cable Automated People Mover o CAPM)

### 2.2.2.1. Metrocable (Medellin, Colombia)

L'applicazione della tecnologia di CAPM nella città di Medellin è stata semplice, veloce, economica e sostenibile, principalmente per il basso livello di alterazione del territorio. In particolar modo è stata una scelta che ha determinato un'eliminazione delle "barriere" generate dal degrado dell'urbanizzazione, dalla densificazione e dalla topografia del territorio stesso, riuscendo a connettere e integrare le aree più problematiche della città. Dal punto di vista economico-ambientale il progetto ha contribuito a ridurre le emissioni di CO2 e gli altri gas a effetto serra prodotti dai vecchi autobus che circolavano nelle aree interessate. A seguito delle misure adottate si è notato un effetto di migliore accessibilità e qualità del servizio di trasporto offerto, considerando che il nuovo impianto ha permesso di abbattere il tempo di viaggio dalla periferia al centro città da due ore a sette minuti.



*Fig. 2-5 - Una parte della linea C-APM  
Metrocable*



*Fig. 2-6 - Una vista sul sorvolo sul territorio  
pedemontano di Medellin con il sistema Metrocable*



## Stato dell'arte: impianti per il superamento del dislivello - APM a fune (Cable Automated People Mover o CAPM)

Il sistema è stato integrato, nell'ottica del trasporto intermodale, nel già esistente sistema di trasporto metropolitano di Medellín (Metro de Medellín), che comprende due linee metropolitane, una tramvia, tre linee di autobus e 6 linee di CAPM, ben capillari ed interconnesse (Fig. 2-7).



Fig. 2-7 - Il sistema intermodale Metro de Medellín

### 2.2.2.2. Mi Teleferico, impianto di La Paz-El Alto (Bolivia)

Nella fine del 2012 il governo della Bolivia ha reso possibile lo sviluppo di un sistema di linee CAPM che connettesse le città di La Paz ed El Alto. Il progetto è stato realizzato in diverse fasi, anche per valutarne l'effettiva attrattiva ed efficacia attraverso linee che potessero essere espandibili. Inizialmente nella prima fase si è progettato e costruito 3 delle linee che sarebbero state integrate nel complesso delle 11 linee a fine progetto. Attualmente sono in esercizio 10 delle 11 linee sviluppate e l'apertura dell'ultima linea è prevista per il 2020. Il sistema ha una portata che varia da linea a linea ma che si attesta tra i 3000 e i 4000 passeggeri/ora per direzione di marcia, con linee di lunghezza tra i 2.5 e i 5.0 chilometri e una velocità di esercizio pari a 5 m/s per la maggior parte del complesso e pari a 6 m/s per due linee.

Ad oggi il sistema La Paz-El Alto detiene il record di impianto CAPM urbano più lungo e più alto del mondo.



Fig. 2-8 - La Paz-El Alto la linea C-APM attuale e futura.  
Fonte: [www.miteleferico.bo](http://www.miteleferico.bo).

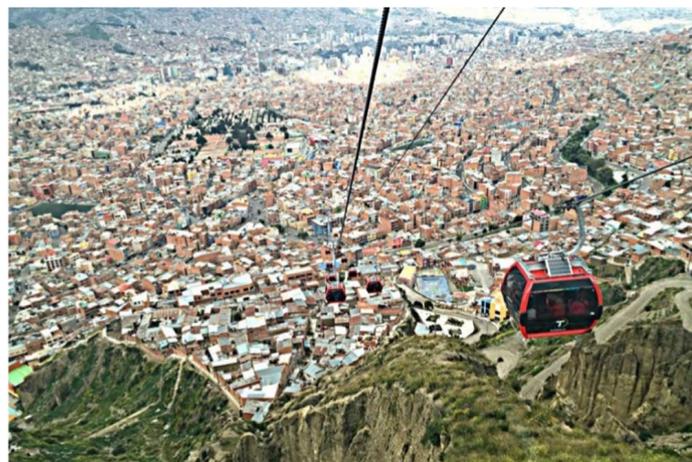


Fig. 2-9 - La linea Rossa dell'impianto La Paz-El Alto



### 2.2.2.3. Emirates Air Line (London, United Kingdom)

Il sistema CAPM Emirates Air Line di Londra, inaugurata nel 2012 è il primo sistema di trasporto innovativo applicato nella città di Londra e nell'intero Regno Unito. Il sistema nasce con doppia valenza, turistica e di trasporto urbano inserita nella rete di Trasporti per Londra (Transport for London), con uno sviluppo di circa 1100 metri e altezze di 90 metri sopra il fiume Tamigi. La linea è composta da 34 cabine ad ammortamento automatico su una fune portante-traente che proseguono ad una velocità massima di 6 m/s e ha una portata oraria di 2500 passeggeri/ora per direzione di marcia.



*Fig. 2-10 - La stazione della zona Greenwich Peninsula*

Anche in questo caso il progetto, oltre alla valenza di sistema di trasporto, ha una funzionalità di tipo riqualificativa delle zone del Royal Docks e del Greenwich Peninsula. Sono presenti due stazioni posizionate nelle due zone riqualificate, intervallate da tre sostegni in acciaio in linea.



### **2.3. Letteratura Tecnico-Scientifica**

Nella letteratura di riferimento i CAPM si individuano in diversi modi, vengono qui citati i più ricorrenti:

- ART (Aerial Ropeway Transit),
- CPT (Cable Propelled Transit)
- Cable Propelled System.

Il tema è trattato sotto diversi punti di vista, ma la scelta di trovare un sistema di trasporto che possa adattarsi al contesto urbano <sup>1</sup> <sup>2</sup> è tipicamente comune, soprattutto per i risvolti di tipo economico, sociale e di sviluppo in zone dove altre soluzioni di trasporto non erano riuscite nel loro intento di connettere correttamente il tessuto urbano con ulteriori miglioramenti nell'esperienza di passeggeri, sia turistici che del luogo.

Un altro aspetto cruciale spesso trattato è l'efficienza dal punto di vista energetico, si ritiene infatti che questi sistemi possano essere concorrenziali ad altri sistemi di tipo urbano tradizionale, quali trasporto su gomma e su ferro, specialmente in situazioni dove queste tipologie si trovano in svantaggio dal punto di vista orografico (la natura dei sistemi CAPM è di tipo funiviario, il che permette di superare pendenze elevate, anche fino al 100%).

Grazie al livello di automazione presente negli impianti CAPM, in letteratura sono presenti studi riguardo ai possibili sviluppi sul fronte

---

<sup>1</sup> Alshalalfah, B., Shalaby, A. & Dale, S., 2014. Experiences with Aerial Ropeway Transportation Systems in the Urban Environment. *Journal of Urban Planning and Development*, 140(1).

<sup>2</sup> F. Carlet, 2017, "An overview of aerial ropeway transit and its potential in urban environments," sustainable urban solution, LLC, via Santa Chiara 52/A, 10122 Torino, fanny09@vt.edu.

del consumo energetico. Tra questi vi è presente uno studio<sup>3</sup> sul risparmio energetico sviluppato con il sistema CableSmart. Il risparmio infatti è garantito in primis dalla possibilità di soddisfare la domanda di mobilità giornaliera in maniera dinamica. In secondo luogo, tramite un ambiente di simulazione, vengono monitorate le variabili in gioco nell'ambito energetico quali la potenza (alle pulegge motrici), il fattore di carico medio dei veicoli e la percentuale media di utilizzo della capacità della linea grazie alla definizione di un parametro di controllo di *consumo energetico specifico* (espresso in KWh/passeggero-km) che possa mettere a paragone i vari sistemi esistenti.

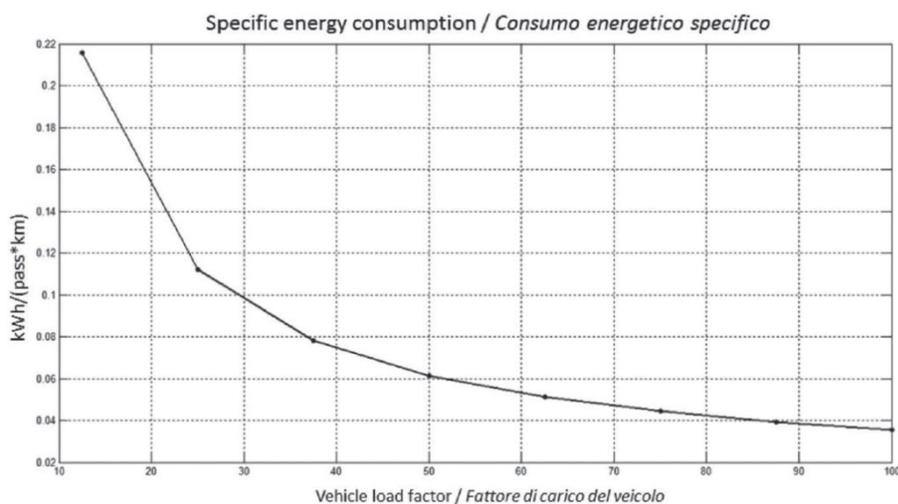


Fig. 2-11 - Consumo energetico specifico del sistema CableSmart. Fonte: Affatato, Mauro et al., 2015. "Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico." *Ingegneria Ferroviaria*

Dallo studio risulta che il sistema CableSmart ha un consumo energetico inferiore agli altri sistemi di trasporto urbani e che in generale i sistemi CAPM possano essere una soluzione adeguata ai problemi

<sup>3</sup> Affatato, Mauro et al., 2015. "Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico." *Ingegneria Ferroviaria*

legati al consumo energetico dei sistemi di trasporto tradizionali (Fig. 2-12).

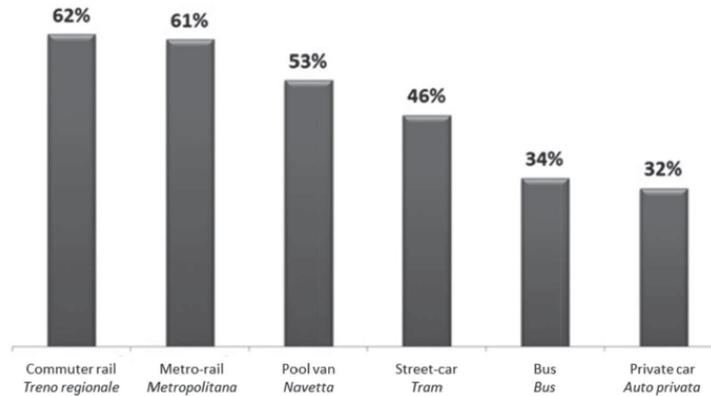


Fig. 2-12 - Emissioni di CO2 di CableSmart paragonate ad altre modalità di trasporto per lo stesso carico veicolo.

Fonte: Affatato, Mauro et al., 2015. "Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico." *Ingegneria Ferroviaria*

Affrontando il tema del consumo energetico da un altro punto di vista, in ogni sistema di trasporto basato su fune (o più funi) si hanno delle perdite di energia dovute all'interazione tra fune e rulli, in particolare sulla gomma dei rulli. In questo ambito in letteratura è presente uno studio <sup>4</sup> per poter quantificare il loro contributo, sotto forma di generazione di calore, in maniera da poterne ridurre le dissipazioni e dunque avere un effetto positivo sul bilancio energetico degli APM.

Dallo studio, sviluppato attraverso un modello termico e prove sul campo di diversi impianti (seggiovie e cabinovie) in esercizio e fuori esercizio, risulta che i sistemi di trasporto a fune sono svantaggiati dal punto di vista della valutazione energetica a causa delle restrizioni imposte dalle norme tecniche di riferimento che definiscono a favore di

---

<sup>4</sup> Mattia, Navone et al., 2017. "Cable driven Automated People Movers for urban applications: modelling the roller for investigating energy consumption / Impianti automatici con trazione a fune per trasporti urbani: modellazione dei rulli per la verifica del consumo energetico." In: *INGEGNERIA FERROVIARIA*, pp. - ISSN: 0020-0956

sicurezza le perdite associate agli attriti sulle rulliere pari al 3%, che in definitiva gli autori dello studio ritengono essere troppo cautelative e che la stima reale possa essere individuata tra l'1 e l'1.5%.

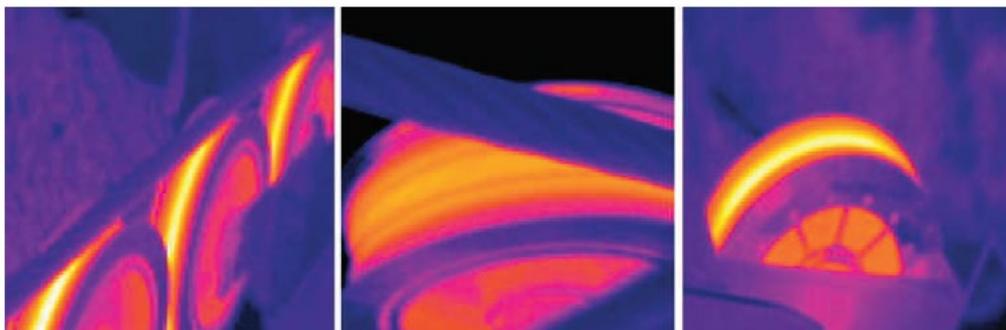


Fig. 2-13 - La vista da telecamera termica delle rulliere, utilizzata per evidenziare variazioni di temperatura tra i rulli.

Fonte: Mattia, Navone et al., 2017. "Cable driven Automated People Movers for urban applications: modelling the roller for investigating energy consumption / Impianti automatici con trazione a fune per trasporti urbani: modellazione dei rulli per la verifica del consumo energetico." In: INGEGNERIA FERROVIARIA, pp. - ISSN: 0020-0956

Vi è inoltre uno studio sull'ottimizzazione del progetto della linea trattato nell'ottica economica <sup>[5]</sup>, nel quale si individua tra le variabili che più influenzano il progetto, l'altezza dei sostegni in linea. Nello studio l'autore ha identificato una possibile relazione tra l'andamento del terreno, la scelta dell'altezza e posizione dei sostegni, che attraverso un algoritmo vengono ottimizzate nella restituzione di diverse possibili situazioni di ottimo. Queste saranno poi selezionate rispetto ad altri possibili vincoli di tipo territoriale più orientati al caso specifico. Tuttavia, l'algoritmo sviluppato dall'autore "RopewayOptimization" non è disponibile, perché protetto dall'ufficio brevetti della federazione russa (Patent Office of the Russian Federation).

---

<sup>5</sup> Lagerev, A.V., Lagerev, I.A. Design of Passenger Aerial Ropeway for Urban Environment. Urban Rail Transit 5, 17-28 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40864-018-0099-z>



## Stato dell'arte: impianti per il superamento del dislivello - Letteratura Tecnico-Scientifica

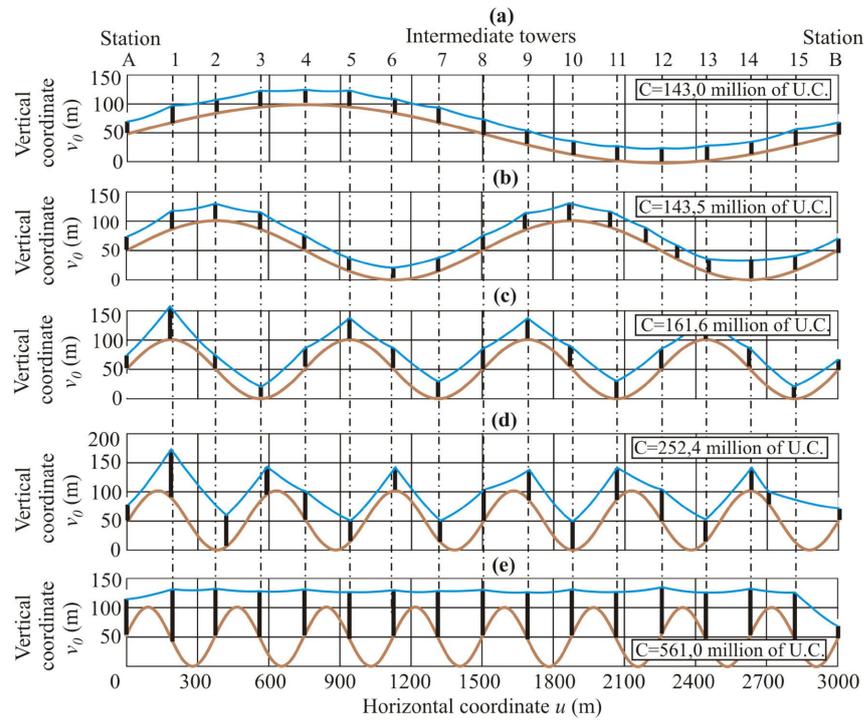


Fig. 2-14 L'influenza della differenza nelle superfici nell'ottimizzazione di posizione e altezza dei sostegni intermedi dell'impianto studiato da Lagerev in "Design of Passenger Aerial Ropeway for Urban Environments".

### 3. Inquadramento geografico del territorio

La zona in analisi si trova all'interno della Regione Liguria, al Nord-Ovest d'Italia, nella Città Metropolitana di Genova (Fig. 3-1).

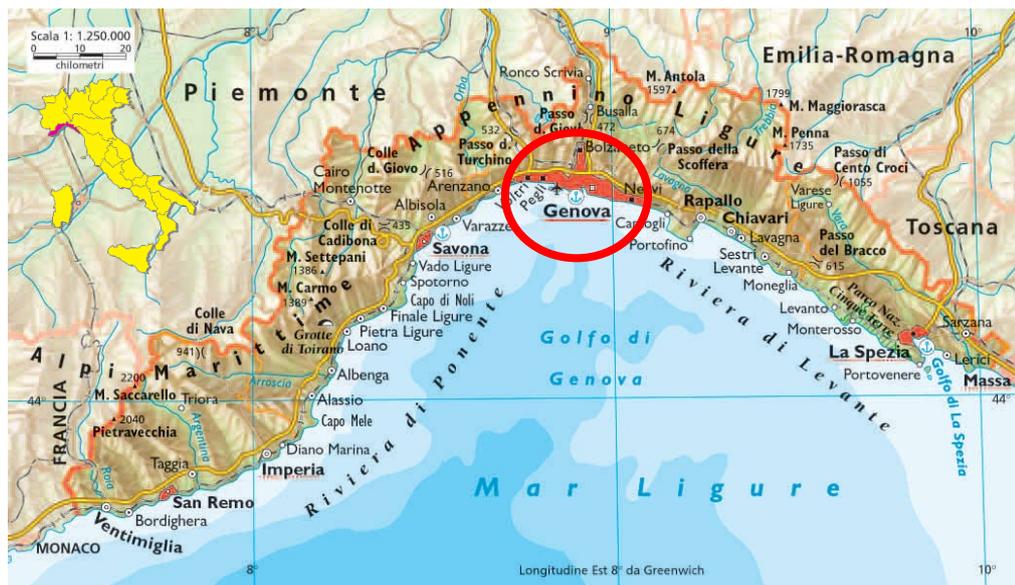


Fig. 3-1 - Localizzazione territorio

La città di Genova si trova nella parte centrale e interna del Golfo di Genova, che si affaccia sul mar Ligure. Possiede una particolare orografia dovuta alla presenza della costa e i rilievi dell'Appennino ligure. Dalle valli che si sviluppano scorrono torrenti quali il Polcevera e il Bisagno che attraversano il territorio comunale. Il carattere impermeabile del suolo e il dissesto idrogeologico che contraddistingue la zona urbana rendono irregolare il regime dei corsi d'acqua, rendono improvvise e violente le variazioni delle piene.

In particolare, lo studio si è concentrato nell'area che risiede tra la stazione marittima al Ponte dei Mille, la zona del Lagaccio e il forte Begato, ubicato in sommità del versante Est della Val Polcevera. L'approfondimento su questi tre punti è stato fatto per avere una panoramica su quelli che sono ritenuti i maggiori poli di attrazione per



la linea in maniera da poter effettuare una successiva stima approssimativa della domanda di trasporto.

### **3.1. Tre punti focali del territorio in analisi**

#### **3.1.1. Il porto di Genova**

La zona costiera del ponente del comune di Genova è fortemente urbanizzata e industrializzata, tramite la presenza del porto di Genova, uno dei porti più grandi d'Italia con un'estensione di 22 km lungo la costa e una superficie totale di 6 milioni di metri quadrati, 25 terminal attrezzati per accogliere ogni tipo di nave per ogni tipo di merce. Si denota la presenza delle stazioni marittime che sono distribuite su cinque terminal passeggeri, diversificati in traffico crocieristico e traghetti. L'area ricopre in totale 290.000 metri quadrati di superficie, con 12 accosti per circa 3.000 metri di banchine. Negli anni '90 sono stati effettuati lavori di ristrutturazione di edifici esistenti, costruzione di nuove infrastrutture e modifiche dei profili delle banchine e della viabilità interna, che hanno reso Genova uno dei principali hub sia per il traffico crociere che traghetti del mar Mediterraneo. Nel caso in analisi uno dei luoghi di interesse è la stazione marittima del Ponte dei Mille, principalmente dedicata al traffico crocieristico, a pochi metri dalla stazione ferroviaria di Piazza Principe, e distante qualche chilometro dall'Aeroporto internazionale di Genova, nonché connessa con il nodo autostradale. Il terminal crociere di Ponte dei Mille occupa una superficie di 16.000 metri quadrati circa ed è sviluppato in tre piani di altezza. Il terminal ha dimensioni adatte ad ospitare contemporaneamente due navi da crociera di ultima generazione, con una banchina di circa 340 metri di lunghezza. La città di Genova nel mercato delle crociere è un porto base tra i più utilizzati verso le destinazioni nel Mediterraneo, il Medio Oriente, il Nord Africa, l'Atlantico, il Nord Europa e le Americhe nel mercato delle crociere.



## Inquadramento geografico del territorio - Tre punti focali del territorio in analisi

<b>AREA</b>	290.000 m <sup>2</sup>
<b>STRUTTURE</b>	5 terminal passeggeri
<b>ORMEGGI</b>	12
<b>LUNGHEZZA BANCHINE</b>	3000 metri
<b>PROFONDITA'</b>	10,5 m max.
<b>DIMENSIONI MASSIME NAVI</b>	Lunghezza: nessun limite Larghezza: nessun limite
<b>ANCORAGGI</b>	Disponibili: si Rimorchiatori disponibili: si Range maree: 30 cm
<b>DISTANZE</b>	Centro città: 1 km Aeroporto: 5 km
<b>MAGGIORI ATTRAZIONI TURISTICHE</b>	Portofino Cinque Terre Acquario di Genova Centro storico di Genova (Il più grande d'Europa e fa parte dell'UNESCO World Heritage Site) Musei Serravalle Designer Outlet

Tabella 3-1 - Caratteristiche terminal portuale passeggeri dell'area di Genova

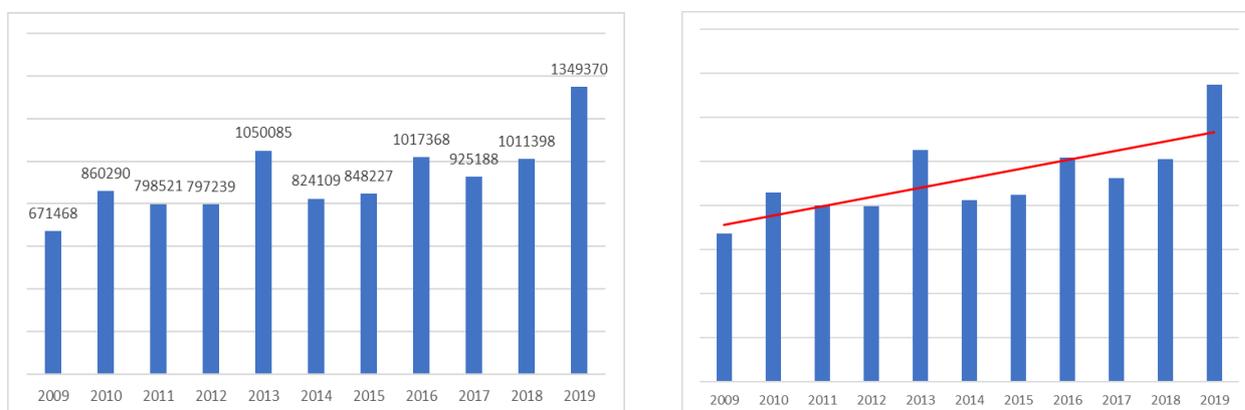


Fig. 3-2 - Traffico passeggeri crociere 2009 – 2019 a destra è riportato l'andamento crescente del traffico



### 3.1.2. Il quartiere Lagaccio

Compreso tra i quartieri di San Teodoro ad ovest, Rivarolo a nord-ovest, Oregina ad est e Prè a sud, il Lagaccio ha una popolazione di 12.303 abitanti (al 31/12/2017).



*Fig. 3-3 - Il bacino artificiale del Lagaccio prima della sua dismissione negli Anni '70*

Il Lagaccio originariamente era considerata zona esterna alla città, era il fondovalle su cui scorreva il torrente che proveniva dal monte Peralto. Il torrente, passante nella vallata a forma di V molto stretta, veniva a sfociare al centro della rientranza dove si trova il porto vecchio di Genova, che coincide attualmente con la stazione marittima, e passava accanto al palazzo del Principe ammiraglio Andrea Doria. Con la realizzazione del palazzo del Principe ottenuto dal governo della Repubblica di Genova venne sfruttata la presenza di acque piovane e sorgive della valle e nel 1539 venne costruita una diga per creare un lago artificiale alle spalle di questa reggia, per ricavare l'acqua che alimentava le fontane del parco. La villa dell'Andrea Doria si affacciava sul mare ed



arrivava fino in cima alla collina Granarolo. Il lago del lagaccio ebbe nel tempo la funzione di rifornire d'acqua numerosi macchinari della polveriera che nel 1652 era stata eretta alla sua base, successivamente ampliata nel 1835 ed infine adibita a caserma militare (Gavoglio).

Nella metà dell'800 il torrente che sorgeva dalla diga venne tombinato per la costruzione di nuovi edifici nel quartiere, al tempo ancora inesistente, dove infine sfociava nel mare all'altezza del ponte dei Mille.

Il nome lagaccio deriva dalla presenza dell'acqua, che divenne stagnante nel momento in cui questa non fu più utilizzata. In origine l'invaso del bacino artificiale aveva un'elevata profondità e l'accumulo dei detriti rendeva le acque torbide, in più il fondale non essendo praticabile rendeva impossibile ripescare qualsiasi oggetto o persona che cadesse nel fondale. Data la sua pericolosità, il lagaccio venne colmato durante gli Anni '70, dove prima c'era il lago oggi sorge un impianto polisportivo con lo stadio "Felice Ceravolo" e quello da hockey.



*Fig. 3-4 - Il campo polisportivo "Felice Ceravolo" in sostituzione del bacino artificiale – (Google Earth Pro)*

L'abitato sul fondovalle fu costruito agli inizi della seconda metà dell'Ottocento, attorno alla via del Lagaccio. Nel 1925 si inaugurò la Chiesa di San Giuseppe al Lagaccio. Nuovi abitati, caseggiati ad alta densità abitativa sorsero nel secondo dopoguerra, attorno alle strade che divennero successivamente via Bari e via Napoli.

I progetti di riqualificazione del quartiere ruotano intorno al recupero dell'area della ex caserma Gavoglio, intitolata alla memoria del sottotenente degli Alpini Carlo Gavoglio, è stata dismessa dall'esercito negli anni Novanta. La riqualificazione è derivata dalla trasformazione



Fig. 3-5 - Comune di Genova, Ire, Land Italia - Progetto Definitivo Ex Caserma Gavoglio

di questo complesso di edifici di cui la maggior parte inutilizzati o inagibili, che componevano l'antica fabbrica delle polveri (Fig. 3-5). Situata al centro del quartiere occupa complessivamente un'area di circa 75.000 m<sup>2</sup>, corrispondenti a circa un sesto dell'intera superficie urbanizzata del quartiere.

Un altro edificio di cui in futuro potrebbe essere prevista la demolizione, che con la sua presenza contribuisce nell'isolare il quartiere dal resto della città, è il complesso che ospitava gli uffici delle ferrovie, comunemente chiamato "il palazzo rosso", visibile dalla stazione di Genova Principe.

### 3.1.3. Il sistema dei forti: Forte Begato

Il Comune di Genova ha richiesto il trasferimento di proprietà del patrimonio delle fortificazioni dal Demanio statale, 19 forti che avvolgono, in maniera quasi contigua, la città per 19 km di mura e costruzioni militari di minor entità, datati tra il diciassettesimo e diciannovesimo secolo. In particolare, il Forte Sperone e il Forte Begato rappresentano una risorsa strategica per lo sviluppo della città, in vista della loro posizione fronte mare e il panorama visibile in quota.



Fig. 3-6 - Comune di Genova, estratto Piano di Valorizzazione dei forti



## Inquadramento geografico del territorio - Tre punti focali del territorio in analisi

---

Il forte Begato fu costruito dal Genio Sardo tra il 1819 e il 1836 su un colle presidiato fin dalla Prima età moderna. Durante la Prima guerra mondiale il forte fu usato come campo di prigionia per i militari austriaci e fino a poche decine di anni fa come caserma e successivamente adibito a deposito militare.

Attualmente è raggiungibile tramite via del Peralto, partendo dal Righi, quartiere collinare di Genova, superando la strada sterrata che porta al Forte Sperone. Vi sono presenti anche percorsi attraverso il sentiero delle antiche Mura, passando attraverso il Forte Crocetta che porta fino al Forte Sperone.

Il forte è attualmente zona di arrivo e partenza per attività di tipo sportive quali escursionismo e mountain bike con percorsi di downhill. Questi sono, oltre agli aspetti più storico-culturali del forte, alcune delle possibili fonti di attrazione che fanno sì che il forte Begato sia un ipotizzabile punto di arrivo per un servizio di trasporto di tipo turistico.



## 3.2. Impianti per il superamento del dislivello genovesi

### 3.2.1. Gli impianti "urbani speciali" per il TPL a fune e cremagliera

La città di Genova si sviluppa su una lunghezza di 30 km e ha circa 600.000 abitanti. Il particolare assetto orografico della città ha reso possibile lo sviluppo di numerose tipologie di sistemi ettometrici per il trasporto urbano su distribuite su tutta la città, per oltrepassare le difficoltà generate dalla diffusa urbanizzazione su territorio pedemontano.

Di seguito vengono esposti dei particolari esempi di impianti speciali presenti sul territorio.

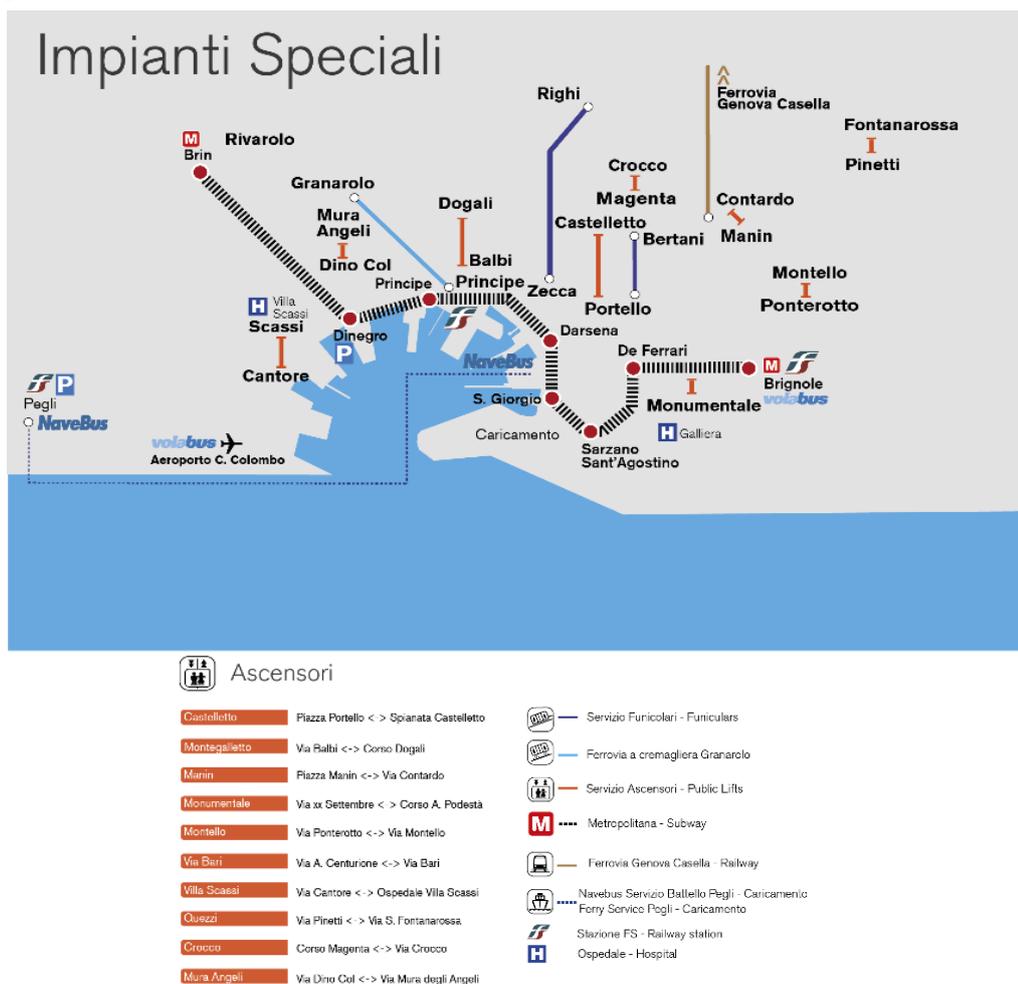


Fig. 3-7 - Mappa Impianti Speciali di Genova (fonte: "https://www.amt.genova.it/")





*Fig. 3-9 - Il sistema di azionamento ad acqua*

Alla fine degli anni '70 venne sviluppato uno studio sulla possibilità di adattare l'impianto alla nuova normativa (che omologava le funicolari alle funivie aeree), venne ricostruita una funicolare elettrica nuova (entrata in servizio nel 1980). L'attuale impianto, aggiornato nel 1991, ha una portata oraria di circa 900 persone/ora per senso di marcia. Attualmente l'esercizio è regolato da un singolo operatore, situato a monte, che ne controlla la regolare attività attraverso telecamere poste sulla linea.

In origine l'armamento è di tipo ferroviario a cremagliera, con il terzo binario utilizzato solo con funzione frenante, successivamente eliminato per lasciare il posto ad un armamento a binario, con traverse in legno di rovere posate su pietrisco e rotaie tipo 36 UNI, con scartamento di 1200 mm. La linea, ad unico binario con un raddoppio nella zona centrale per l'incrocio delle vetture, è realizzata per un lungo tratto su un viadotto. Nei pressi della zona di incrocio si ha l'officina e il magazzino.

La stazione di valle è integrata in un edificio, con ingresso da piazza del Portello in collegamento diretto con le linee di trasporto su gomma;



## Inquadramento geografico del territorio - Impianti per il superamento del dislivello genovesi

la stazione motrice, situata a monte, è composta da struttura prefabbricata che accoglie la sala di comando.

<b><i>Sviluppo totale della linea:</i></b>	370 m
<b><i>Dislivello:</i></b>	54 m
<b><i>Capienza cabina:</i></b>	30 persone
<b><i>Diametro fune:</i></b>	18 mm
<b><i>Potenza:</i></b>	42 kW, motore continuo
<b><i>Velocità:</i></b>	4 m/s
<b><i>Portata:</i></b>	900 p/h per direzione di marcia
<b><i>Numero cabine:</i></b>	Una cabina, accessibile anche alle persone diversamente abili
<b><i>Numero stazioni:</i></b>	Tratta unica, senza stazioni intermedie, le due cabine si sfiorano nel punto di interscambio centrale

Tabella 3-2 - Dati tecnici funicolare Sant'Ama

### 3.2.3. Funicolare Zecca- Righi

La funicolare Zecca - Castellaccio detta del Righi è l'impianto di maggiori dimensioni e collega largo Zecca (via Targa), in centro città, con le alture genovesi del Righi.

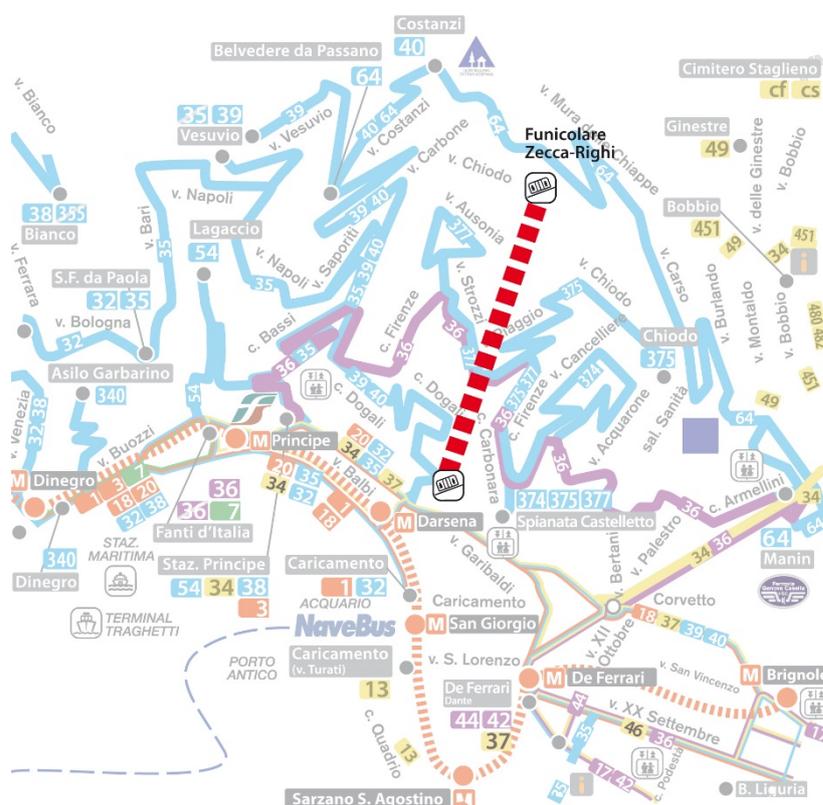


Fig. 3-10 - Tracciato funicolare Zecca-Righi

L'impianto ha una forte impronta turistica, dato che la stazione inferiore della Zecca si trova nel cuore del centro storico, vicinissimo a via Garibaldi e ai Musei di Strada Nuova, ai vicoli e al mare. Al capolinea superiore del Righi inizia il parco delle Mura, da cui partono numerosi sentieri che raggiungono le fortificazioni cittadine: da forte Sperone ai forti Fratello Minore, Puin, Fratello Maggiore, Diamante.



## Inquadramento geografico del territorio - Impianti per il superamento del dislivello genovesi

La funicolare nacque tra il 1895 ed il 1897 e fu inizialmente realizzata in due tronchi separati. Il primo impianto, terminato nel 1895, fu quello più a monte con partenza dal quartiere di S. Nicolò ed arrivo al Righi. Le stazioni erano in tutto cinque: S. Nicolò, Madonnetta, Via Mario Preve, S. Simone, Righi. L'impianto più a valle, che collegava la piazza della Zecca a S. Nicolò, realizzato interamente in galleria, entrò in servizio nel 1897 salvo che per la stazione intermedia di corso Carbonara. La zona di S. Nicolò allo stesso tempo venne servita con l'estensione della rete tranviaria proveniente dal centro città.



*Fig. 3-11 - Funicolare Zecca-Righi storica*

Dopo la Seconda guerra mondiale l'esplosione dell'espansione urbanistica a Genova si collocò nello spazio lungo i pendii delle ripide colline della città, di conseguenza anche i passeggeri della funicolare aumentarono velocemente e, tra il 1963 ed il 1965, i due impianti originari furono fusi in un unico impianto lungo più di 1400 metri, aumentando velocità (4,5 m/s) e capacità delle vetture (100 posti). Vennero conservate

tutte le stazioni esistenti, che in totale erano sette, con l'inconveniente di imporre due fermate in galleria, in corrispondenza di due stazioni del tronco superiore. La via di corsa venne completamente riprogettata, sostituendo al ballast in pietrisco una soletta in cemento armato nel quale erano presenti gli attacchi per le nuove rotaie.



Fig. 3-12 – A sinistra le stazioni attuali della funicolare Zecca – Righi; a destra l'attuale impianto in esercizio (fonte AMT GENOVA)

Nel 1990, entrò in servizio un impianto completamente nuovo che aumentava la portata massima da 400 a circa 900 persone all'ora, grazie all'aumento della velocità massima (6 m/s) e dalla capienza delle vetture (a due casse, 150 posti). La maggior lunghezza dei treni e l'asimmetria della linea rispetto al punto di incrocio obbligarono anche ad allungare la corsa verso monte, modificando la stazione.

<b><i>Sviluppo totale della linea:</i></b>	1428 m
<b><i>Dislivello:</i></b>	278 m
<b><i>Capienza cabina:</i></b>	150 persone
<b><i>Diametro fune:</i></b>	18 mm
<b><i>Potenza:</i></b>	42 kW, motore continuo
<b><i>Velocità:</i></b>	6 m/s
<b><i>Portata:</i></b>	900 p/h per direzione di marcia
<b><i>Durata tratta:</i></b>	12 min
<b><i>Numero stazioni:</i></b>	7, di cui 2 di servizio

Tabella 3-3 - Dati tecnici funicolare Zecca-Righi



### 3.2.4. Principe-Granarolo

La ferrovia a cremagliera Principe - Granarolo è una delle più antiche d'Italia, costruita e in esercizio nel 1901.



*Fig. 3-13 - Ferrovia a cremagliera Granarolo (fonte AMT GENOVA)*

Alla fine dell'800, per via di una società privata, nasce il progetto della cremagliera Principe-Granarolo, in origine pensata per promuovere lo sviluppo dei terreni, al tempo non ancora urbanizzati, sulla collina di Granarolo, che divide la città e la valle del Polcevera.

La stazione di partenza si trova nei pressi della stazione ferroviaria Genova Principe, subito accanto alla Stazione Marittima. Le stazioni di monte (Granarolo), centrale (via Bari) e di valle (Principe) sono le uniche che si affacciano su strada, mentre le altre tre sono servite solo da scalinate, che si trovano vicino agli edifici affacciati.

Dal punto di vista tecnico, la linea è costituita da un armamento con rotaie tipo 36 UNI e cremagliera Riggerbach, su ballast in pietrisco e traverse in legno. Si ha sia uno scartamento di 1200 mm che è coerente con le prime funicolari, sia il sistema di incrocio tra le vetture, che avviene con scambio fisso e ruote lisce da un lato e doppio bordino dall'altro. Il materiale rotabile che circola sulla linea sono due vetture di tipo tranviario, alimentati da corrente continua con contatto su linea aerea a 550 V. Nel corso degli anni sono state effettuate delle modifiche



## Inquadramento geografico del territorio - Impianti per il superamento del dislivello genovesi

per effettuare l'esercizio in maniera più congrua, con porte scorrevoli motorizzate, pantografo che capta la corrente, in sostituzione al sistema di asta e rotella e sistema di controllo attraverso telecamere per le piattaforme di ingresso.

<b><i>Sviluppo totale della linea:</i></b>	1130 m
<b><i>Dislivello:</i></b>	194 m
<b><i>Capienza cabina:</i></b>	45 persone
<b><i>Diametro fune:</i></b>	18 mm
<b><i>Potenza:</i></b>	42 kW, motore continuo
<b><i>Velocità:</i></b>	2 m/s
<b><i>Portata:</i></b>	~250 p/h per direzione di marcia
<b><i>Scartamento:</i></b>	1200 mm, binario unico
<b><i>Numero stazioni:</i></b>	9

Tabella 3-4 - Dati tecnici ferrovia a cremagliera Granarolo



## Inquadramento geografico del territorio - Impianti per il superamento del dislivello genovesi

### 3.2.5. Ascensori verticali e inclinati

Negli ultimi anni gli ascensori si sono affermati anche come mezzi di trasporto pubblico: Genova in particolare è stata pioniera in questo campo, una flotta di ascensori gestiti dalla AMT, locale azienda di trasporto pubblico, permette di raggiungere facilmente molte zone alte della città. Come servizio pubblico, si sono diffusi gli ascensori inclinati, inquadrati nella normativa UNI EN 81-22 e per quel che riguarda le modalità di funzionamento e per le procedure di manutenzione sono esattamente come un ascensore verticale: è il passeggero che gestisce la chiamata dal piano e/o dalla cabina, non essendo prevista la presenza di personale a bordo. La loro manutenzione segue le stesse procedure e gli stessi obblighi dei normali ascensori ed è quindi affidata a personale addetto dell'industria ascensorista il quale ritrova in queste macchine gli stessi sistemi di sicurezza, di comando, di controllo, di blocco porte, di sollevamento e di frenatura di tutti gli ascensori verticali a fune.

Impianto		Anno	Dislivello [m]	Posti per cabina	Primo concessionario	Passaggio ad AMT	Note
Castelletto Levante	Piazza Portello Belvedere Montaldo	1909	57	25	"Società Anonima Ligure Lift"(diventata "Società Ligure per Impianto ed Esercizio Ascensori")	01/07/1973	Impianto aggiornato nel 1976 e nel 1989
Castelletto Ponente	Galleria Garibaldi Via G. Colombo	1929	61	27	"Società Ligure per Impianto ed Esercizio Ascensori"	01/02/1976	Impianto aggiornato nel 1988
Montegalletto	Via Balbi Corso Dogali	1929	72	23	" Società Anonima Ligure Lift" (diventata "Società Ligure per Impianto ed Esercizio Ascensori")	01/02/1976	Impianto aggiornato nel 1965 e nel 1995 (in questa occasione è stata eseguita la trasformazione generale dell'Impianto con riapertura nel 2004)
Piazza Manin	Corso Armellini Via Contardo	1930	32	15	Ascensore privato, dal 1941 in concessione a "Società Anonima Genovese Ascensori Pubblici"	18/06/1976	Impianto aggiornato nel 1989
Via Croceo	Corso Magenta Via Croceo	1933	49	30	Comune di Genova	01/04/1966	Impianto aggiornato nel 1989
Via Imperia	P.so Borgo Incrociati Via Imperia	1956	34	12 e 10	"Immobiliare Brignole S.p.A."	13/01/1975	Impianto aggiornato nel 1984 e nel 1989. Il 16 ottobre 2006 viene chiuso il tratto inferiore tra B.go Incrociati e c.so Monte-grappa a seguito della costruzione della stazione della metropolitana
Ponte Monumentale	Via XX Settembre Corso Podestà	1959	23	18	"U.I.T.E."	01/01/1996	Impianto aggiornato nel 1990
Via Montello	Via Ponterotto Via Montello	1959	43	10	"Ascensore Via Montello S.p.A."	01/08/1975	Impianto aggiornato nel 1991
Angeli	Via Dino Col Via Mura degli Angeli	1963	46	10	"Ascensore degli Angeli S.p.A.". Nel 1972 incorpora la "S.E.S." (Società Edilizia Sampierdarenese) formando la "Società Italiana Costruzioni S.p.A."	07/02/1976	Impianto aggiornato nel 1997
Via Bari	Via A. Centurione Via Bari	2010	12	12	"A.M.T."	-	

Fig. 3-14 - Impianti Speciali - Dati tecnici degli ascensori verticali e inclinati



### 3.2.5.1. Ascensore di Quezzi

L'impianto ha una lunghezza di circa 131 metri dei quali i primi 27 metri in galleria, i successivi 23 metri in trincea e i restanti 81 metri in sopraelevata.



*Fig. 3-15 – Ascensore Quezzi nel tratto inclinato iniziale*

L'ascensore si muove lungo un binario in acciaio che funge da via di corsa, è costituito da una cabina unica e questa mantiene l'assetto orizzontale del piano di calpestio con moto basculante per adattarsi al tracciato a pendenza variabile.

Il percorso è composto da due diverse inclinazioni di  $44,13^\circ$  e  $30,33^\circ$  e raccordate lungo il percorso. Questa particolare scelta ha permesso di limitare lo scavo con un intervento di minor impatto sul territorio.

L'impianto ha caratteristiche che lo rendono un impianto sostenibile, quali:

- Dotazione di pannelli fotovoltaici per l'alimentazione dell'illuminazione della cabina e della ventilazione.
- Illuminazione a LED a basso consumo energetico.
- Sistema di condizionamento ad alta efficienza
- Particolare attenzione nel rispetto della normativa vigente in materia di abbattimento barriere architettoniche.



## Inquadramento geografico del territorio - Impianti per il superamento del dislivello genovesi

<b><i>Sviluppo totale della linea:</i></b>	131 m
<b><i>Dislivello:</i></b>	75,85 m
<b><i>Capienza cabina:</i></b>	25 persone
<b><i>Velocità:</i></b>	1,3 m/s
<b><i>Portata:</i></b>	300 p/h
<b><i>Durata viaggio:</i></b>	100 s
<b><i>Numero cabine:</i></b>	Una cabina, accessibile anche alle persone diversamente abili
<b><i>Numero stazioni:</i></b>	3 stazioni: Pinetti, Portazza e Fontanarossa

Tabella 3-5 - Dati tecnici ascensore Quezzi (fonte dati AMT Genova)

### 3.2.5.2. Ascensore di Villa Scassi

L'impianto si trova collocato ai piedi del Parco di Villa Scassi, per raggiungere l'omonimo ospedale di Sampierdarena, il principale della zona ovest della città. Viene realizzato nel 1977, recuperando un tunnel preesistente di 200 metri circa. L'impianto ha effettuato il servizio fino al 2007, quando data la durata definita dalle vigenti normative si è fermato l'impianto per sottoporlo a totale revisione. In concomitanza con questo evento, venne deciso di realizzare una soluzione progettuale che rendesse più confortabile l'utilizzo dell'impianto, data la presenza di un lungo tunnel alla stazione di valle per raggiungere le cabine, problema che limitava la fruibilità dell'impianto.

La prima ipotesi di possibile soluzione fu individuata immaginando di replicare l'impianto di Montegalletto, che aveva problematiche simili, un tratto orizzontale seguito da uno verticale. Successivamente l'ipotesi venne scartata e venne rivista una nuova soluzione immaginando di scavare un nuovo pozzo inclinato, in maniera da accorciare il tratto orizzontale, mantenendo il sistema di trazione distinto per le due tratte. Quest'ultima opzione però presentava lo stesso il problema della

discontinuità tra le tratte e il conseguente trasbordo dei passeggeri, comportando così dei tempi morti. La soluzione che venne sviluppata dalla Maspero elevatori, fu quella successivamente adottata, mantenendo il tracciato a doppia pendenza, con un'unica cabina, stabilizzata meccanicamente senza discontinuità né arresti intermedi su un'unica via di corsa, con un unico sistema di trazione.



Fig. 3-16 – Cabina dell'ascensore Villa Scassi, dettaglio nel tratto orizzontale in galleria

<b>Sviluppo totale della linea:</b>	135,70 m
<b>Lunghezza tratto orizzontale:</b>	95,28 m
<b>Lunghezza tratto inclinato:</b>	33,75 m
<b>Dislivello totale:</b>	29,50 m
<b>Inclinazione tratto inclinato a pendenza costante:</b>	54°
<b>Velocità massima nel tratto orizzontale:</b>	3.5 m/s
<b>Velocità massima nel tratto inclinato:</b>	1.5 m/s
<b>Capacità della cabina:</b>	30 persone 2250 kg
<b>Tempo minimo medio:</b>	80 s
<b>Portata massima oraria:</b>	420 p/h

Tabella 3-6 - Dati tecnici ascensore Villa Scassi



### 3.2.5.3. Impianto misto ascensore/funicolare: Montegalletto

L'impianto di Montegalletto collega via Balbi e corso Dogali è in servizio pubblico dalla sua costruzione nel 1929. I due quartieri collegati da un tunnel realizzato in orizzontale per 300 metri e verticalmente per 70 metri che spunta nei pressi del Castello d'Albertis, punto panoramico della città. Il collegamento rimase attivo fino al 1995, ebbe diversi proprietari, prima privati e poi acquistato dall'azienda di trasporto pubblico locale di Genova, AMT negli anni '70. Per accedere all'impianto vi era una galleria pedonale che rese sempre più difficile l'utilizzo dello stesso, fino alla totale discontinuità dell'esercizio, stabilita dalla fine della vita tecnica dell'impianto; proprio in questo momento venne valutato di ripensare il servizio proponendo un mezzo confortevole ed efficiente.

Nasce così il progetto, studiato e realizzato per mettere insieme le tecnologie di trazione a fune e tecnica ascensoristica verticale.

Le caratteristiche della galleria sono riportate in Tabella 3-7

Lunghezza galleria orizzontale:	250,00 m
Larghezza galleria orizzontale:	2,70 m
Diametro pozzo verticale:	5,00 m

*Tabella 3-7 - Caratteristiche galleria e pozzo ascensore Castello D'Albertis - Montegalletto*

Il pozzo del sistema verticale possiede la scala di servizio e di soccorso, mentre le apparecchiature di trazione dell'impianto si trovano in un locale lungo 18 metri all'ingresso della galleria. Lungo la galleria è presente un camminamento di servizio che permette, in caso di guasto, il trasbordo dei passeggeri in sicurezza. Vi è presente anche un sistema antincendio che avvia in automatico il sistema di ventilazione che aspira i fumi nocivi della zona terminale trasferendoli all'esterno.



## Inquadramento geografico del territorio - Impianti per il superamento del dislivello genovesi

L'impianto presenta due stazioni, una in via Balbi nei pressi della stazione ferroviaria di piazza Principe, e una superiore in prossimità del Castello D'Albertis, in corso Dogali.

La cabina nel tratto orizzontale è trainata da una fune chiusa ad anello, in fondo alla galleria il sistema si disammorsa dalla fune, come in un impianto ad ammorsamento automatico, e viene trasportata da pneumatici motorizzati fino all'interno del vano ascensore. Il servizio è garantito da due cabine, che impegnano alternativamente il tunnel orizzontale e che, arrivate nel tratto verticale, sono diversificate su due vani separati.



*Fig. 3-17 - Cabine nel trasbordo orizzontale-verticale (fonte amt.genova.com)*

L'impianto è dotato di totale automazione, è installato un impianto di telesorveglianza e questo permette di monitorare l'impianto e comunicare con i passeggeri in caso di necessità.

L'impianto è quindi composto da tre sistemi, il sistema funicolare orizzontale, il sistema di traslazione a pneumatici ed infine il sistema ad

elevatori, che sono due normali ascensori i quali ammorsano la vettura per diventare la cabina dell'ascensore.



*Fig. 3-18 - La singola cabina con il sistema di trazione a pneumatici*

Per garantire il funzionamento si ha una sequenza di questo tipo:

- La prima cabina carica i passeggeri dalla stazione inferiore, mentre la seconda cabina scende dalla stazione di corso Dogali
- Una volta arrivata nella zona di incrocio, la prima cabina, viene disammorsata dalla fune e trasportata dagli pneumatici fino alla zona di accoppiamento con l'ascensore, per arrivare alla stazione superiore
- La seconda cabina viene ammorsata alla fune dell'impianto orizzontale dopo essere stata estratta dall'elevatore, e raggiunge la stazione di via Balbi

L'impianto orizzontale ha a disposizione una batteria di accumulatori in maniera che, se dovesse mancare l'alimentazione dalla rete, il sistema riporti in automatico le cabine in galleria alla stazione di via Balbi, per poter far evacuare i passeggeri senza che essi debbano camminare lungo il tratto in galleria. Gli impianti verticali sono anch'essi dotati di accumulatori ausiliari, da poter portare le cabine che eventualmente rimangano nel vano verticale al piano superiore in corso Dogali. Il



## Inquadramento geografico del territorio - Impianti per il superamento del dislivello genovesi

sistema di batterie ad accumulazione dell'impianto orizzontale permette anche l'alimentazione degli impianti ausiliari e di sicurezza del sistema.

<b><i>Sviluppo totale della linea:</i></b>	235,87 m
<b><i>Dislivello:</i></b>	72,19 m
<b><i>Capienza cabina:</i></b>	23 persone
<b><i>Velocità funicolare:</i></b>	4,5 m/s
<b><i>Velocità traslazione pneumatica:</i></b>	0,3 m/s
<b><i>Velocità sistema verticale:</i></b>	1,6 m/s
<b><i>Portata:</i></b>	400 p/h
<b><i>Durata viaggio (complessiva):</i></b>	180 s
<b><i>Numero cabine:</i></b>	2

Tabella 3-8 - Dati tecnici ascensore Castello D'Albertis - Montegalletto



#### 4. Dati sulla domanda

L'analisi della domanda di trasporto non è stata eseguita in maniera rigorosa, ma è stata identificata come domanda derivata dalle due specifiche di servizio richieste dall'impianto, trasporto pubblico e turistico.

Per il trasporto di tipo turistico si è individuato come maggiore punto attrattivo il porto di Genova, che come già visto precedentemente, è uno dei punti di arrivo più importanti del Mediterraneo delle navi da crociera e genera più di un milione di passeggeri annui, i quali si riversano sulla città ligure nelle principali attrazioni già esistenti. La volontà di inserire il Sistema dei Forti tra le nuove principali attrazioni della città di Genova crea la necessità di un sistema di trasporto che vada a migliorare l'attuale soluzione di trasporto pubblico e privato che è così definibile:

- Trasporto pubblico locale, servizio che prevede un percorso con due linee autobus e circa due chilometri a piedi, con un tempo di viaggio medio, non considerando le attese per l'interscambio, di 1.00÷1.20 ore
- Trasporto privato su gomma, con un tempo di viaggio medio pari a 16-20 minuti per il collegamento ipotetico Piazza Principe – Forte Begato con una distanza compresa tra i 7 e gli 8 chilometri, a seconda del percorso scelto, considerando una velocità media di 25 km/h

Inoltre per la posizione ipotizzata per la stazione di partenza, che si troverà nell'area del porto di Genova, si può prevedere un flusso derivato dalla presenza di dello sbarco delle navi da crociera nel porto ligure. La capienza media delle navi tra i 2000 e 3000 passeggeri, si ipotizza che ci possa essere un picco di domanda da servire all'arrivo



delle navi che possa essere pari alla metà, pari quindi a 1000-1500 passeggeri/ora.

Il sistema da sviluppare, dal punto di vista di trasporto pubblico locale, va a posizionarsi con una portata oraria simile al segmento già presente degli impianti speciali genovesi, che si è determinato essere dell'ordine di 500-1000 passeggeri/ora.

Viene infine assunta una portata di servizio pari a **2.000 p/h** determinata come la somma delle due portate orarie per TPL e turistico, alla velocità massima di **5 m/s**.

## **5. Inquadramento caso studio**

La connessione proposta prevede l'attraversamento di una zona in cui sono presenti forti vincoli di carattere urbanistico ed antropico quali la presenza del Porto, la Villa del Principe (o Palazzo di Andrea Doria a Fassolo), l'attraversamento della strada sopraelevata di Genova e della linea ferroviaria, il sorvolo del tessuto urbano. La presenza del rio Lagaccio tombinato che sfocia tra la stazione marittima e l'edificio Hennebique, il ponte Don Acciai in via di consolidamento strutturale e tutta l'area in via di riqualificazione dell'ex-caserma Gavoglio sono ulteriori vincoli di natura antropica ed ambientale per il progetto studiato.

Avendo individuato questi vincoli antropici e orografici, la valutazione sulla scelta dell'impianto più adatta è stata fatta con i seguenti sistemi, ritenuti più adatti:

- Ascensore inclinato, che però presenta un problema di notevole importanza, in quanto la lunghezza dell'impianto tipicamente è ettometrica e si ha bisogno di tratti a pendenze costante o tratti



rettilinei, nonché limitazione sulle velocità massime di esercizio di 4 m/s e bassa potenzialità. Le vetture hanno una capienza dell'ordine di 40 persone. Di norma un impianto di questo genere ha un buon rendimento su uno sviluppo di 100 metri e un basso costo. La presenza del tessuto urbano tra le zone da collegare e l'assenza di spazi adeguati allo sviluppo della linea hanno ulteriormente influito sulla scelta.

- Funicolare, in questo caso questo impianto potrebbe essere più adatto per lo sviluppo su maggiori lunghezze, ma a sua volta ha bisogno di un'infrastruttura di tipo ferroviario, che ha un costo e ingombro notevole, per cui nonché l'opzione sia adatta a livello di elevata portata oraria e basse emissioni (una funicolare classica può raggiungere i 12 m/s con vetture da 200-300 passeggeri) la difficoltà risiede nel individuare degli spazi adeguati per la realizzazione di una linea di questo genere.
- Ferrovia a cremagliera, questo tipo di impianto è in competizione con il sistema funicolare, ha dei limiti più restrittivi sulla pendenza, che influiscono sulla velocità di esercizio, ma allo stesso tempo permette la creazione di linee essenzialmente prive di limiti sulla lunghezza. Il sistema ferroviario ha una migliore resa su linee dove si hanno lunghezze maggiori di 3000 m. Nel caso specifico si hanno essenzialmente gli stessi problemi del sistema funicolare, entrambi i sistemi di trasporto hanno un forte legame con l'infrastruttura che influenza direttamente la scelta in base al tipo di territorio da attraversare
- APM, ed in particolare i CAPM, si addicono particolarmente a questo tipo di realtà, perché pur avendo una sede fissa, questa può essere portata ad una quota di sorvolo atta a non intralciare gli elementi antropici già esistenti, con l'impatto ambientale



ridotto al posizionamento delle stazioni e dei sostegni di linea, con il vantaggio che quest'ultimi possono essere ridotti in numero e posizionati in maniera più agevole rispetto ad un'infrastruttura di tipo ferroviario o una sede ascensoristica. Per la loro natura ovviamente i requisiti di superamento delle pendenze sono soddisfatti, in quanto questi derivano da tecnologia funiviaria applicata in impianti montani. In particolare, gli APM si trovano a soddisfare la domanda in maniera corretta, andando ad ottenere attraverso velocità fino a 6 m/s e capienze dell'ordine delle 10 persone una portata coerente con le richieste.

Definite le possibili opzioni la scelta è ricaduta su un CAPM che quindi potesse rispettare i vincoli di impatto ambientale, sotto il punto di vista di occupazione del suolo, consumi energetici e produzione di gas nocivi.

### **5.1. La scelta progettuale: Cable Smart**

In definitiva la scelta analizzata in questo studio è stata l'impianto Cable Smart, sviluppato da Dimensione Ingegnerie Srls che, essendo un sistema con doppia fune portante traente, permette di ottenere dei vantaggi nell'esercizio che in ambito urbano possono essere particolarmente rilevanti, come la stabilità di veicoli maggiore rispetto ai sistemi a fune singola anche in condizioni di forte vento o di comportamento scomposto dei passeggeri, e in aggiunta la riduzione della eventualità di scarrucolamento in prossimità dei sostegni generata dalla stabilità. Inoltre i veicoli Cable Smart sono dotati di trazione ibrida che si attiva nel momento in cui vengono disammorsati nelle stazioni il che permette, tramite motori elettrici posizionati sui veicoli, di muoversi autonomamente all'interno delle stazioni e arrestarsi in prossimità



dell'accesso per i passeggeri. Quando sono ammorsati un pacco di batterie garantisce l'energia necessaria per i servizi ausiliari (illuminazione, aria condizionata, ecc.).

Il presente studio fa quindi riferimento ai parametri caratteristici dell'impianto funiviario di tipo telecabina a doppia fune portante-traente con movimento unidirezionale continuo, a velocità costante e collegamento temporaneo dei veicoli, fra la zona della stazione marittima di Genova e il quartiere Lagaccio ("*PIAZZA PRINCIPE – LAGACCIO*") e quest'ultimo con il forte Begato ("*LAGACCIO – BEGATO*") ubicato sulla sommità del versante est della Val Polcevera.

La prima tratta "*PIAZZA PRINCIPE – LAGACCIO*" si trova in un contesto fortemente antropizzato ed assolverà a funzione di trasporto urbano, collegando la zona Nord del quartiere Lagaccio con la zona portuale della città di Genova, permettendo anche l'interconnessione con altri sistemi di trasporto (autobus, treni, metropolitana) attualmente operanti. La seconda tratta "*LAGACCIO – BEGATO*" è invece proposta in una zona a limitata antropizzazione, e permetterà il collegamento con il Forte Begato, area turistica e sede di eventi, che sarà facilmente e velocemente raggiungibile dai turisti direttamente partenti dalla zona porto.

L'impianto prevede quindi due stazioni terminali site rispettivamente in Piazza Principe e al presso il Forte Begato, e una stazione intermedia "*LAGACCIO*" che permette il collegamento tra i due tronchi di linea.

La scelta della doppia fune portante-traente permette di minimizzare gli effetti dell'azione del vento sia in termini di comfort all'interno delle cabine, sia in termini di stabilità al passaggio sui sostegni e all'ingresso in stazione. Inoltre, la configurazione a doppia fune portante-traente in virtù della vigente normativa (**Decreto R.D. 337 del 16 novembre 2012**, art. 3.4.2.2 dell'Allegato Tecnico) consente di avere sorvoli con franchi



## Inquadramento caso studio - La scelta progettuale: Cable Smart

---

rispetto al suolo fino a 60 m. L'elevata altezza dal suolo raggiungibile dalla funivia proposta le permette di sorvolare gli ostacoli urbani presenti in particolare nella prima tratta, minimizzando l'impatto dell'installazione nel tessuto urbano della valle del Lagaccio.

La complessità del contesto urbano e la difficoltà nel trovare soluzioni compatibili con le esigenze funzionali del sistema di trasporto hanno portato all'analisi di tre possibili alternative per quanto riguarda il tratto "PIAZZA PRINCIPE – LAGACCIO" rispettivamente con partenza:

- Ipotesi I: "Principe Sotterranea" – Partenza con posizione della stazione di valle ubicata al di sopra di via Alpini d'Italia e piazza Principe nella zona dove si trova la stazione ferroviaria di Principe Sotterranea.
- Ipotesi II: "Hennebique" – Partenza con stazione di valle in sommità dell'ex Silos granario Hennebique, primo edificio in Italia ad aver utilizzato il brevetto del 1892 del calcestruzzo armato di Francois Hennebique.
- Ipotesi III: "Mare" – Partenza con posizione della stazione di valle localizzata tra l'edificio Hennebique e la stazione marittima di Genova.

Per il tratto "LAGACCIO – BEGATO" non è stato necessario sviluppare più ipotesi di tracciato poiché il percorso non presenta elementi di natura critica.

Dal punto di vista funiviario è stata scelta la tecnologia della telecabina ad ammortamento automatico con veicoli da otto posti che si ammortano a due funi portanti – traenti chiuse ad anello mediante impalmatura e dotate di moto con flusso di tipo antiorario.



Il sistema doppia fune portante-traente, pur presentando elementi di complessità per quanto riguarda le stazioni, consente livelli di stabilità al passaggio sui sostegni e all'ingresso in stazione, di resistenza al vento e di sicurezza sensibilmente maggiori rispetto al sistema tradizionale monofune, e inoltre consente sorvoli di altezza maggiore.

Poiché i veicoli sono connessi a due funi indipendenti, è possibile sviluppare il calcolo di linea sulla base del calcolo monofune. Al fine della sola effettuazione del calcolo di linea si prendono quindi in considerazione i parametri di una singola fune gravata dal 50% dei carichi dei veicoli.

Il calcolo di linea è stato effettuato mediante il programma di calcolo automatico SIF (ideato dall' Ing. Vitali) nella versione 2017. Il programma di calcolo è redatto per l'esatta determinazione di tutte le variabili che costituiscono i risultati del calcolo di verifica della linea di un impianto monofune con veicoli distribuiti uniformemente o a grappoli lungo la fune portante - traente: il metodo di calcolo considera i singoli veicoli come carichi concentrati.

Per entrambe le tratte, le stazioni motrici ancorate sono situate nella zona intermedia del Lagaccio, mentre le stazioni tenditrici sono poste alle rispettive estremità di Piazza Principe e Forte Begato, il sistema di tensione è di tipo idraulico.

Adiacente la stazione motrice, è ubicato il magazzino veicoli ove vengono ricoverati, nel periodo di fuori servizio, le cabine del primo e del secondo tronco.

Con le condizioni di esercizio previste, il numero massimo di passeggeri in linea su ciascun tronco risulta limitato con un massimo pari a 280 persone, valore inferiore ai limiti di norma, considerando tutti i veicoli a pieno carico nei due sensi di marcia.



## 5.2. Normativa di riferimento

L'impianto in studio è di tipo telecabina e nella progettazione in Italia ha come riferimento la normativa del **D.D. n. 337 del 16 novembre 2012, in particolare l'allegato Tecnico "DISPOSIZIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE PER LE INFRASTRUTTURE DEGLI IMPIANTI A FUNE ADIBITI AL TRASPORTO DI PERSONE"**. La normativa italiana separa gli impianti terrestri, *funicolari*, da quelli aerei, *funivie*, queste a loro volta sono poi trattate come sciovie, seggiovie e cabinovie e vengono date disposizioni e prescrizioni in base al tipo di impianto in considerazione. Nel caso particolare delle cabinovie, differenze possono essere individuate ad esempio nelle velocità massime sostenibili in esercizio, nelle velocità del giro stazione, nei franchi verticali e laterali massimi e minimi, nelle azioni del vento, nelle operazioni di soccorso.

In letteratura sono presenti le **UNI/TR 11735:2018, "LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI TRASPORTO PERSONE AD AUTOMAZIONE INTEGRALE CON TRAZIONE A FUNE"** che trattano gli APM, differenziati per tipologia di configurazione, movimento a va e viene, movimento continuo ad ammortamento fisso e movimento semi-continuo ad ammortamento automatico. Nel caso in analisi, si tratterà dell'ultima tipologia con la configurazione ad anelli di fune multipli. Nel seguente lavoro sono riportati i riferimenti puntuali alle linee guida nei vari capitoli specifici.

## 6. Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato

### 6.1. Vincoli territoriali

Di seguito sono esposti nel dettaglio i vincoli territoriali che hanno influito nella scelta del tracciato e nel posizionamento delle stazioni.

#### 6.1.1. Rischio Geomorfologico

Gran parte dell'area in esame nel territorio di Genova è caratterizzata da un rischio geomorfologico mediamente moderato (espresso dalle aree in verde in Fig. 6-1), ma sono presenti particolari zone nei dintorni dell'ex caserma Gavoglio a rischio medio (in giallo) e a rischio molto elevato (in rosso). Nella fattispecie, per posizionare i sostegni di linea, si è dovuto scegliere con cura le aree adeguate, evitando quindi le zone maggiormente critiche in termini di rischio geomorfologico.

#### 6.1.2. Rio Lagaccio

La presenza del rio Lagaccio e delle sue fasce di inedificabilità ai sensi del R.R. n. 1 del 16/03/2016 al di sotto del tessuto urbano è uno dei vincoli che



Fig. 6-1 - Rischio geomorfologico della zona interessata all'intervento (P.d.B. rilievo regionale - Rischio Geomorfologico ed Idrogeologico  
<https://geoportal.regione.liguria.it/>)

influenza maggiormente la scelta della posizione delle stazioni e dei sostegni di linea. In particolare, il sostegno previsto in fregio alla caserma Gavoglio, oggetto di un progetto di riqualificazione per realizzazione di un parco urbano, ha richiesto particolare attenzione (Fig. 6-2).



Fig. 6-2 - Fascia d'inedificabilità (Tratteggiata) e rischio geomorfologico del rio Lagaccio nei pressi della ex caserma Gavoglio. I sostegni rappresentati nei vari colori rappresentano le possibili ipotesi di tracciato.

### 6.1.3. Metropolitana

La linea metropolitana di Genova interessa il livello sotterraneo della piazza Principe (quota del ferro di -3,00 m s.l.m.). Si segnala che, oltre alla galleria, sono presenti i locali tecnici della linea metropolitana (Fig. 6-3). Pertanto, al fine di definire il carico utile che può gravare sulle

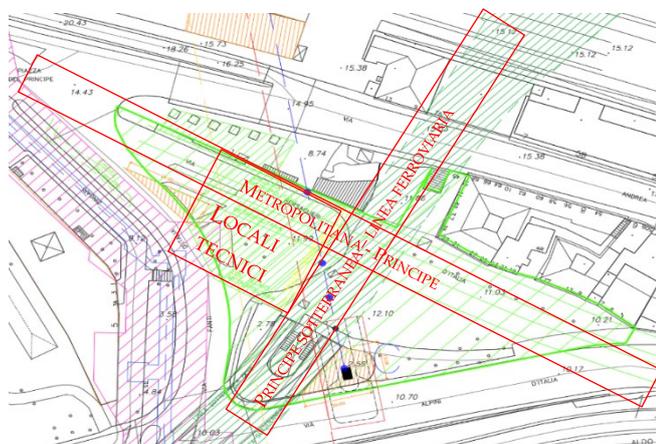


Fig. 6-3 - Gallerie di linea metropolitana e ferrovia



solette dei locali tecnici dovranno essere effettuati gli approfondimenti di merito.

#### 6.1.4. Ferrovia e ponte protettore

Nella zona interessata dall'intervento in prossimità della stazione di valle è presente la linea ferroviaria F.S. passante e la stazione di Genova Principe ed è inoltre presente la linea 'sotterranea' che diramandosi dalla linea principale si abbassa sino alla quota 2,00 m s.l.m. e prosegue in fregio alle strutture portuali. Nella zona compresa tra via Alpini d'Italia e la linea metropolitana si trova la stazione ferroviaria F.S. Principe Sotterranea.

La quota del ferro della linea passante principale è di 14,00 m s.l.m.

Poiché l'art. 58 del Decreto del Presidente della Repubblica del 11/07/1980 n. 753 sancisce che: *“Chiunque costruisce una strada, un canale o un condotto d'acqua, un elettrodotto, gasdotto, oleodotto o qualunque opera di pubblica utilità che debba attraversare impianti ferroviari, compresi gli elettrodotti, e svolgersi ad una distanza che possa creare interferenze, soggezioni o limitazioni all'esercizio ferroviario deve ottenere la preventiva autorizzazione dell'azienda esercente che potrà condizionarla alla realizzazione di tutte le*

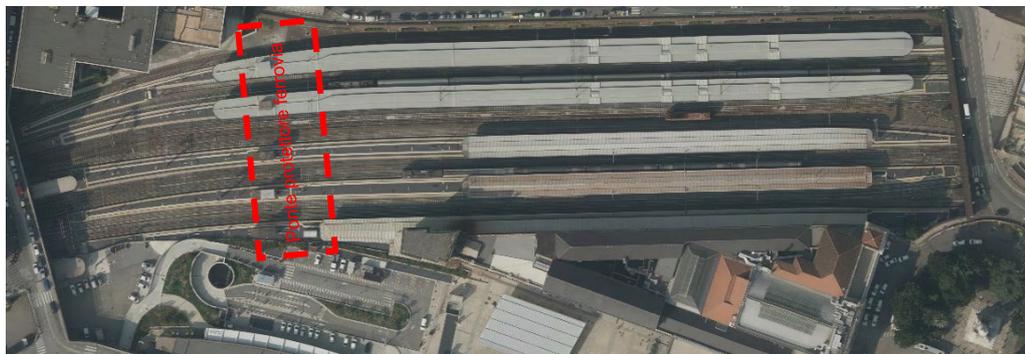


Fig. 6-4 - Passante ferroviario di Principe e ponte protettore



*varianti ai piani costruttivi che riterrà necessarie per garantire la sicurezza delle opere e degli impianti e la regolarità dell'esercizio ferroviario.*", si ritiene necessario al fine dell'ottenimento della preventiva autorizzazione la realizzazione di un ponte protettore al di sopra della linea ferroviaria e ad una adeguata distanza della linea di contatto per evitare interferenze funzionali con l'esercizio ferroviario causate dalla eventuale caduta di oggetti dai veicoli o da interventi di tipo manutentivo. Tale ponte protettore potrà anche fungere da passerella pedonale di collegamento tra il quartiere Lagaccio e la zona piazza Principe (Fig. 6-4).

#### **6.1.5. Aspetti legati al rischio incendio**

Il sorvolo di un'area intensamente antropizzata come quella interessata dalla tratta *PIAZZA "PRINCIPE – LAGACCIO"* induce sicuramente a dover considerare le problematiche del rischio incendio e dunque a esaminare i criteri costruttivi che consentono di ridurre e contenere gli effetti di un eventuale incendio sul sistema di trasporto proposto, come anche riportato dalle linee guida UNI/TR 11735:2018 (Capitolo 5.6.7.6 Sicurezza).

Analizzate le varie possibili soluzioni tra cui la riqualifica ai fini antincendio degli edifici sorvolati, la dotazione degli edifici sorvolati di dispositivi ed equipaggiamenti atti a contenere gli effetti di un eventuale incendio (sistemi antincendio) e a mantenere i veicoli e l'infrastruttura del sistema di trasporto ad una distanza tale dal non essere soggetti ad effetti critici in caso di incendio, si è deciso di sviluppare questa terza via, non ritenendo possibile un'azione significativamente intrusiva negli edifici privati interessati dalla linea dell'impianto.

Ciò ha portato a concepire una linea con due sostegni particolarmente alti posti alle due estremità del nucleo abitato del Lagaccio.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Vincoli territoriali

Nella sottostante Tabella 6-1 sono riportate le altezze rispetto al piano campagna dei sostegni di eccezionale entità.

IPOTESI	SOSTEGNO	ALTEZZA m
I	C4	75
I	C5	68
II	C2	75
II	C3	68
III	C3	83
III	C5	68

Tabella 6-1 - Sostegni di altezza elevata

La scelta di prevedere sostegni di eccezionale altezza ha consentito il mantenimento del bordo inferiore dei veicoli, nelle condizioni di carico maggiormente critiche, ad una distanza minima dai tetti di almeno 16,5 m, come risulta dalla relazione specifica del rischio incendio che definisce il franco verticale di rispetto nell'intervallo tra 12,7 m e 21,3 m calcolato rispettivamente al caso di basso o alto carico d'incendio in corrispondenza delle unità immobiliari prossime all'impianto. Pertanto, sui veicoli e sui sostegni di linea verranno installati dei rilevatori infrarossi che rileveranno l'insorgere di focolai di incendio nella zona sorvolata dall'impianto. Qualora venga rilevato un principio di incendio nella zona sottostante all'impianto verrà attuata una procedura di emergenza, si provvederà a "scaricare" la linea inviando i veicoli a magazzino, in questo lasso di tempo il franco verticale assunto rispetto ai tetti degli edifici è tale da scongiurare qualunque danno ai veicoli e alle persone. Scaricata la linea si manterrà il moto delle funi nude alla velocità di 5 m/s in maniera tale che anche incendi di ingente entità non possano danneggiare le funi che, nel loro moto continuo, saranno interessate per pochi secondi dall'azione dell'incendio.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Vincoli territoriali

---

I due sostegni di linea, in virtù della loro altezza, della distanza rispetto ai luoghi dove può propagarsi l'incendio e delle loro caratteristiche costruttive saranno immuni dagli effetti dell'incendio.

Si evidenzia la centrale importanza di prevenire il surriscaldamento locale della fune, che potrebbe portare alla sua rottura con danni ingenti e imprevedibili per tutta l'area interessata dal sorvolo della linea. Si sottolinea che, in virtù delle problematiche di rischio incendio di questa area, risulta fortemente preferibile la soluzione adottata di impianto con fune portante-traente rispetto a soluzioni alternative caratterizzate dalla presenza di funi portanti fisse. Se è vero che tali soluzioni consentirebbero frecce minori in campata, è però altrettanto vero che in caso di fenomeni di incendio importanti e localizzati, le funi subirebbero inammissibili surriscaldamenti localizzati che potrebbero portare alla loro rottura con effetti distruttivi per tutta la fascia sorvolata.



## **6.2. Definizione del tracciato plano-altimetrico**

Per la definizione del tracciato si è prima valutato la posizione delle stazioni e dei sostegni in planimetria, dopodiché con l'ausilio del software QGIS, un foglio di calcolo Excel creato dall'autore dedicato all'importazione dei dati sul software AutoCAD si è proseguito nella definizione del profilo altimetrico. Per la trattazione più approfondita della definizione del profilo altimetrico si rimanda all'Appendice A: Definizione profili altimetrici.

### **6.2.1. Posizionamento delle stazioni e sostegni**

Come è stato menzionato nella premessa, l'impianto ha funzione di trasporto urbano tra la zona piazza Principe e Lagaccio e di trasporto turistico sulla tratta piazza Principe – Lagaccio – forte Begato. In virtù dei vincoli territoriali, ed in particolare delle aree dove è possibile ipotizzare il posizionamento delle stazioni e del fatto che gli impianti a fune hanno un andamento prettamente rettilineo è stata ipotizzata una prima linea di collegamento piazza Principe – Lagaccio ed una seconda linea Lagaccio – Begato. La stazione intermedia, posta nella zona Lagaccio a monte del ponte Don Acciai, funge da stazione motrice sia per il primo sia per il secondo tronco. Le due stazioni di estremità piazza Principe e forte Begato hanno la funzione di rinvio e tensione per i due rami. Ciascuno dei due rami può operare indipendentemente dall'altro.

La linea del primo tronco, come precedentemente evidenziato, presenta caratteristiche eccezionali dovendo sorvolare l'area urbana del Lagaccio ad una quota elevata con sostegni di altezza fino a 75 m e lunghezza delle campate fino a 500 m. Pertanto, pur avendo le stazioni intervista di 6 m, i sostegni più elevati hanno intervista di 7 m, con



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Definizione del tracciato plano-altimetrico

---

allargamento della linea al fine di garantire il franco minimo orizzontale a metà campata.

La seconda linea Lagaccio – Forte Begato non presenta criticità particolari, si tratta di una linea più tradizionale, con sostegni di tipo ordinario e intervista costante di 6 m per le stazioni e per tutta la linea.

Si evidenzia che le opere funiviarie determinano azioni importanti al suolo che andranno prese in debita considerazione per il dimensionamento delle varie strutture. In particolare, poiché la forza indotta sulla stele delle stazioni tenditrici è di 150 tonnellate, si dovranno valutare con attenzione gli effetti indotti da particolare sollecitazione, con particolare riferimento alla stazione di piazza Principe. I sostegni posti nella zona prossima alla stazione di Principe Sotterranea andranno ad insistere sulle solette della sottostante metropolitana, pertanto dovranno essere svolti tutti gli approfondimenti del caso, non valutati in questa sede. I due sostegni di altezza eccezionale posti in zona Lagaccio trasmetteranno al suolo un carico altrettanto eccezionale che comporterà la realizzazione di opere di fondazione e di sottofondazione adeguate.



#### **6.2.1.1. Tronco 1 - "Piazza Principe – Lagaccio" – Posizione stazioni**

Il primo tronco di linea è sicuramente quello maggiormente critico, visti i vincoli territoriali precedentemente illustrati, seguendo le disposizioni al Capitolo 5.5.2 delle linee guida UNI/TR 11735:2018 riguardo le distanze minime di rispetto e di sicurezza si sono individuati elementi che potessero ostacolare

Infatti sul percorso si trovano (elencati da monte a valle):

- Stazione marittima, porto ed Hennebique
- Sopraelevata SS1 Aurelia e via Alpini d'Italia
- Villa del Principe (in adiacenza)
- Piazza Principe
- Linea metropolitana
- Posteggio sotterraneo Piazza Principe (ex stazione terminale di Principe)
- Passante ferroviario di Genova Principe

La posizione della stazione di valle è fortemente vincolata dalla presenza di questi elementi urbanistici, oltre che dall'andamento lineare del tratto stazione di valle – stazione intermedia, che richiede il posizionamento di sostegni eccezionali, che proprio in virtù della loro dimensione e della loro configurazione presentano forti vincoli di collocazione sul territorio.

Proprio dalla presenza di questi elementi vincolanti nasce la decisione di sviluppare tre ipotesi.



Fig. 6-5 - Vista planimetrica del tracciato con le tre ipotesi di partenza

Nella prima ipotesi si inserisce la stazione di valle presso la stazione ferroviaria di Genova Piazza Principe sotterranea, nella seconda ipotesi la linea si sviluppa partendo dalla sommità dell'edificio Hennebique, mentre nella terza ipotesi si è sviluppata un'opzione che parte da un'area posta nello specchio di mare, nello spazio adiacente alla banchina tra la stazione marittima e l'Hennebique. La prima ipotesi, pur presentando complessità strutturali notevoli, perché va ad interferire con la linea ferroviaria e della metropolitana, ha i notevoli vantaggi di evitare il sorvolo della strada statale SS1 Aurelia e via Alpini d'Italia e può configurarsi come fulcro multimodale di collegamento tra la stazione marittima, la stazione ferroviaria Principe sotterranea e la stazione della

metropolitana, risultando peraltro a breve distanza dal posteggio sotterraneo adiacente alla stazione Principe.

L'intenso sviluppo urbanistico che ha caratterizzato la città di Genova, soprattutto tra gli anni '50 e gli anni '80, ha portato all'edificazione di

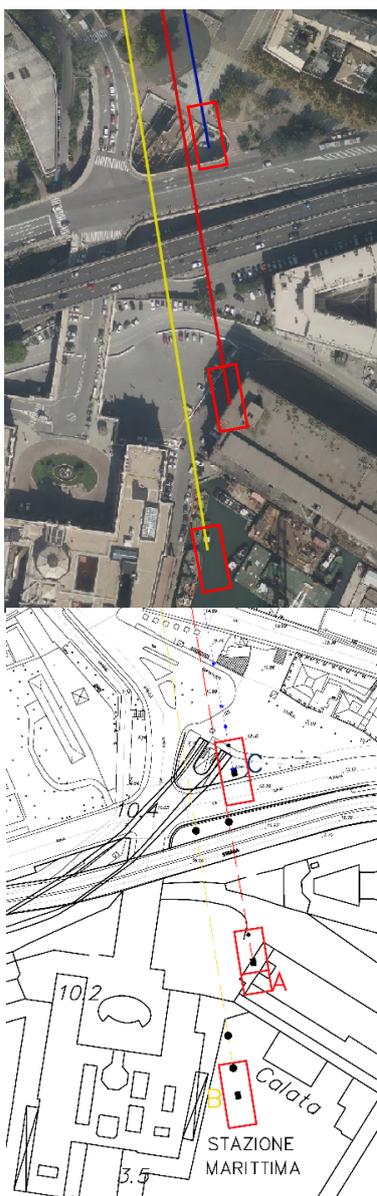


Fig. 6-7 Possibili soluzioni per il posizionamento della stazione di valle



Fig. 6-6 - Ortofoto con incrocio della linea nella posizione della stazione intermedia



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Definizione del tracciato piano-altimetrico

---

tutte le fasce pedemontane della città ed in particolare dei versanti di fondo valle del rio Lagaccio. Il reticolo viario urbano è stato conseguentemente sviluppato con direttrici a quota costante che seguono l'andamento orografico del territorio. Nella fattispecie l'asse viario principale è composto da via Bari e via Napoli, collegate tra loro dal ponte Don Acciai. La stazione intermedia è stata posizionata tra la zona compresa tra via Bari, via Napoli e ponte Don Acciai e l'impianto polisportivo "Felice Ceravolo al Lagaccio" alla quota del piano imbarco di 102,65 m s.l.m. e di 10,88 m rispetto al piano strada proprio in virtù del fatto di fungere da polo di collegamento rispetto al polo urbano che si affacciano sulle due strade e all'impianto polisportivo.

### **6.2.1.2. Tronco 1 - "Piazza Principe – Lagaccio" - Sostegni critici della linea**

Il primo tratto piazza Principe – Lagaccio deve rispondere adeguatamente ai vincoli di sorvolo territoriali rappresentati dal reticolo viario urbano, dalla ferrovia, dal tessuto urbano nell'area edificata del Lagaccio e dalla zona dell'ex caserma Gavoglio. Come è stato precedentemente illustrato, è stato necessario prevedere altezze di sorvolo elevate al fine di poter adeguatamente rispondere alle criticità indotte dal rischio incendio. Il fatto di configurare la linea ad una quota elevata nella zona di sorvolo nell'area urbana genera un altro vantaggio importante che è quello di superare le problematiche di privacy indotte dall'affaccio tra i veicoli e gli edifici sorvolati o prossimi. Queste scelte progettuali hanno comportato l'esigenza di realizzare due sostegni verticali particolarmente elevati e sostegni prossimi alla stazione di valle e alla stazione di monte di altezza ordinaria.

### 6.2.1.2.1. Ipotesi I - Linea Principe sotterranea – Lagaccio

La stazione di valle è posizionata al di sopra dell'attuale stazione Principe sotterranea. Dovranno in fase di progettazione risolversi le problematiche indotte dal trasferimento della tensione delle funi di oltre 150 tonnellate e dal carico gravante sulle solette delle strutture della metropolitana indotto dai sostegni **R1, R2 e C3** che insistono nella zona attualmente destinata ad area di sosta degli autobus. La stazione, oltre ai meccanismi funiviari, ospiterà percorsi di accesso e di esodo, i locali di controllo, i locali tecnici per le apparecchiature elettriche di comando e controllo, la zona di transito e attesa dei passeggeri, i servizi igienici ed eventualmente la biglietteria.



Fig. 6-8 - La posizione della stazione di valle, evidenziati gli elementi d'interesse nella zona circostante

Il piano imbarco è previsto alla quota di  $18,31\text{ m}$  in modo tale da avere il franco verticale dei veicoli al di sopra della viabilità circostante sempre superiore ai 5 m e non andare quindi a creare vincoli o limitazioni alla viabilità stessa.

La linea funiviaria incontra i sostegni di ritenuta **R1 e R2** di altezza circa  $12\text{ m}$  prossimi alla stazione e il sostegno **C3** di altezza  $20\text{ m}$  ubicato in prossimità all'ingresso della metropolitana. La linea poi prosegue sino al sostegno **C4** di altezza  $75\text{ m}$ , posizionato alla progressiva  $302,25\text{ m}$  ove attualmente si trova un basso fabbricato sito in via del Lagaccio 7. La realizzazione del sostegno di linea implica l'abbattimento del suddetto fabbricato e la realizzazione di adeguate opere di sottofondazione. La linea sorvola poi tutto l'abitato del Lagaccio ad una distanza media di circa  $60\text{ m}$  sino al sostegno **C5** di altezza  $68\text{ m}$  posto alla progressiva  $748,5\text{ m}$  posizionato in adiacenza alla ex caserma Gavoglio, anche in questo caso sono necessarie importanti opere di sottofondazione in virtù dei carichi trasmessi al terreno dal sostegno.

Si evidenzia che la campata **C3 – C4** ha lunghezza di  $240,25\text{ m}$  e la campata **C4 – C5** ha lunghezza di  $446,25\text{ m}$ , pertanto è stato necessario allargare la linea a  $7\text{ m}$  onde garantire il franco minimo in mezzeria.



Fig. 6-9 – Dettaglio sulla caserma Gavoglio, nella zona del Lagaccio, in prossimità della stazione intermedia



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Definizione del tracciato piano-altimetrico

---

Dal sostegno C5 la linea prosegue sorvolando l'area oggetto di futura riqualificazione del Lagaccio sino al sostegno C6 posizionato in prossimità del ponte Don Acciai. Da qui la linea giunge alla stazione intermedia, avente piano imbarco alla quota di  $102,65 \text{ m s.l.m.}$ , inserita nel versante montano a lato del ponte Don Acciai. Anche in questo caso la scelta della quota del piano imbarco della stazione è stata dettata dalla quota altimetrica della viabilità sottostante che viene sempre sorvolata dai veicoli in ingresso e in uscita della stazione con un franco verticale di oltre 5 m. La stazione intermedia comprende anche il magazzino veicoli con volume tale da ospitare tutti i veicoli del primo e del secondo tronco. Il posizionamento planimetrico di detta stazione, motrice di entrambi i tronchi, è stato definito in maniera tale da minimizzare l'impatto sulla viabilità circostante e contenere nel tempo i volumi di scavo necessari per garantire i franchi in uscita dei veicoli del secondo tronco. Pertanto, il piano imbarco di detta stazione si trova a quota  $102,65 \text{ m s.l.m.}$ ; dovranno quindi essere previsti gli adeguati percorsi meccanizzati per consentire l'agevole accesso dei passeggeri alla stazione. All'interno della stazione si trovano l'argano per il primo e per il secondo tronco, i percorsi dei veicoli in passaggio e in ricircolo, le zone di attesa per l'imbarco dei passeggeri per il primo ed il secondo tronco, i percorsi di accesso ed esodo alla stazione, le aree di sosta dei passeggeri, la cabina di comando per il primo e per il secondo tronco, i servizi igienici, la cabina di trasformazione per l'alimentazione dell'impianto funiviario, i locali tecnici funiviari, il magazzino pezzi di ricambio e la zona di manutenzione dei veicoli. Inoltre, potranno ricavarsi locali commerciali e bar. Si ribadisce come tale stazione diverrà il fulcro di interscambio di passaggio della zona Lagaccio sia per quanto riguarda le esigenze di mobilità urbana sia per quanto riguarda i flussi di carattere turistico sportivo.



#### **6.2.1.2.2. Ipotesi II - Linea Hennebique- Lagaccio**

L'ipotesi II presuppone la realizzazione della stazione di partenza alla quota  $29 \text{ m s.l.m.}$  presso il lato nord ovest dell'edificio Hennebique. La realizzazione di tale stazione presuppone la ristrutturazione dell'edificio Hennebique, totale o parziale, la realizzazione di un'importante stele alta  $30 \text{ m}$  atta a raccogliere il tiro delle funi di circa  $150 \text{ tonnellate}$  e gli adeguati percorsi meccanizzati per portare i passeggeri alla quota del piano imbarco. I volumi e i servizi funiviari andranno integrati nell'edificio Hennebique e si dovrà avere cura nel mantenere costruttivamente isolata la stele di stazione rispetto alla rimanente parte dell'edificio per evitare la propagazione di vibrazioni disturbanti a tutto lo stabile.

Dalla stazione di valle la linea prosegue fino al sostegno **C1** posto tra la sopraelevata SS1 Aurelia e via Alpini d'Italia e da qui in campata unica sorvolando piazza Principe e la ferrovia fino al sostegno **C2** ubicato a margine di via del Lagaccio al posto dell'edificio in via del Lagaccio 7 e da qua la linea prosegue come nell'ipotesi I fino alla stazione Lagaccio.

#### **6.2.1.2.3. Ipotesi III - Linea Mare - Lagaccio**

Nella terza ipotesi del primo tratto presuppone la realizzazione della stazione di valle in una parte dello specchio d'acqua che si trova tra la banchina della stazione marittima e la banchina dell'edificio Hennebique.

La stazione di valle si trova col piano d'imbarco di  $5,50 \text{ m}$  in maniera tale da non interferire con la mobilità della zona e anche in questo caso sono previste opere di fondazione importanti che dovranno attestarsi sul fondale marino. La stazione dovrà comprendere, oltre agli elementi prettamente funiviari, gli accessi e i servizi menzionati per le altre stazioni.

In prossimità della banchina si trova il sostegno **R1** e da qui la linea prosegue sino al sostegno **C2** posto tra la sopraelevata SS1 Aurelia e via Alpini d'Italia. Da qui la linea prosegue sino al sostegno **C3** di altezza 83 m ubicato al di là del fascio ferroviario, al posto del corpo laterale dell'“edificio rosso” in via del Lagaccio 15.

### 6.2.1.3. Tronco 2 - “Lagaccio – Begato” - Posizione stazioni e sostegni critici della linea

Nel secondo tronco sono state prese decisioni progettuali riguardo al posizionamento della stazione di monte per agevolare l'accesso dal vicino Forte Begato, mentre per la stazione di valle la scelta è vincolata alla posizione prefissata della stazione intermedia condivisa con il primo tronco. La stazione di valle dovrà contenere tutti gli elementi condivisi come sono stati descritti nei capitoli precedenti riguardanti il tronco 1. Nel posizionamento della stazione di valle si dovranno effettuare le operazioni di sbancamento sia per le adeguate opere di fondazione della stazione, sia nell'area subito adiacente all'uscita dei veicoli, condizione che è necessaria nel rispetto dei minimi franchi verticali. La linea funiviaria incontra i sostegni di ritenuta **R1 e R2** di altezza circa 7 m prossimi alla stazione, nel posizionamento di questi due sostegni, per mantenere i franchi

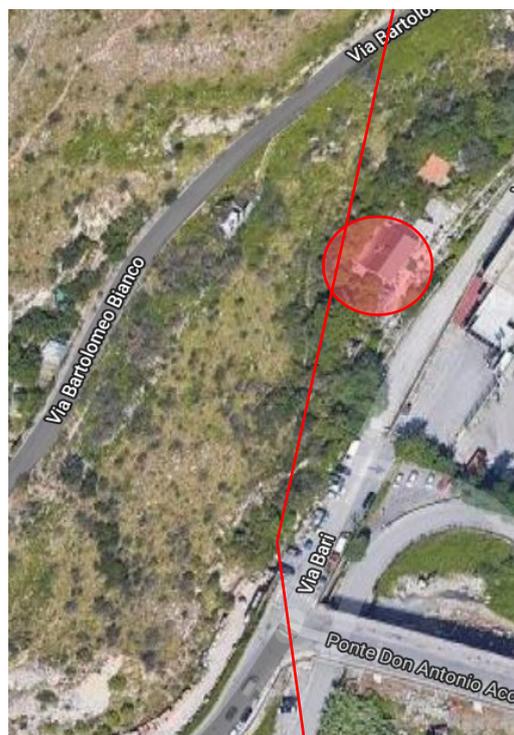


Fig. 6-10 - Edificio in via Bari accanto al centro polisportivo



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Definizione del tracciato plano-altimetrico

verticali necessari, anche qui sarà necessario effettuare delle operazioni di sbancamento che si protrarrà fino al sostegno **C3**. In aggiunta, tra i sostegni di linea **R1** e **R2** è presente un'interferenza con un edificio (indicato all'interno del circolo rosso in Fig. 6-10) situato in via Bari, costruzione che dovrà essere abbattuto, coerentemente con le necessità di minimo franco verticale. La linea poi prosegue con il sostegno **C3** di altezza  $12\text{ m}$  ubicato in prossimità del ciglio della via Bartolomeo Bianco che permetterà di sorvolare la viabilità mantenendo un franco verticale superiore ai  $5\text{ m}$ . Superata la viabilità la linea prosegue senza ulteriori complicazioni fino alla stazione di monte.



Fig. 6-11 - La stazione di monte nei pressi del Forte Begato

La posizione della stazione di monte è stata scelta in maniera da rendere il collegamento con il forte Begato, sia per scopi turistici sia per fini sportivi, il più agevole possibile. La stazione si troverà ubicata al ciglio di via al Forte Begato in prossimità del piazzale che dà accesso al forte.





### **6.3. Caratteristiche tecniche generali dell'impianto**

#### **6.3.1. "Piazza Principe – Lagaccio" - Ipotesi I – "Principe sotterranea"**

tipo d'impianto	telecabina a doppia fune portante-traente	
quota stazione a valle (q. f.)	23,36	m s.l.m.
quota stazione a monte (q. f.)	107,65	m s.l.m.
stazione a valle	rinvio - tenditrice	
stazione a monte	motrice-ancorata	
lunghezza orizzontale tra le avanstazioni	1161,49	m
dislivello della fune alle stazioni	84,34	m
lunghezza inclinata tra le avanstazioni	1170,89	m
pendenza media	7,26	%
portata massima con azionamento principale	2000	p/h
equidistanza minima dei veicoli	72,0	m
intervallo di tempo tra i veicoli	14,40	s
durata viaggio con velocità massima	3'54"	
velocità massima con motore principale	5,0	m/s
velocità massima con motore di recupero	1,0	m/s
numero veicoli in linea	33	
numero totale veicoli	39	
potenza dei motori principali	480	kW
potenza del motore di riserva	240	kW
potenza del motore di recupero	155	kW
numero sostegni di appoggio	4	
numero sostegni di ritenuta	2	
numero sostegni a doppio effetto	0	
numero totale rulli di linea	168 + 168	
diametro pulegge motrice/rinvio	6000	mm
intervallo in linea	6000	mm
diametro fune portante-traente	44 + 44	mm
azione del dispositivo idraulico di tensione	1250 ± 10%	kN
senso di rotazione	antiorario	



Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato -  
Caratteristiche tecniche generali dell'impianto

**6.3.2. "Piazza Principe – Lagaccio" - Ipotesi II – "Hennebique"**

tipo d'impianto	telecabina a doppia fune portante-traente	
quota stazione a valle (q. f.)	36,78	m s.l.m.
quota stazione a monte (q. f.)	107,65	m s.l.m.
stazione a valle	rinvio - tenditrice	
stazione a monte	motrice-ancorata	
lunghezza orizzontale tra le avanstazioni	1270,75	m
dislivello della fune alle stazioni	70,87	m
lunghezza inclinata tra le avanstazioni	1275,27	m
pendenza media	5,58	%
portata massima con azionamento principale	2000	p/h
equidistanza minima dei veicoli	72	m
intervallo di tempo tra i veicoli	14,40	s
durata viaggio con velocità massima	4'15"	
velocità massima con motore principale	5,0	m/s
velocità massima con motore di recupero	1,0	m/s
numero veicoli in linea	35	
numero totale veicoli	41	
potenza dei motori principali	400	kW
potenza del motore di riserva	200	kW
potenza del motore di recupero	130	kW
numero sostegni di appoggio	4	
numero sostegni di ritenuta	1	
numero sostegni a doppio effetto	0	
numero totale rulli di linea	148 + 148	
diametro pulegge motrice/rinvio	6000	mm
intervia in linea	6000	mm
diametro fune portante-traente	44 + 44	mm
azione del dispositivo idraulico di tensione	1200 ± 10%	kN
senso di rotazione	antiorario	



Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato -  
Caratteristiche tecniche generali dell'impianto

**6.3.3. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi III – “Mare”**

tipo d'impianto	telecabina a doppia fune portante-traente	
quota stazione a valle (q. f.)	12,75	m s.l.m.
quota stazione a monte (q. f.)	107,65	m s.l.m.
stazione a valle	rinvio - tenditrice	
stazione a monte	motrice-ancorata	
lunghezza orizzontale tra le avanstazioni	1332,41	m
dislivello della fune alle stazioni	94,90	m
lunghezza inclinata tra le avanstazioni	1341,45	m
pendenza media	7,12	%
portata massima con azionamento principale	2000	p/h
equidistanza minima dei veicoli	72,00	m
intervallo di tempo tra i veicoli	14,40	s
durata viaggio con velocità massima	4'28"	
velocità massima con motore principale	5,0	m/s
velocità massima con motore di recupero	1,0	m/s
numero veicoli in linea	38	
numero totale veicoli	44	
potenza dei motori principali	480	kW
potenza del motore di riserva	240	kW
potenza del motore di recupero	155	kW
numero sostegni di appoggio	4	
numero sostegni di ritenuta	1	
numero sostegni a doppio effetto	0	
numero totale rulli di linea	168 + 168	
diametro pulegge motrice/rinvio	6000	mm
intervallia in linea	6000	mm
diametro fune portante-traente	44 + 44	mm
azione del dispositivo idraulico di tensione	1500 ± 10%	kN
senso di rotazione	antiorario	



Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato -  
Caratteristiche tecniche generali dell'impianto

**6.3.4. “Lagaccio – Begato”**

tipo d'impianto	telecabina a doppia fune portante-traente	
quota stazione a valle (q. f.)	107,65	m s.l.m.
quota stazione a monte (q. f.)	456,40	m s.l.m.
stazione a valle	motrice-ancorata	
stazione a monte	rinvio - tenditrice	
lunghezza orizzontale tra le avanstazioni	1176,26	m
dislivello della fune alle stazioni	348,75	m
lunghezza inclinata tra le avanstazioni	1239,61	m
pendenza media	29,65	%
portata massima con azionamento principale	2000	p/h
equidistanza minima dei veicoli	72,00	m
intervallo di tempo tra i veicoli	14,40	s
durata viaggio con velocità massima	4'07"	
velocità massima con motore principale	5,0	m/s
velocità massima con motore di recupero	1,0	m/s
numero veicoli in linea	35	
numero totale veicoli	41	
potenza dei motori principali	952	kW
potenza del motore di riserva	476	kW
potenza del motore di recupero	302	kW
numero sostegni di appoggio	9	
numero sostegni di ritenuta	5	
numero sostegni a doppio effetto	0	
numero totale rulli di linea	212 + 212	
diametro pulegge motrice/rinvio	6000	mm
intervia in linea	6000	mm
diametro fune portante-traente	44 + 44	mm
azione del dispositivo idraulico di tensione	1270 ± 10%	kN
senso di rotazione	antiorario	



#### **6.4. Descrizione generale delle caratteristiche dell'impianto**

L'impianto in esame è costituito da una telecabina a doppia fune portante-traente ad ammorsamento automatico nella quale i veicoli ad otto posti a sedere sono ammorsati su di due funi portanti-traenti, chiusa ad anello mediante impalmatura e dotata di moto continuo unidirezionale con senso di rotazione antiorario. Come già premesso, la scelta della doppia fune portante-traente permette di aumentare la distanza massima dal bordo inferiore del veicolo al terreno che, con funivie con veicoli chiusi monofune, sarebbe di appena 30 m, come imposto dal vincolo ai sensi del **Decreto R.D. 337 del 16 novembre 2012** all'art. 3.4.2.1 dell'Allegato Tecnico. Si sottolinea che con un franco massimo di 30m troverebbero più difficile e più costosa soluzione le problematiche di definizione di linea e di inserimento all'interno del tessuto urbano presenti in particolare nella prima tratta. Utilizzando una doppia fune portante-traente si ha il vantaggio di poter aumentare a 60 m il franco massimo: *"[...] se per ogni ramo sono interessati contemporaneamente al massimo 5 veicoli, anche su campate diverse, la distanza dal terreno del bordo inferiore dei predetti 5 veicoli può essere maggiore di 60 m"* (estratto **Decreto R.D. 337 16/07/2012**, Allegato Tecnico art. 3.4.2.2).

L'anello di fune del tronco *"PIAZZA PRINCIPE – LAGACCIO"* è movimentato da un argano motore posto nella stazione *"LAGACCIO"* ed è messo in tensione da un pistone con relativo cilindro ubicato nella stazione di valle, mentre l'anello di fune del tronco *"LAGACCIO – FORTE BEGATO"* è movimentato da un argano motore posto nella stazione *"LAGACCIO"* ed è messo in tensione da un pistone con relativo cilindro ubicato nella stazione di monte.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Descrizione generale delle caratteristiche dell'impianto

L'impianto comprende le seguenti stazioni:

- stazione tenditrice e rinvio a valle.
- doppia stazione motrice nella stazione intermedia
- stazione tenditrice e rinvio a monte.

La linea viene realizzata con sostegni a tre fusti di forma tronco conica ed a sezione poligonale o tubolari, costruiti in lamiera di acciaio ed ancorati alla fondazione in calcestruzzo da adeguati tirafondi.

Sostegno	Progressiva [m]	Altezza [m]	Forma
R1	25,00	10,91	"A"
R2	37,00	13,10	"A"
C3	62,00	20,00	"A"
C4	302,25	75,00	"B"
C5	748,50	68,00	"C"
C6	1.155,99	26,50	"A"
<i>"Piazza Principe - Lagaccio" - Ipotesi I - "Principe Sotterranea"</i>			

Sostegno	Progressiva [m]	Altezza [m]	Forma
C1	80,50	42,00	"A"
C2	407,50	75,00	"B"
C3	853,75	68,00	"C"
C4	1.261,25	26,50	"A"
<i>"Piazza Principe - Lagaccio" - Ipotesi II - "Hennebique"</i>			

Sostegno	Progressiva [m]	Altezza [m]	Forma
R1	20,00	12,80	"A"
C2	139,00	35,00	"A"
C3	423,00	83,00	"B"
C4	936,00	68,00	"C"
C5	1.321,65	26,00	"A"
<i>"Piazza Principe - Lagaccio" - Ipotesi III - "Mare"</i>			

Forma	Testa del sostegno
"A"	SINGOLA
"B"	DOPPIA
"C"	TRIPLA

Tabella 6-2 - Tipologie di forme dei sostegni differenziate per le varie ipotesi



A causa della presenza del tessuto urbano sottostante al primo tronco della linea, tutti i sostegni verranno realizzati verticalmente e non secondo la direzione media della risultante delle pressioni agenti sulla rulliera, mentre nel caso del secondo tronco i sostegni di linea verranno realizzati secondo questa ultima indicazione.

#### **6.4.1. Velocità di esercizio**

La scelta di impiegare la velocità di 5 m/s, invece che 6 m/s come consentito per veicoli chiusi dalla normativa vigente (**Art. 3.5.2.5 dell'Allegato Tecnico al D. D. n. 337 del 16 novembre 2012**), è definita dalla volontà di non voler aumentare le dimensioni di stazione, le quali, poste dove sono state ipotizzate attualmente, sono già elemento di forte presenza nel tessuto urbano. Supporre di aumentare perciò le dimensioni vorrebbe dire avere ingombri di stazione maggiori, perciò è una scelta che in un contesto come quello di piazza Principe di Genova, già molto antropizzato, diventa molto più complessa. Inoltre, in previsione di un futuro servizio misto di tipo trasporto pubblico e ad uso turistico, aggiungere circa 40 secondi per tratta (il tracciato è composto da due tronchi di circa 1300 metri, la variazione è data dal passaggio da 5 a 6 metri al secondo) significa rendere il servizio di trasporto pubblico leggermente meno performante, ma comunque competitivo e maggiormente funzionale di quello presente, i bus che attualmente attraversano la zona del Lagaccio per arrivare in piazza Principe impiegano tra i 15 e 20 minuti, incluso di un tempo medio per raggiungere le fermate, senza considerare i tempi di attesa tra il passaggio di un mezzo e l'altro, che è dell'ordine del tempo di viaggio stesso. Allo stesso tempo, considerando il fine turistico, la scelta progettuale rende più appetibile il viaggio, che essendo più lungo



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Descrizione generale delle caratteristiche dell'impianto

effettua il passaggio panoramico sorvolando la città in maniera più apprezzabile dal flusso turistico.

La scelta di ridurre la velocità di esercizio è sostenuta anche dalla caratteristica condizione in cui si trova posizionato l'impianto, il quale, a differenza dei normali impianti a fune montani, si trova a dover sorvolare il tessuto urbano del quartiere Lagaccio. Questa condizione crea peculiari difficoltà nella manutenzione dell'impianto, in particolare per quanto concerne il ruolo dei sostegni di notevole dimensione che sono presenti nel primo tronco.

### 6.4.2. Sostegni di linea

Dimensione Ingegnerie possiede pregressa esperienza in ambito di posizionamento e realizzazione di sostegni di altezza importante: un particolare esempio di rilievo nella contestualizzazione ambientale si può ritrovare nell'impianto della Skyway Monte Bianco, dove il posizionamento sostegni di altezza rilevante è stato realizzato con sostegni di tipo a traliccio (Fig. 6-13).



*Fig. 6-13 - Uno dei sostegni in linea dell'impianto Skyway Monte Bianco, di altezza 100m.*

A differenza degli impianti funiviari di tipo montano, le condizioni imposte dal territorio in ambito urbano portano ad avere sostegni in linea di altezze molto elevate, in maniera tale da sorvolare il tessuto urbano e tutti i vincoli urbani e i punti di interesse, tra cui la sopraelevata SS1, strade statali, la stazione della metropolitana di Genova Principe, la



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Descrizione generale delle caratteristiche dell'impianto

ferrovia, edifici residenziali e luoghi di culto. Particolare attenzione è da riporre nella presenza dei sostegni C4 e C5 dell'ipotesi I "Principe Sotterranea", C2 e C3 delle ipotesi II "Hennebique" e III "Mare" che presentano delle altezze e ingombri notevoli.

Questa soluzione però non è una novità nel campo degli impianti di trasporto urbano a fune: l'impianto esistente *Emirates Air Line* di Londra-UK realizzato nel 2012 (Fig. 6-14) è dotato di sostegni con dimensioni paragonabili a quelle dei sostegni proposti, comunque ben integrati nel tessuto urbano.



Fig. 6-14 - La cabinovia Emirates Air Line di Londra (<https://www.burohappold.com/projects/emirates-air-line/>; <https://expedition.uk.com/projects/london-cable-car/>)

I sostegni da realizzare (Fig. 6-15) dovranno avere delle caratteristiche funzionali importanti, ma al contempo essere un oggetto di design che integri all'interno del territorio urbano. Il sostegno sarà quindi composto da tre fusti che si avvolgono intorno all'asse. I sostegni di linea oltre alle caratteristiche proprie del sistema, dovranno poter essere accessibili per opere di manutenzione ordinaria e straordinaria, per cui si prevede di inserire scale esterne che avvolgeranno i tre fusti che compongono ogni sostegno.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Descrizione generale delle caratteristiche dell'impianto

Nello specifico della tecnica funiviaria, la testa dei sostegni dovrà aprirsi in due o tre rami (a seconda del sostegno), in maniera tale da poter posizionare le rulliere, che saranno in numero maggiore rispetto a tradizionali sostegni in linea a causa del sorvolo sulla zona interessata che prevede di rimanere ad una distanza di sicurezza da fabbricati, edifici e altre zone d'interesse. In aggiunta la presenza di un maggior numero di rulli fornisce all'impianto un aspetto positivo relativo alla resistenza all'usura che crea, oltre alla limitazione degli interventi di manutenzione, una riduzione dell'effetto di inquinamento acustico generato dal passaggio della fune sulle rulliere. Questa scelta è in accordo con le linee guida UNI/TR 11735: 2018 (Capitolo 5.8.4).

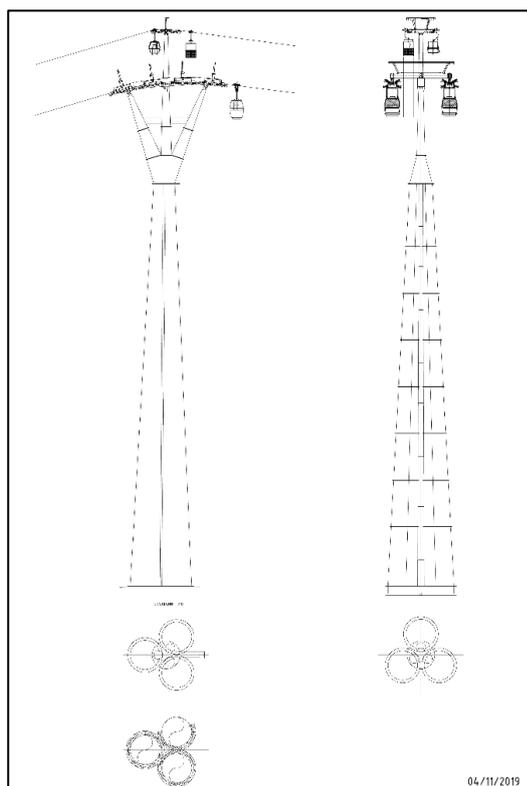


Fig. 6-15 - Sostegno tipo della linea Genova - Struttura in acciaio



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Descrizione generale delle caratteristiche dell'impianto

---

Dal punto di vista funzionale, si prevede che i sostegni abbiano una peculiare resistenza al fuoco generato da eventuali incendi; per garantire tale caratteristica i sostegni verranno realizzati con uno scheletro in acciaio e con un particolare rivestimento green, con piante rampicanti che scenderanno lungo il corpo del sostegno e che costituiranno una "seconda pelle". Il rivestimento green raggiungerà, in caso di incendio, il doppio vantaggio di abbassare la temperatura del sostegno, fungendo da strato schermante dagli effetti dell'irraggiamento degli eventuali focolai di incendio, e di poter irrorare con acqua il sostegno attraverso il sistema di irrigazione e mantenimento del verde. Questo sistema quindi permetterà di proteggere il sostegno dagli effetti di eventuali incendi, ma allo stesso tempo il rivestimento verde rende le strutture in acciaio, aventi dimensioni importanti, più facilmente inseribili in un contesto urbano trasformando i sostegni in caratteristici "alberi urbani", in accordo con le recenti innovazioni in ambito architettuale rappresentate da edifici urbani quali il "Bosco Verticale" di Milano.

### **6.4.3. Trasporto materiale**

Una possibilità di ulteriore sviluppo è quella di prevedere che, a necessità, venga ammorsata una o più cabine per trasporto materiale. Queste potranno essere adibite a diversi ruoli, in particolare una possibile funzione di questo servizio potrebbe aiutare il trasporto di materiale nel secondo tronco per gli eventi al Forte Begato (ad esempio servizio catering, etc.).



## 6.5. Calcoli di linea

Nel rispetto dei vincoli normativi, si è considerato per il calcolo delle pressioni massime il valore determinato con la formula delle Prescrizioni Tecniche Speciali, come consigliato dalle Linee guida UNI/TR 11735:2018, al punto "5.8.4.3 Carichi".

Il calcolo è stato così sviluppato:

$$P_{max} = k \cdot D_{fune} \cdot D_{rullo} = 0,035 \cdot 44 \cdot 460 = 708,4 \text{ daN}$$

Si sottolinea il fatto che i valori di pressione massima sono sempre stati contenuti entro i 600 daN, valore tipico massimo negli impianti montani.

Il grado di sicurezza delle funi considerato è stato calcolato con il valore del minimo carico di rottura (*minimum breaking force*), in accordo con la normativa italiana (D.D. n. 337 – 16.11.2012) e le norme UNI EN 12930: 2007; inoltre è stato verificato il calcolo di linea anche con il carico somma (*additional breaking force*) come carico di confronto e si nota che il grado di sicurezza così ottenuto risulta maggiorato di circa il 25% per la tipologia di fune scelta. Da questo si può notare come la prescrizione imposta dalla normativa vigente è più cautelativa rispetto alle Prescrizioni Tecniche Speciali (D.M. n.68 - 8.03.1999) non più in vigore dal 2012, ma che restano retroattive per gli impianti esistenti.



Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di  
linea

**6.5.1. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi I – “Principe  
sotterranea”**

**6.5.1.1. Geometria della linea**

Codice Sostegno	Progressiva fune (m)	Quota terreno (m)	Altezza verticale sostegno (m)	Quota fune (m)	Numero rulli ramo salita	Numero rulli ramo discesa	Codice campata valle-monte	Distanza orizzontale (m)	Dislivello verticale (m)
PV	4,00	4,56	18,75	23,31	-	-			
AV	23,00	12,40	10,91	23,31	2	2	PV-AV	19,00	0,00
R1	25,00	12,40	10,92	23,32	12	12	AV-R1	2,00	0,01
R2	37,00	12,13	13,10	25,23	10	10	R1-R2	12,00	1,91
C3	62,00	12,63	20,00	32,63	10	10	R2-C3	25,00	7,40
C4	302,25	29,43	75,00	95,43	32	32	C3-C4	240,25	62,80
C5	748,50	36,10	68,00	104,10	20	20	C4-C5	446,25	8,67
C6	1.155,99	81,15	26,50	107,65	12	12	C5-C6	407,49	3,55
AM	1.184,49	91,77	15,88	107,65	4	4	C6-AM	28,50	0,00
PM	1.206,74	91,01	16,64	107,65	-	-	AM-PM	22,25	0,00

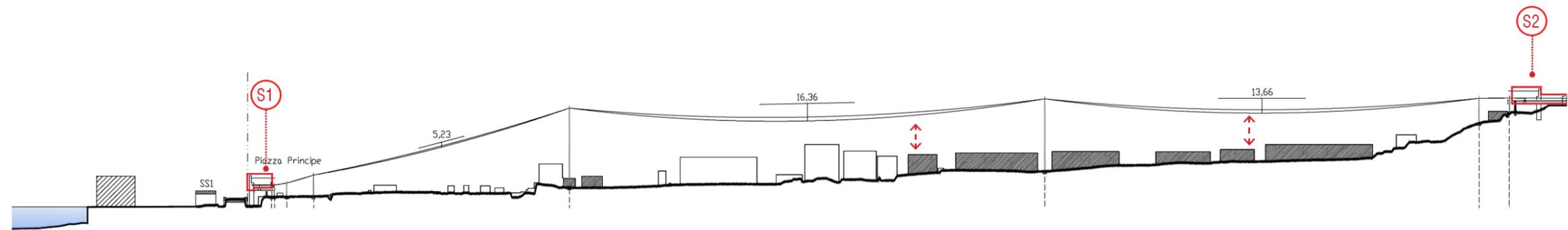
Legenda:

P\* – Puleggia (V Valle/M monte)

A\* – Avanzstazione (V Valle/M monte)

R\* – Sostegno di ritenzione

C\* – Sostegno d'appoggio



IPOTESI 1 - PRINCIPE SOTTERRANEA

Fig. 6-16 - Profilo di linea - Tronco 1 - Ipotesi I - Principe sotterranea



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.1.2. Verifica normale

Ipotesi I - Principe Sotterranea  
Verifica Normale

Equidistanza dei veicoli (m) : 72,00  
Velocità di esercizio (m/sec) : 5,00  
Portata oraria effettiva (p/h) : 2000

Numero Campata	T(max) T(min) (daN)	F(max) F(min) (m)	av(max) av(min) (gradi)	am(max) am(min) (gradi)	Numero Sostegno Sostegno	Ts(max) Ts(min) (daN)	D(max) D(min) gradi	P(max) P(min) (daN)	At(max) At(min) (daN)	NR (n)	Du(max) Du(min) (gradi)	Pu(max) Pu(min) (daN)
RAMO SALITA PV AV	31.386 31.372	0,12 0,01	1,18 0,05	1,57 0,20								
AV R1	31.417 31.383	0,00 0,00	0,30 0,30	-0,27 -0,27	AV	31.401 31.379	1,87 0,50	1.027 271	31 8	2 2	0,94 0,25	513 136
R1 R2	31.689 31.503	0,07 0,00	-8,69 -6,99	9,98 8,84	R1	31.490 31.443	-8,96 -7,26	-4.921 -3.982	148 119	12 12	-0,75 -0,61	-410 -332
R2 C3	31.689 31.503	0,07 0,00	-8,69 -6,99	9,98 8,84	R2	31.743 31.593	-7,56 -6,02	-4.170 -3.316	125 99	12 12	-0,63 -0,50	-347 -276
C3 C4	32.017 31.643	0,18 0,02	-16,40 -14,86	18,31 16,71	C3	32.079 31.770	7,36 5,50	4.115 3.054	123 92	10 10	0,74 0,55	411 305
C4 C5	33.360 31.820	5,08 3,86	-11,64 -9,38	19,70 17,59	C4	33.584 33.028	25,91 23,23	14.966 13.358	449 401	32 32	0,81 0,73	468 417
C5 C6	34.044 33.229	15,56 12,26	7,66 4,70	9,75 6,87	C5	34.182 33.479	15,70 12,55	9.264 7.358	278 221	20 20	0,78 0,63	463 368
C6 AM	34.411 33.590	12,89 10,10	7,47 4,73	8,39 5,70	C6	34.488 33.703	8,55 6,28	5.143 3.694	154 111	12 12	0,71 0,52	429 308
AM PM	34.572 33.775	0,16 0,01	1,47 0,18	1,57 0,08	AM	34.568 33.768	1,91 0,34	1.138 207	34 6	4 4	0,48 0,09	284 52
RAMO DISCESA PV AV	31.382 31.368	0,12 0,01	1,39 0,05	1,36 0,20								
AV R1	31.367 31.328	0,01 0,00	1,78 0,30	0,07 -0,27	AV	31.371 31.359	1,97 0,50	1.080 271	32 8	2 2	0,99 0,25	540 136
R1 R2	31.399 31.187	0,09 0,00	-8,69 -7,71	9,67 8,84	R1	31.302 31.257	-8,96 -7,99	-4.889 -4.359	147 131	12 12	-0,75 -0,67	-407 -363
R2 C3	31.462 31.077	0,19 0,02	-16,40 -14,68	18,20 16,72	R2	31.344 31.138	-7,55 -5,84	-4.106 -3.177	123 95	12 12	-0,63 -0,49	-342 -265
C3 C4	32.557 31.019	5,23 3,95	-11,54 -9,17	19,97 17,73	C3	31.404 31.074	7,54 5,52	4.090 3.018	123 91	10 10	0,75 0,55	409 302
C4 C5	32.357 31.740	16,39 12,87	7,96 4,91	10,28 7,23	C4	32.337 31.937	26,39 23,63	14.693 13.099	441 393	32 32	0,82 0,74	459 409
C5 C6	32.147 31.672	13,67 10,73	7,88 4,96	8,89 5,99	C5	32.219 31.782	16,58 13,22	9.245 7.335	277 220	20 20	0,83 0,66	462 367
C6 AM	32.023 31.620	0,20 0,02	1,79 0,18	1,70 0,18	C6	32.079 31.675	9,08 6,65	5.069 3.671	152 110	12 12	0,76 0,55	422 306
AM PM	31.991 31.178	0,18 0,01	1,75 0,19	1,50 0,09	AM	32.007 31.604	1,93 0,37	1.063 205	32 6	4 4	0,48 0,09	266 51



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.1.3. Parametri significativi agli effetti delle norme

Nella Tabella 6-3 sono riportati i parametri di verifica significativi agli effetti della normativa vigente. I valori riportati sono da intendersi per la configurazione monofune, pertanto dovranno essere raddoppiati.

TENSIONE MASSIMA	[N]	351.356,24
GRADO DI SICUREZZA		4,02
TENSIONE MINIMA	[N]	311.995,06
CARICO NOMINALE PER MORSETTO	[N]	9.957,15
RAPPORTO T <sub>min</sub> / Q <sub>max</sub>	[n]	30,74
POTENZA CONTINUA AI MOTORI	[kW]	207,63
POTENZA DI PUNTA AI MOTORI	[kW]	328,26
POTENZA DI PUNTA NEGATIVA AI MOTORI	[kW]	-390,43
CORSA MASSIMA DEL TENDITORE (per sola variazione del carico)	[m]	1,07
CORSA PER AUMENTO DI TEMPERATURA (+50ø)	[m]	0,73
PEGGIOR RAPPORTO DI ADERENZA	[k]	1,14
EQUIVALENTE PER AVV. [180 ø] A UN COEFF. f =	[k]	0,04

Tabella 6-3 - Parametri significativi – Ipotesi I

Come si può notare in tabella, il grado di sicurezza dell'ipotesi I è pari a 4,02 ed è stato il grado minimo ottenibile, considerando i vincoli territoriali di posizionamento dei sostegni, delle altezze in questione e del sorvolo con un franco minimo da rispettare per il rischio incendio.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.2. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi II – “Hennebique”

#### 6.5.2.1. Geometria della linea

Codice Sostegno	Progressiva fune (m)	Quota terreno (m)	Altezza verticale sostegno (m)	Quota fune (m)	Numero rulli ramo salita	Numero rulli ramo discesa	Codice campata valle-monte	Distanza orizzontale (m)	Dislivello verticale (m)
PV	0,00	2,75	34,03	36,78	-	-			
AV	19,00	2,78	34,00	36,78	4	4	PV-AV	19,00	0,00
R1	20,00	2,81	34,01	36,82	8	8	AV-R1	1,00	0,04
C2	80,50	3,01	42,00	45,01	8	8	R1-C2	60,50	8,19
C3	407,50	29,43	75,00	95,43	32	32	C2-C3	327,00	50,42
C4	853,75	36,09	68,00	104,09	20	20	C3-C4	446,25	8,67
C5	1.261,25	81,15	26,50	107,65	12	12	C4-C5	407,50	3,55
AM	1.289,75	91,77	15,88	107,65	4	4	C5-AM	28,50	0,00
PM	1.312,00	91,01	16,64	107,65	-	-	AM-PM	22,25	0,00

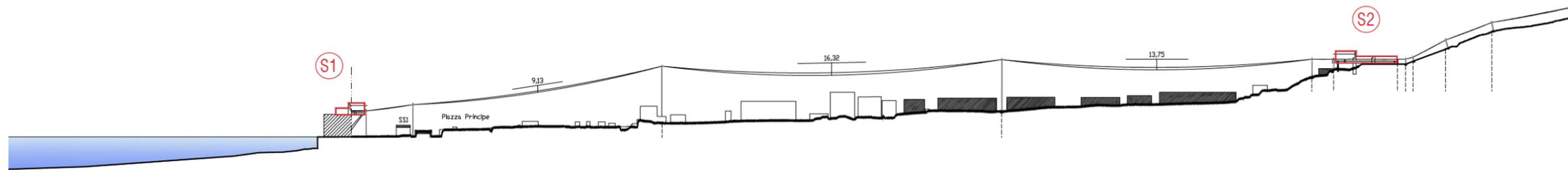
Legenda:

P\* – Puleggia (V Valle/M monte)

A\* – Avanzstazione (V Valle/M monte)

R\* – Sostegno di ritenzione

C\* – Sostegno d'appoggio



IPOTESI 2 - HENNEBIQUE

Fig. 6-17 - Profilo di linea - Tronco 1 - Ipotesi II - Hennebique



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.2.2. Verifica Normale

Ipotesi II - Hennebique  
Verifica Normale

Equidistanza dei veicoli (m) : 72,00  
Velocità di esercizio (m/sec) : 5,00  
Portata oraria effettiva (p/h) : 2000

Numero Campata	T(max) T(min) (daN)	F(max) F(min) (m)	av(max) av(min) (gradi)	am(max) am(min) (gradi)	Numero Sostegno Sostegno	Ts(max) Ts(min) (daN)	D(max) D(min) gradi	P(max) P(min) (daN)	At(max) At(min) (daN)	NR (n)	Du(max) Du(min) (gradi)	Pu(max) Pu(min) (daN)
RAMO SALITA												
PV AV	31.407 31.256	0,12 0,01	1,25 0,12	1,50 0,12								
					AV	31.415 31.259	-2,16 -0,79	-1.185 -429	36 9	4 4	-0,54 -0,20	-296 -107
AV R1	31.422 31.263	0,00 0,00	-2,28 -2,28	2,30 2,30	R1	31.465 31.281	-5,03 -3,28	-2.762 -1.794	83 36	8 8	-0,63 -0,41	-345 -224
R1 C2	31.746 31.300	0,58 0,10	-7,33 -5,57	9,84 8,09	C2	31.800 31.346	6,47 4,64	3.541 2.560	106 68	8 8	0,81 0,58	443 320
C2 C3	33.130 31.373	9,17 6,95	-4,46 -1,74	15,61 13,03	C3	33.324 31.766	22,07 18,78	12.483 10.652	374 243	32 32	0,69 0,59	390 333
C3 C4	33.977 31.069	16,45 12,43	8,00 4,72	10,27 7,02	C4	34.120 31.138	16,78 12,72	9.303 7.353	279 181	20 20	0,84 0,64	465 368
C4 C5	34.481 30.371	14,02 10,25	8,08 4,74	8,99 5,72	C5	34.558 30.404	9,30 6,35	5.144 3.676	154 88	12 12	0,78 0,53	429 306
C5 AM	34.653 30.417	0,23 0,02	1,93 0,16	1,70 0,17	AM	34.662 30.416	1,92 0,33	1.116 196	33 4	4 4	0,48 0,08	279 51
AM PM	34.673 30.335	0,15 0,01	1,74 0,16	1,35 0,10								
RAMO DISCESA												
PV AV	31.460 31.354	0,12 0,01	1,46 0,12	1,29 0,12								
					AV	31.457 31.338	-2,16 -1,00	-1.185 -546	36 15	4 4	-0,54 -0,25	-296 -137
AV R1	31.478 31.322	0,01 0,00	-2,28 -1,15	2,98 2,30	R1	31.461 31.280	-5,03 -3,42	-2.758 -1.866	82 43	8 8	-0,63 -0,43	-345 -233
R1 C2	31.678 31.238	0,55 0,10	-7,33 -5,71	9,77 8,10	C2	31.660 31.258	6,46 4,67	3.542 2.571	106 51	8 8	0,81 0,58	443 321
C2 C3	33.051 31.216	9,14 6,94	-4,41 -1,64	15,59 13,02	C3	32.977 31.769	22,13 18,80	12.333 10.537	370 213	32 32	0,69 0,59	385 329
C3 C4	33.827 31.574	16,36 12,38	8,08 4,77	10,23 7,01	C4	33.774 31.460	16,67 12,66	9.245 7.315	277 148	20 20	0,83 0,63	462 366
C4 C5	34.506 31.225	13,76 10,08	8,02 4,72	8,95 5,73	C5	34.478 31.168	9,12 6,28	5.119 3.623	154 74	12 12	0,76 0,52	427 302
C5 AM	34.469 31.102	0,24 0,02	1,55 0,16	1,96 0,17	AM	34.471 31.088	2,13 0,33	1.175 196	35 4	4 4	0,53 0,08	294 51
AM PM	34.489 30.831	0,15 0,01	1,45 0,16	1,85 0,10								



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.2.3. Parametri significativi agli effetti delle norme

Nella Tabella 6-4 sono riportati i parametri di verifica significativi agli effetti della normativa vigente. I valori riportati sono da intendersi per la configurazione monofune, pertanto dovranno essere raddoppiati.

TENSIONE MASSIMA	[N]	332.926,22
GRADO DI SICUREZZA		4,25
TENSIONE MINIMA	[N]	293.052,16
CARICO NOMINALE PER MORSETTO	[N]	9.957,15
RAPPORTO T <sub>min</sub> / Q <sub>max</sub>	[n]	23,14
POTENZA CONTINUA AI MOTORI	[kW]	162,19
POTENZA DI PUNTA AI MOTORI	[kW]	286,54
POTENZA DI PUNTA NEGATIVA AI MOTORI	[kW]	-246,53
CORSA MASSIMA DEL TENDITORE (per sola variazione del carico)	[m]	1,37
CORSA PER AUMENTO DI TEMPERATURA (+50ø)	[m]	0,80
PEGGIOR RAPPORTO DI ADERENZA	[k]	1,12
EQUIVALENTE PER AVV. [180 ø] A UN COEFF. f =	[k]	0,04

Tabella 6-4 - Parametri significativi – Ipotesi II

Come si può notare in tabella, il grado di sicurezza dell'ipotesi II è pari a 4,25 ed è stato il grado minimo ottenibile, considerando i vincoli territoriali di posizionamento dei sostegni, delle altezze in questione e in particolare il sorvolo con un franco minimo da rispettare per il rischio incendio.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.3. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi III – “Mare”

#### 6.5.3.1. Geometria della linea

Codice Sostegno	Progressiva fune (m)	Quota terreno (m)	Altezza verticale sostegno (m)	Quota fune (m)	Numero rulli ramo salita	Numero rulli ramo discesa	Codice campata valle-monte	Distanza orizzontale (m)	Dislivello verticale (m)
PV	0,00	0,00	12,75	12,75	-	-	PV-AV	19,00	0,00
AV	19,00	0,00	12,75	12,75	4	4	AV-R1	1,00	0,05
R1	20,00	0,00	12,80	12,80	12	12	R1-C2	119,00	25,20
C2	139,00	3,00	35,00	38,00	10	10	C2-C3	284,00	60,37
C3	423,00	15,37	83,00	98,37	32	32	C3-C4	513,00	7,33
C4	936,00	37,71	68,00	105,71	20	20	C4-C5	385,65	1,59
C5	1.321,65	81,29	26,00	107,29	10	10	C5-AM	29,76	0,36
AM	1.351,41	91,49	16,16	107,65	4	4	AM-PM	20,99	0,00
PM	1.372,40	91,13	16,52	107,65	-	-			

Legenda:

P\* – Puleggia (V Valle/M monte)

A\* – Avanzstazione (V Valle/M monte)

R\* – Sostegno di ritenzione

C\* – Sostegno d'appoggio

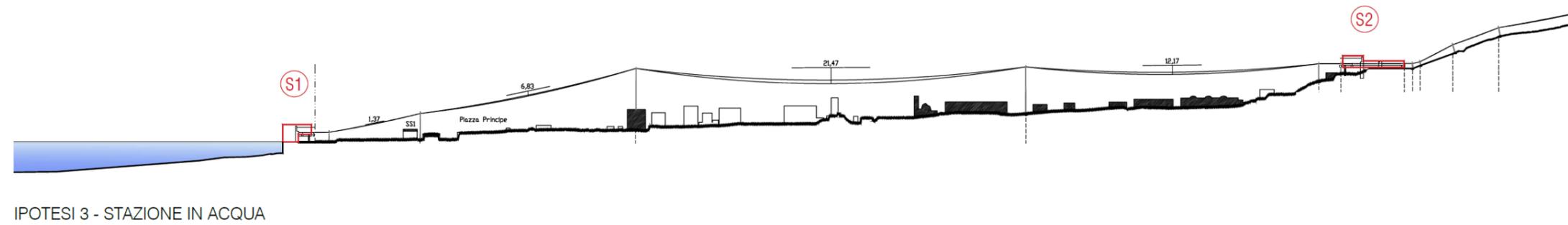


Fig. 6-18 - Profilo di linea - Tronco 1 - Ipotesi III - Mare



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.3.2. Verifica normale

Ipotesi III - "Mare"  
Verifica Normale

Equidistanza dei veicoli (m) : 72,00  
Velocità di esercizio (m/sec) : 5,00  
Portata oraria effettiva (p/h) : 2000

Numero Campata		T(max) T(min) (daN)	F(max) F(min) (m)	av(max) av(min) (gradi)	am(max) am(min) (gradi)	Numero Sostegno Sostegno	Ts(max) Ts(min) (daN)	D(max) D(min) gradi	P(max) P(min) (daN)	At(max) At(min) (daN)	NR  (n)	Du(max) Du(min) (gradi)	Pu(max) Pu(min) (daN)
<b>RAMO SALITA</b>													
PV	AV	37.513 37.494	0,13 0,01	1,31 0,09	1,60 0,12								
						AV	37.527 37.514	-2,74 -1,26	-1.796 -822	54 25	4 4	-0,69 -0,31	-449 -206
AV	R1	37.554 37.534	0,00 0,00	-2,86 -2,86	2,87 2,87	R1	37.629 37.608	-7,81 -5,82	-5.121 -3.818	154 115	12 12	-0,65 -0,49	-427 -318
R1	C2	38.438 37.669	1,34 0,97	-10,68 -8,69	15,07 13,19	C2	38.514 38.129	7,54 6,03	5.034 4.030	151 121	10 10	0,75 0,60	503 403
C2	C3	40.164 38.190	6,71 5,53	-8,28 -5,85	17,75 15,55	C3	40.428 39.594	25,42 22,87	17.635 15.772	529 473	32 32	0,79 0,71	551 493
C3	C4	41.002 39.831	20,48 16,70	9,23 6,13	10,76 7,78	C4	41.176 40.053	16,46 13,60	11.600 9.576	348 287	20 20	0,82 0,68	580 479
C4	C5	41.413 40.197	11,45 9,33	7,33 4,75	7,70 5,19	C5	41.480 40.267	7,27 5,12	5.206 3.647	156 109	10 10	0,73 0,51	521 365
C5	AM	41.549 40.326	0,24 0,02	1,17 -0,54	2,19 0,83	AM	41.578 40.339	2,67 0,93	1.936 659	58 20	4 4	0,67 0,23	484 165
AM	PM	41.607 40.349	0,13 0,01	1,84 0,10	1,36 0,10								
<b>RAMO DISCESA</b>													
PV	AV	37.507 37.489	0,13 0,01	1,53 0,09	1,37 0,12								
						AV	37.493 37.467	-2,74 -1,49	-1.793 -972	54 29	4 4	-0,69 -0,37	-448 -243
AV	R1	37.529 37.445	0,01 0,00	-2,86 -1,64	3,61 2,87	R1	37.461 37.372	-7,77 -5,95	-5.064 -3.879	152 116	12 12	-0,65 -0,50	-422 -323
R1	C2	38.047 37.298	1,33 0,98	-10,72 -8,82	15,03 13,18	C2	37.972 37.608	7,71 6,14	5.062 4.036	152 121	10 10	0,77 0,61	506 404
C2	C3	39.465 37.546	6,83 5,62	-8,17 -5,66	18,00 15,70	C3	39.204 38.480	25,93 23,24	17.420 15.594	523 468	32 32	0,81 0,73	544 487
C3	C4	39.245 38.246	21,44 17,37	9,54 6,33	11,15 8,02	C4	39.072 38.186	17,33 14,22	11.555 9.550	347 286	20 20	0,87 0,71	578 477
C4	C5	38.955 38.043	12,15 9,84	7,88 5,07	8,30 5,55	C5	38.888 37.987	7,77 5,49	5.235 3.689	157 111	10 10	0,78 0,55	524 369
C5	AM	38.859 37.928	0,24 0,02	0,98 -0,53	2,61 0,84	AM	38.832 37.920	2,72 0,95	1.843 632	55 19	4 4	0,68 0,24	461 158
AM	PM	38.804 37.511	0,15 0,01	1,53 0,11	1,93 0,11								



### 6.5.3.3. Parametri significativi agli effetti delle norme

Nella Tabella 6-5 sono riportati i parametri di verifica significativi agli effetti della normativa vigente. I valori riportati sono da intendersi per la configurazione monofune, pertanto dovranno essere raddoppiati.

TENSIONE MASSIMA	[N]	429.252,93
GRADO DI SICUREZZA		4,02
TENSIONE MINIMA	[N]	372.975,20
CARICO NOMINALE PER MORSETTO	[N]	12.836,39
RAPPORTO T <sub>min</sub> / Q <sub>max</sub>	[n]	28,50
POTENZA CONTINUA AI MOTORI	[kW]	237,83
POTENZA DI PUNTA AI MOTORI	[kW]	379,32
POTENZA DI PUNTA NEGATIVA AI MOTORI	[kW]	-486,58
CORSA MASSIMA DEL TENDITORE (per sola variazione del carico)	[m]	1,22
CORSA PER AUMENTO DI TEMPERATURA (+50ø)	[m]	0,83
PEGGIOR RAPPORTO DI ADERENZA	[k]	1,15
EQUIVALENTE PER AVV. [180 ø] A UN COEFF. f =	[k]	0,04

Tabella 6-5 - Parametri significativi - Ipotesi III

Come si può notare in tabella, il grado di sicurezza dell'ipotesi III è pari a 4,02 ed è stato il grado minimo ottenibile, considerando i vincoli territoriali di posizionamento dei sostegni, delle altezze in questione e in particolare il sorvolo con un franco minimo da rispettare per il rischio incendio.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.4. “Lagaccio – Begato”

#### 6.5.4.1. Geometria della linea

Codice Sostegno	Progressiva fune (m)	Quota terreno (m)	Altezza verticale sostegno (m)	Quota fune (m)	Numero rulli ramo salita	Numero rulli ramo discesa	Codice campata valle-monte	Distanza orizzontale (m)	Dislivello verticale (m)
PV	13,00	100,94	6,71	107,65	0	0	PV-AV	33,74	0,00
AV	46,74	100,94	6,71	107,65	4	4	AV-R1	9,26	0,01
R1	56,00	100,94	6,72	107,66	12	12	R1-R2	5,60	1,24
R2	61,60	102,45	6,45	108,90	10	10	R2-R3	5,90	2,50
R3	67,50	104,91	6,50	111,41	12	12	R3-C4	32,50	21,98
C4	100,00	116,89	16,50	133,39	12	12	C4-C5	70,50	25,10
C5	170,50	143,48	15,00	158,48	12	12	C5-C6	126,00	21,69
C6	296,50	165,17	15,00	180,17	8	8	C6-R7	241,50	46,18
R7	538,00	214,11	12,25	226,36	10	12	R7-C8	96,00	52,73
C8	634,00	268,09	11,00	279,09	12	12	C8-C9	51,00	16,72
C9	685,00	284,31	11,50	295,81	12	12	C9-C10	97,00	13,03
C10	782,00	292,60	16,25	308,85	6	6	C10-R11	163,50	25,13
R11	945,50	313,38	20,60	333,98	12	12	R11-C12	104,50	48,43
C12	1.050,00	367,41	15,00	382,41	8	8	C12-C13	160,00	72,22
C13	1.210,00	429,82	24,80	454,62	12	12	C13-C14	6,00	1,54
C14	1.216,00	431,96	24,20	456,16	12	12	C14-AM	7,00	0,24
AM	1.223,00	435,40	21,00	456,40	4	4	AM-PM	38,00	0,00
PM	1.261,00	449,27	7,13	456,40		-	PV-AV	33,74	0,00

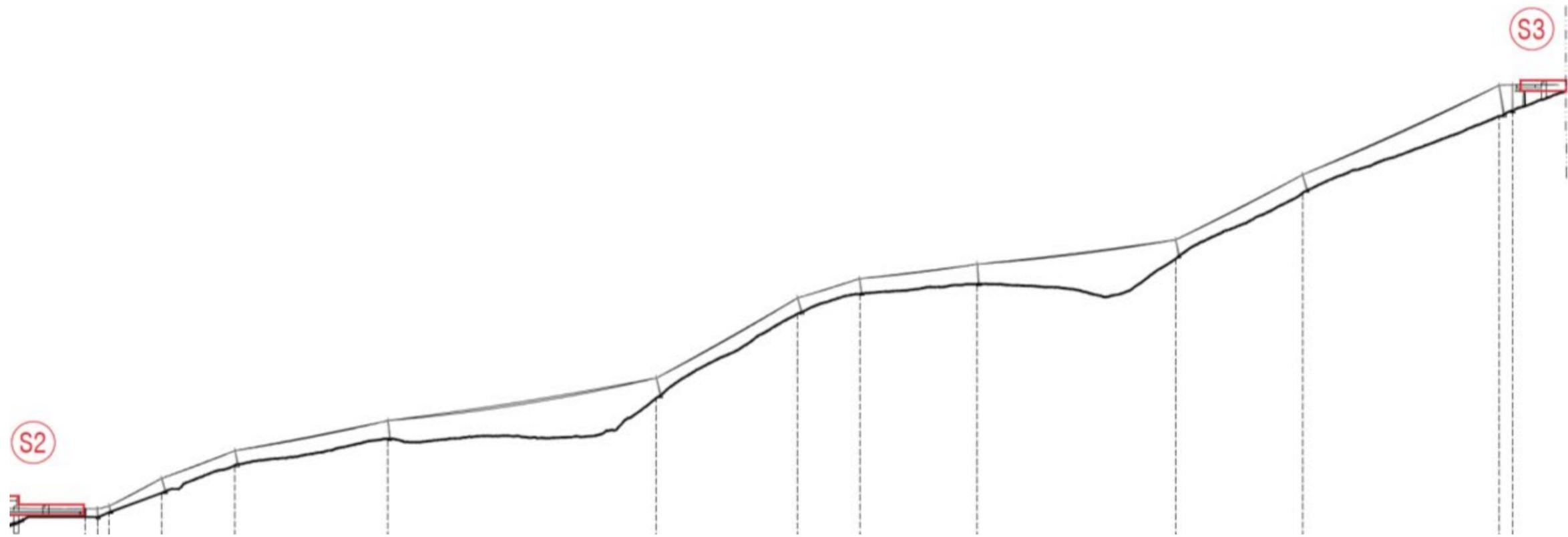
Legenda:

P\* – Puleggia (V Valle/M monte)

A\* – Avanzstazione (V Valle/M monte)

R\* – Sostegno di ritenzione

C\* – Sostegno d'appoggio



TRONCO 2 - FORTE BEGATO

Fig. 6-19 - Profilo di linea - Tronco 2 - Forte Begato



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.4.2. Verifica normale

Lagaccio - Begato  
Verifica Normale

Equidistanza dei veicoli (m) : 72,00  
Velocità di esercizio (m/sec) : 5,00  
Portata oraria effettiva (p/h) : 2000

Numero Campata	T(max) T(min) (daN)	F(max) F(min) (m)	av(max) av(min) (gradi)	am(max) am(min) (gradi)	Numero Sostegno	Ts(max) Ts(min) (daN)	D(max) D(min) gradi	P(max) P(min) (daN)	At(max) At(min) (daN)	NR (n)	Du(max) Du(min) (gradi)	Pu(max) Pu(min) (daN)
RAMO SALITA												
PV AV	20.936 16.782	0,50 0,05	3,14 0,28	3,36 0,37	AV	20.956 16.785	3,55 0,55	1.296 201	39 6	4 4	0,89 0,14	324 50
AV R1	20.975 16.768	0,06 0,00	2,22 0,18	0,65 0,00	R1	21.044 16.843	-12,47 -9,13	-4.569 -3.306	137 99	12 12	-1,04 -0,76	-381 -276
R1 R2	21.121 16.897	0,01 0,00	-12,46 -9,13	12,69 12,57	R2	21.178 16.952	-10,37 -7,94	-3.828 -2.848	115 85	10 10	-1,04 -0,79	-383 -285
R2 R3	21.253 16.998	0,05 0,00	-22,94 -20,51	23,89 23,05	R3	21.313 17.063	-10,72 -7,90	-3.981 -2.805	119 84	12 12	-0,89 -0,66	-332 -234
R3 C3	21.798 17.110	0,58 0,06	-33,77 -30,96	37,13 34,38	C3	21.902 17.334	18,34 15,66	6.942 4.722	208 142	12 12	1,53 1,31	579 394
C3 C4	22.643 17.405	1,26 0,28	-18,84 -16,03	23,15 20,40	C4	22.737 17.635	16,33 12,05	6.350 3.702	191 111	12 12	1,36 1,00	529 308
C4 C5	23.253 17.691	2,33 0,80	-8,35 -4,19	15,25 11,18	C5	23.317 17.856	10,49 3,05	4.227 950	127 29	8 8	1,31 0,38	528 119
C5 R6	24.540 17.870	8,37 2,92	-8,13 -2,05	19,42 13,48	R6	24.593 18.259	-14,26 -7,60	-4.533 -3.208	136 96	10 10	-1,43 -0,76	-453 -321
R6 C7	25.933 18.327	1,82 0,56	-27,74 -24,62	32,67 29,81	C7	26.032 18.754	15,28 12,20	6.823 3.984	205 120	12 12	1,27 1,02	569 332
C7 C8	26.488 18.814	0,70 0,10	-17,77 -15,18	21,16 18,54	C8	26.590 18.990	14,97 12,05	6.911 3.987	207 120	12 12	1,25 1,00	576 332
C8 C9	26.967 19.050	1,49 0,44	-6,64 -3,81	11,54 8,67	C9	27.007 19.149	6,12 1,63	2.861 544	86 16	6 6	1,02 0,27	477 91
C9 R10	27.598 19.157	3,32 1,24	-7,04 -3,04	14,18 10,43	R10	27.666 19.400	-13,37 -8,93	-4.826 -4.217	145 127	12 12	-1,11 -0,74	-402 -351
R10 C11	29.131 19.468	1,67 0,59	-23,80 -20,83	28,56 25,92	C11	29.184 19.822	7,38 3,24	3.687 1.119	111 34	8 8	0,92 0,40	461 140
C11 C12	30.784 19.839	3,46 1,34	-22,69 -19,15	29,19 25,87	C12	30.889 20.403	14,85 11,55	7.982 4.105	239 123	12 12	1,24 0,96	665 342
C12 C13	31.012 20.465	0,00 0,00	-14,34 -14,32	14,43 14,42	C13	31.114 20.543	14,59 12,52	7.890 4.494	237 135	12 12	1,22 1,04	657 375
C13 AM	31.218 20.610	0,02 0,00	-1,90 0,18	2,27 1,98	AM	31.247 20.625	4,51 2,22	2.459 853	74 26	4 4	1,13 0,56	615 213
AM PM	31.284 20.637	0,36 0,04	2,53 0,24	2,54 0,25								



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

Numero Campata	T(max) T(min) (daN)	F(max) F(min) (m)	av(max) av(min) (gradi)	am(max) am(min) (gradi)	Numero Sostegno Sostegno	Ts(max) Ts(min) (daN)	D(max) D(min) gradi	P(max) P(min) (daN)	At(max) At(min) (daN)	NR (n)	Du(max) Du(min) (gradi)	Pu(max) Pu(min) (daN)
RAMO DISCESA PV AV	28.016 19.746	0,32 0,04	2,14 0,21	2,05 0,29								
AV AV					AV	26.907 19.743	3,21 0,46	1.493 196	45 6	4 4	0,80 0,11	373 50
AV R1	26.893 19.740	0,05 0,00	2,91 0,16	2,14 -0,02	R1	26.805 19.676	-12,50 -10,33	-5.834 -4.269	175 128	12 12	-1,04 -0,86	-486 -356
R1 R2	26.726 19.612	0,01 0,00	-12,47 -12,26	14,53 12,56	R2	26.654 19.568	-10,40 -8,42	-4.829 -3.534	145 106	10 10	-1,04 -0,84	-483 -353
R2 R3	26.599 19.515	0,00 0,00	-22,95 -22,94	23,06 23,04	R3	26.524 19.478	-10,79 -8,86	-4.986 -3.626	150 109	12 12	-0,90 -0,74	-416 -302
R3 C3	26.822 19.424	0,40 0,05	-33,83 -31,90	36,03 34,32	C3	26.705 19.498	17,31 15,53	7.887 5.269	237 158	12 12	1,44 1,29	657 439
C3 C4	27.103 19.419	0,87 0,25	-18,91 -17,03	22,06 20,23	C4	27.004 19.533	14,62 11,84	6.665 4.028	200 121	12 12	1,22 0,99	555 336
C4 C5	27.316 19.473	1,74 0,73	-8,48 -5,66	13,68 11,05	C5	27.266 19.610	7,54 2,68	3.352 918	101 28	8 8	0,94 0,34	419 115
C5 R6	28.128 19.596	6,23 2,66	-8,37 -4,22	17,19 13,25	R6	28.047 19.842	-14,57 -10,13	-5.421 -4.592	163 138	12 12	-1,21 -0,84	-452 -383
R6 C7	29.059 19.767	1,34 0,52	-27,82 -25,57	31,66 29,74	C7	28.957 20.070	14,28 12,09	7.023 4.227	211 127	12 12	1,19 1,01	585 352
C7 C8	29.108 20.007	0,53 0,09	-17,80 -15,84	20,35 18,51	C8	29.004 20.061	13,99 11,97	6.967 4.184	209 125	12 12	1,17 1,00	581 349
C8 C9	29.130 19.998	1,16 0,42	-6,69 -4,56	10,60 8,62	C9	29.100 20.081	4,76 1,50	2.270 527	68 16	6 6	0,79 0,25	378 88
C9 R10	29.551 20.073	2,64 1,18	-7,11 -4,14	13,01 10,35	R10	29.467 20.177	-13,48 -10,26	-5.636 -4.735	169 142	12 12	-1,12 -0,85	-470 -395
R10 C11	30.520 20.106	1,40 0,57	-23,83 -21,58	27,79 25,89	C11	30.475 20.426	6,24 3,16	3.116 1.125	93 34	8 8	0,78 0,39	389 141
C11 C12	31.728 20.409	2,88 1,30	-22,73 -20,03	28,27 25,82	C12	31.625 20.850	13,93 11,50	7.552 4.179	227 125	12 12	1,16 0,96	629 348
C12 C13	31.532 20.787	0,02 0,00	-14,34 -13,93	15,82 14,41	C13	31.429 20.730	13,92 12,52	7.570 4.535	227 136	12 12	1,16 1,04	631 378
C13 AM	31.328 20.661	0,02 0,00	-1,90 -1,58	3,54 1,98	AM	31.297 20.650	3,81 2,22	2.031 854	61 26	4 4	0,95 0,56	508 214
AM PM	31.267 20.638	0,33 0,04	1,83 0,24	1,98 0,25								



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Calcoli di linea

### 6.5.4.3. Parametri significativi agli effetti delle norme

Nella Tabella 6-6 sono riportati i parametri di verifica significativi agli effetti della normativa vigente. I valori riportati sono da intendersi per la configurazione monofune, pertanto dovranno essere raddoppiati.

TENSIONE MASSIMA	[N]	322.698,18
GRADO DI SICUREZZA		4,38
TENSIONE MINIMA	[N]	221.245,85
CARICO NOMINALE PER MORSETTO	[N]	12.836,39
RAPPORTO T <sub>min</sub> / Q <sub>max</sub>	[n]	16,91
POTENZA CONTINUA AI MOTORI	[kW]	474,19
POTENZA DI PUNTA AI MOTORI	[kW]	614,92
POTENZA DI PUNTA NEGATIVA AI MOTORI	[kW]	-466,64
CORSA MASSIMA DEL TENDITORE (per sola variazione del carico)	[m]	0,59
CORSA PER AUMENTO DI TEMPERATURA (+50ø)	[m]	0,79
PEGGIOR RAPPORTO DI ADERENZA	[k]	1,43
EQUIVALENTE PER AVV. [180 ø] A UN COEFF. f =	[k]	0,11

Tabella 6-6 - Parametri significativi – Tronco 2

Come si può notare in tabella, il grado di sicurezza del secondo tronco è pari a 4,38 ed è stato il grado minimo ottenibile, essendo stato necessario, per ovvi motivi, mantenere lo stesso diametro della fune tra i due tronchi. L'impianto è stato ottimizzato il più possibile rispettando i vincoli normativi.



## 6.6. Intervia e franchi laterali

### 6.6.1. Analisi del vento di esercizio

Secondo normativa la pressione dinamica del vento in esercizio si ipotizza pari a:

$$q = 250 \text{ N/m}^2$$

$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \text{ con densità dell'aria} \rightarrow \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

il relativo valore del vento è dunque pari a:

$$v = 72 \text{ km/h}$$

### 6.6.2. "Piazza Principe – Lagaccio" - Ipotesi I – "Principe sotterranea" - Verifica intervia in linea (tra le campate)

Per l'ipotesi I del primo tronco dell'impianto in progetto è previsto con un'intervia in linea pari a 6,000 m. Questo valore verrà incrementato a 7,000 m in corrispondenza delle campate da C4 a C5 e da C5 a C6, dovuto alla grande entità delle campate alla quale corrisponderà uno sbandamento laterale in mezzeria importante.

CAMPATA da	a	LUNGHEZZA INCLINATA DELLA CAMPATA m	INGOMBRO VEICOLO SBANDATO (0.2 RAD) m	SBANDAMENTO LATERALE IN MEZZERIA m	INTERVIA MINIMA RICHIESTA m	INTERVIA DI PROGETTO m
AV	R1	2,000	2,200	0,000	4,400	6,000
R1	R2	12,151	2,200	0,002	4,402	6,000
R2	C3	26,072	2,200	0,009	4,409	6,000
C3	C4	248,322	2,200	0,852	5,252	6,000
C4	C5	446,334	2,200	2,364	6,764	7,000
C5	C6	407,506	2,200	2,197	6,597	7,000
C6	AM	28,500	2,200	0,011	4,411	6,000

Tabella 6-7 - Tronco 1 - Ipotesi I - Verifica intervia in linea



Viene verificata nelle campate C3 - C4, C4 - C5, C5 - C6 la deviazione orizzontale della fune, in particolare verificando che l'angolo di imbocco trasversale delle funi portanti-traenti sulle rulliere non superi 0,005 rad, come da normativa vigente.

**6.6.3. "Piazza Principe – Lagaccio" - Ipotesi I – "Principe sotterranea" - Verifica intervia in linea (in corrispondenza del sostegno)**

In corrispondenza del sostegno C4 e C5 si deve verificare che con un'oscillazione laterale interno linea di 0,34 rad non vi sia il contatto tra i vari elementi della funivia.

Aumentando in modo puntuale l'intervia dove necessario si è verificata la non interferenza tra gli elementi appartenenti all'impianto funiviario pertanto il valore individuato soddisfa tutte le richieste.

**6.6.4. "Piazza Principe – Lagaccio" - Ipotesi II – "Hennebique" - Verifica intervia in linea (tra le campate)**

Per l'ipotesi II del primo tronco dell'impianto in progetto è previsto con un'intervia in linea pari a 6,000 m. Questo valore verrà incrementato a 7,000 m in corrispondenza delle campate da C3 a C4 e da C4 a C5, dovuto alla grande entità delle campate alla quale corrisponderà uno sbandamento laterale in mezzeria importante.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Intervia e franchi laterali

CAMPATA		LUNGHEZZA INCLINATA DELLA CAMPATA	INGOMBRO VEICOLO SBANDATO (0.2 RAD)	SBANDAMENTO LATERALE IN MEZZERIA	INTERVIA MINIMA RICHIESTA	INTERVIA DI PROGETTO
da	a	m	m	m	m	m
AV	R1	1,000	2,200	0,000	4,400	6,000
R1	C2	61,050	2,200	0,051	4,451	6,000
C2	C3	330,860	2,200	1,504	5,904	6,000
C3	C4	446,330	2,200	2,364	6,764	7,000
C4	C5	407,520	2,200	2,201	6,601	7,000
C5	AM	28,500	2,200	0,011	4,411	6,000

Tabella 6-8 - Tronco 1 - Ipotesi II - Verifica intervia in linea

Viene verificata nelle campate C2 – C3, C3 - C4, C4 - C5 la deviazione orizzontale della fune, in particolare verificando che l'angolo di imbocco trasversale delle funi portanti-traenti sulle rulliere non superi 0,005 rad, come da normativa vigente.

### **6.6.5. "Piazza Principe – Lagaccio" - Ipotesi II – "Hennebique" - Verifica intervia in linea (in corrispondenza del sostegno)**

In corrispondenza del sostegno C3 e C4 si deve verificare che con un'oscillazione laterale interno linea di 0,34 rad non vi sia il contatto tra i vari elementi della funivia.

Aumentando in modo puntuale l'intervia dove necessario si è verificata la non interferenza tra gli elementi appartenenti all'impianto funiviario pertanto il valore individuato soddisfa tutte le richieste.



### 6.6.6. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi III – “Mare” - Verifica intervia in linea (tra le campate)

Per l’ipotesi III del primo tronco dell’impianto in progetto è previsto con un’intervia in linea pari a 6,000 m. Questo valore verrà incrementato a 7,000 m in corrispondenza delle campate da C3 a C4 e da C4 a C5, dovuto alla grande entità delle campate alla quale corrisponderà uno sbandamento laterale in mezzeria importante.

CAMPATA		LUNGHEZZA INCLINATA DELLA CAMPATA	INGOMBRO VEICOLO SBANDATO (0.2 RAD)	SBANDAMENTO LATERALE IN MEZZERIA	INTERVIA MINIMA RICHIESTA	INTERVIA DI PROGETTO
da	a	m	m	m	m	da
AV	R1	1,000	2,200	0,000	4,400	6,000
R1	C2	121,640	2,200	0,203	4,603	6,000
C2	C3	290,350	2,200	1,151	5,551	6,000
C3	C4	513,050	2,200	2,657	7,057	7,000
C4	C5	385,650	2,200	2,005	6,405	7,000
C5	AM	29,760	2,200	0,012	4,412	6,000

Tabella 6-9 – Tronco 1 - Ipotesi III - Verifica intervia in linea

Viene verificata nelle campate C2 – C3, C3 - C4, C4 - C5 la deviazione orizzontale della fune, in particolare verificando che l’angolo di imbocco trasversale delle funi portanti-traenti sulle rulliere non superi 0,005 rad, come da normativa vigente.

### 6.6.7. “Piazza Principe – Lagaccio” - Ipotesi III – “Mare” - Verifica intervia in linea (in corrispondenza del sostegno)

In corrispondenza del sostegno C3 e C4 si deve verificare che con un’oscillazione laterale interno linea di 0,34 rad non vi sia il contatto tra i vari elementi della funivia.



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Intervia e franchi laterali

Aumentando in modo puntuale l'intervia dove necessario si è verificata la non interferenza tra gli elementi appartenenti all'impianto funiviario pertanto il valore individuato soddisfa tutte le richieste.

### 6.6.8. "Lagaccio – Begato" - Verifica intervia in linea (tra le campate)

Per il secondo tronco dell'impianto in progetto è previsto con un'intervia in linea pari a 6,000 m.

CAMPATA		LUNGHEZZA INCLINATA DELLA CAMPATA	INGOMBRO VEICOLO SBANDATO (0.2 RAD)	SBANDAMENTO LATERALE IN MEZZERIA	INTERVIA MINIMA RICHIESTA	INTERVIA DI PROGETTO
DA	A	M	M	M	M	DA
AV	R1	9,257	2,200	0,001	4,401	6,000
R1	R2	5,736	2,200	0,001	4,401	6,000
R2	R3	6,409	2,200	0,001	4,401	6,000
R3	C3	39,234	2,200	0,025	4,425	6,000
C3	C4	74,834	2,200	0,086	4,486	6,000
C4	C5	127,853	2,200	0,242	4,642	6,000
C5	R6	245,876	2,200	0,870	5,270	6,000
R6	C7	109,530	2,200	0,164	4,564	6,000
C7	C8	53,671	2,200	0,037	4,437	6,000
C8	C9	97,872	2,200	0,121	4,521	6,000
C9	R10	165,420	2,200	0,340	4,740	6,000
R10	C11	115,177	2,200	0,161	4,561	6,000
C11	C12	175,542	2,200	0,356	4,756	6,000
C12	C13	6,194	2,200	0,000	4,400	6,000
C13	AM	7,004	2,200	0,001	4,401	6,000

Tabella 6-10 - Tronco 2 - Verifica intervia in linea



## **6.7. Altezze dei veicoli dal suolo**

### **6.7.1. Altezze minime**

#### **6.7.1.1. Principe - Lagaccio**

La valutazione dei franchi minimi avviene nelle condizioni di linea carica e tiro ridotto del 10%, con moto a regime. Le frecce statiche sono incrementate del 25%, per tenere conto dell'effetto dinamico.

Il franco minimo fra il fondo cabina e il terreno, secondo le vigenti D.P.T. non deve essere inferiore a 2,50 m. Pertanto, il franco tra la fune ed il terreno deve essere almeno pari a:

$$f_{min} = 2,50m + 5,00m = 7,50 m$$

Come risulta dal profilo longitudinale di linea, tali valori vengono rispettati lungo tutto il tracciato.

#### **6.7.1.2. Lagaccio – Begato**

La valutazione dei franchi minimi avviene nelle condizioni di linea carica e tiro ridotto del 10%, con moto a regime. Le frecce statiche sono incrementate del 25%, per tenere conto dell'effetto dinamico.

Il franco minimo fra il fondo cabina e il terreno, secondo le vigenti D.P.T. non deve essere inferiore a 2,50 m. Pertanto, il franco tra la fune ed il terreno deve essere almeno pari a:

$$f_{min} = 2,50 + 5,00 = 7,50 m$$

Come risulta dal profilo longitudinale di linea, tali valori vengono rispettati lungo tutto il tracciato eccetto nel tratto antistante la stazione di valle, tratto che sarà soggetto a recinzione.



## 6.7.2. Altezze massime

### 6.7.2.1. Principe - Lagaccio

Il franco massimo fra il bordo inferiore del veicolo, secondo le vigenti normative nel caso di fune portante-traente, non deve essere superiore a 30 m. Come già anticipato la scelta di utilizzare una configurazione con doppia fune portante-traente serve, oltre che per minimizzare gli effetti del vento sulla cabina, a poter innalzare il franco massimo fino a 60 m come sancito dal **Decreto R.D. 337 del 16 novembre 2012**, art. 3.4.2.2 dell'Allegato Tecnico.

Come risulta dal profilo longitudinale di linea, il franco massimo di 60 m viene rispettato lungo tutti i tracciati del primo tronco.

### 6.7.2.2. Lagaccio - Begato

Nel secondo tronco il franco massimo di 30 m viene mantenuto per tutta la linea, eccetto nella campata C9-R10 dove si ha un superamento di 2 m dai 30 m. Avendo a disposizione la doppia fune portante-traente che permette di innalzare il franco massimo da 30 m a 60 m, questo superamento non determina nessun problema.

Come risulta dal profilo longitudinale di linea, il franco massimo di 60 m viene rispettato lungo tutti i tracciati del primo tronco.



## **6.8. Operazioni soccorso**

Le operazioni di soccorso, previste dalle linee guida UNI/TR 11735:2018 che riportano alla normativa D.M. 337/2012 nel caso di impianti aerei, sono considerano impianti di tipo montano, dove di norma i frequentatori degli stessi sono sportivi o individui che hanno la consapevolezza di star salendo su un impianto situato su versanti montani. Nel caso di un impianto cittadino, le problematiche da affrontare sono diverse, sia per la presenza di edifici al di sotto della linea, sia per la tipologia varia di passeggeri che l'impianto stesso può trasportare (*"Il sistema e le procedure d'evacuazione devono tener conto della possibile presenza di disabili e di persone di limitata mobilità."*, Capitolo 5.7.2 UNI/TR 11735:2018).

### **6.8.1. Organizzazione**

Il soccorso in linea è diversificato nei due diversi tronchi, in particolare nel primo tronco le condizioni difficili dovute alla presenza di edifici (sia abitazioni private, che di uso pubblico) e quindi quote di sorvolo elevate comportano la scelta delle operazioni di soccorso in una linea di soccorso al di sopra della linea principale.

### **6.8.2. Principe - Lagaccio**

Nel primo tronco sarà presente una cabina di soccorso presenziata dai soccorritori e un cesto, entrambi ammorsati ad una fune portante-traente, quest'ultimo potrà essere calato di fronte alla cabina e che permetta recuperare il passeggero. Le operazioni si divideranno quindi in due tipologie, soccorso con calata, attraverso l'uso del cesto e soccorso con recupero in linea con risalita, sempre attraverso il cesto motorizzato,



## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Operazioni soccorso

sulla cabina dedicato in particolare a persone anziane e persone con disabilità motorie.

Nel primo caso la procedura sarà la seguente:

- Posizionamento del cesto in linea al di sopra delle cabine presenziate da passeggeri
- Calata del personale di soccorso
- Imbracatura e messa in sicurezza del passeggero
- Se le condizioni al di sotto del cesto non permettono la discesa in sicurezza, si prevede di muovere lungo la linea il cesto in maniera da rendere possibile la discesa in sicurezza nella più breve distanza possibile
- Calata in sicurezza del passeggero

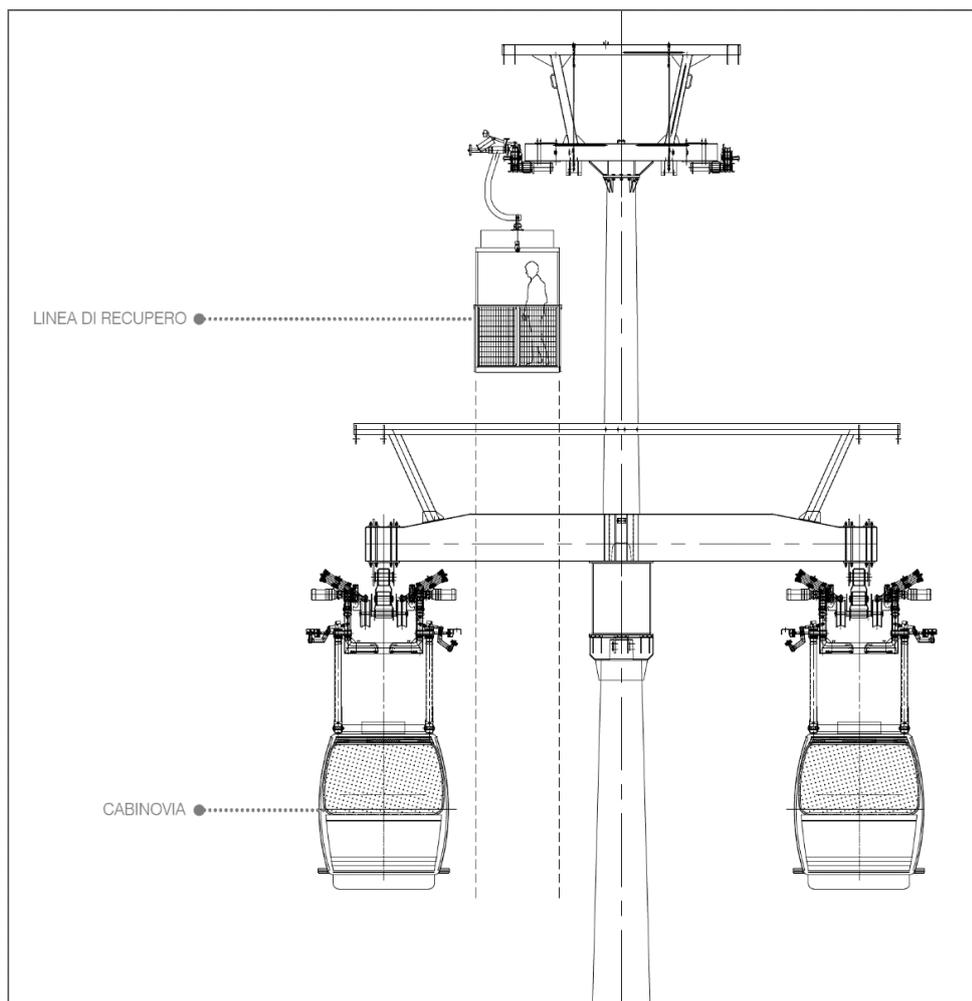


Fig. 6-20 - Sistema di soccorso con linea di recupero



Nel secondo caso la procedura si differenzierà in maniera tale:

- Posizionamento della cabina di soccorso in linea al di sopra delle cabine presenziate da passeggeri
- Calata del personale di soccorso attraverso il cesto motorizzato
- Imbracatura e messa in sicurezza del passeggero con difficoltà motorie
- Risalita del cesto e posizionamento passeggero nella cabina di soccorso
- Ritorno alla stazione più vicina

### 6.8.3. Lagaccio - Begato

Nel secondo tronco le operazioni saranno le medesime del soccorso negli impianti a fune ordinarie, ovvero il soccorritore raggiunge la quota della linea dal sostegno più vicino, si assicura alla fune, si avvicina alle cabine, imbraga i passeggeri uno alla volta e il recupero quindi avverrà tramite calata su terreno sottostante la cabina, in condizioni di sicurezza.



*Fig. 6-21 - Soccorso di tipo tradizionale montano su una telecabina*



## 6.9. Modalità operative

È prevista la presenza di alcuni operatori in stazione per ragioni di sicurezza e con la finalità di ausilio a persone a ridotta mobilità o con attrezzatura quale passeggini e/o biciclette durante le fasi di salita e discesa dai veicoli. Data la natura urbana e turistica del collegamento, è possibile diminuire il numero di operatori in stazione rispetto al caso montano, in cui gli utilizzatori devono essere maggiormente supportati per via della pesante attrezzatura.

È prevista una sala di controllo, in cui gli operatori hanno accesso in tempo reale ai dati tecnici di marcia (quali velocità della linea, potenza e coppia erogata dal motore) e, tramite un sistema di videosorveglianza, possono vedere in tempo reale le aree imbarco e di afflusso/deflusso degli utilizzatori.

La comunicazione bidirezionale tra veicolo e sala di controllo è assicurata da microfoni, altoparlanti e telecamere installati all'interno del veicolo, attraverso cui gli occupanti possono segnalare eventuali emergenze, anomalie o situazioni di potenziale pericolo.



## 6.10. Sostenibilità, risorse energetiche e mobilità negli scenari futuri

Le infrastrutture sostenibili sono uno degli elementi fondamentali per l'utilizzo delle risorse in generale in maniera sostenibile e nello specifico per rendere più efficiente, efficace e convincente il governo delle aree urbane.

Nel corso degli anni, l'Italia, ha adeguato la normativa a quella Europea, con direttive e leggi sia generali che a carattere settoriale.

### THE GLOBAL GOALS For Sustainable Development



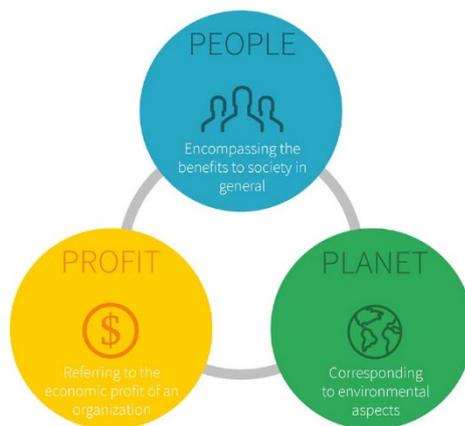
Fig. 6-22 – I 17 obiettivi globali per lo sviluppo sostenibile concordati dall'Organizzazione delle Nazioni Unite

Le infrastrutture verdi, l'urbanizzazione e il cambiamento climatico sono temi che rientrano negli orientamenti della Strategia Europa 2020.

Nata per contrastare la crisi del 2008, questa strategia si è posta come obiettivo una crescita sostenibile sotto il profilo dell'uso delle risorse, per sostenere le sfide della globalizzazione e ridurre gli effetti negativi sui grandi divari economici e sociali e nell'ottica del riscaldamento globale.

### **6.10.1. Genova - Focus sul Patto per lo sviluppo della città**

In riferimento al Patto per lo sviluppo della Città di Genova, un accordo sottoscritto il 26 novembre 2016 tra il Presidente del Consiglio dei Ministri e il Sindaco della Città di Genova, le Parti si sono impegnate per realizzare diversi interventi sul territorio della Città di Genova e dell'Area Metropolitana. Il Patto finanzia una serie di interventi, suddivisi per aree tematiche attraverso le risorse del FSC 2014-2020 (Fondo per lo Sviluppo e la Coesione).



*Fig. 6-23 – Il “Triple bottom line” (o Triplice Approccio) per uno sviluppo sostenibile*

### **6.10.2. Triple Bottom Line (People – Planet - Profit)**

Le infrastrutture e i trasporti generano inquinamento atmosferico, rumore, congestione e incidenti stradali, in particolare il settore è responsabile attualmente di quasi un quarto delle emissioni di gas a effetto serra dell'Europa e queste sono in aumento.

Il piano d'azione per una mobilità prima a basse, poi a zero, emissioni è stato presentato dalla Commissione nel 2016 e le proposte successive

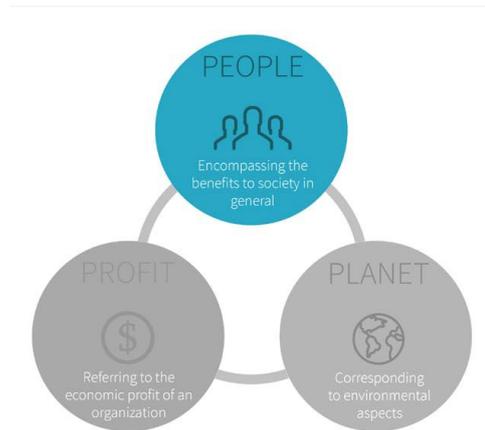


## Soluzione progettuale: Cabinovia Forte Begato - Sostenibilità, risorse energetiche e mobilità negli scenari futuri

della strategia “Europa in movimento” mettono a disposizione numerose misure per migliorare la sostenibilità del sistema dei trasporti.

### 6.10.2.1. People

- Passaggio ad uso esclusivo
- Una vista unica durante il viaggio che conferisce all’ impianto una componente turistica
- Accessibilità con salita e discesa senza barriere
- Comfort delle cabine
- Impatto sociale positivo grazie ad una veloce mobilità urbana



### 6.10.2.2. Planet

- Unità motrice centrale e bilancio energetico positivo
- Ridotta impronta ecologica e livello inferiore di emissioni di CO2
- Superamento delle pendenze e flessibilità nell’ adattamento alla conformazione del territorio
- Accessibilità a patrimoni storici e aree sensibili
- Economia circolare con attenzione al fine vita dei veicoli





### 6.10.2.3. Profit

- ingombro contenuto per un ottimo inserimento nel contesto urbano
- possibilità di superare eventuali ostacoli senza interventi urbanistici aggiuntivi
- tempi ridotti per la realizzazione grazie al sistema costruttivo modulare
- costi di investimento e gestione relativamente contenuti
- tempi di percorrenza regolari e trasporto continuo con ridotti tempi di attesa





## 7. Conclusioni

Nel campo dei sistemi di trasporto innovativi la soluzione individuata per il collegamento *Piazza Principe-Lagaccio-Forte Begato* presenta notevoli vantaggi sia sotto il punto di vista di mobilità sostenibile, sia in termini di collegamento tramite trasporto pubblico/turistico. Come si è visto sono di notevole importanza i benefici per la comunità in termini di riqualificazione urbana e la capacità di contribuire allo sviluppo del turismo cittadino e regionale, benefici già appurati in altre realtà oramai già ben affermate come il CAPM di Medellín o meglio ancora il Mi Teleferico, CAPM boliviano che collega La Paz-El Alto, dove la presenza di un sistema di trasporto innovativo ha permesso una riqualifica del territorio. Nel caso genovese, la presenza di un impianto di collegamento porterebbe ad una migliore gestione del traffico urbano con il collegamento Piazza Principe-Lagaccio. In più la particolare conformazione del territorio di Genova ha permesso in passato, e permetterà in futuro, sviluppi di mobilità su impianti speciali, che si trovano perfettamente in linea con le caratteristiche richieste dall'Unione Europea per gli orientamenti della Strategia Europa 2020.

Il progetto, nel suo studio di prefattibilità, sviluppato in Dimensione Ingegnerie Srls nel corso del lavoro di tesi, è stato presentato e consegnato in data 03/12/2019 al responsabile unico del procedimento (R.U.P.) nell'ambito di un'operazione di Partenariato Pubblico Privato ai sensi dell'art.183 D.lgs 50/2016.





## 8. Bibliografia

AA. VV., 1980. *“Storia del trasporto pubblico a Genova”*, Genova: SAGEP Editrice

Ordinamento e programmazione trasporti, 1980. *“Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell’esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto”*, D.P.R. 11 luglio 1980, n.753, Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A.

D’Armini, P., 1981. *“Elementi di progetto per impianti a fune”*, Roma: ESA.

Marocchi, D., 1985. *“Trasporti a fune: funivie, telecabine, seggiovie, sciovie, funicolari terrestri, teleferiche”*, Torino: Levrotto e Bella.

Crotti, A., Alberto, D., Dalla Chiara, B., Vallana, M., 2006. *“Impianti a fune, elementi costitutivi, progettazione ed esercizio”*, Torino: Mariogros.

Dalla Chiara B., Degioanni P., 2007. *“Un Automated People Mover (APM) con trazione a fune e struttura a rete.”* Ingegneria Ferroviaria, pp. 1-15

Finauri, S., 2007. *“Forti di Genova: storia, tecnica e architettura dei fortini difensivi”*, Genova: Edizioni Servizi Editoriali

Merella, A., 2007. *“Sistemi non convenzionali di trasporto pubblico”*, Milano: Angeli.

UNI, (2007), *“Safety requirements for cableway installation designed to carry person”*, UNI EN 12929-1, UNI EN 13223.

UNI EN 12930: 2007 *“Requisiti di sicurezza per gli impianti a fune progettati per il trasporto di persone - Calcolo”*;

Rete di 25 Associazioni dei quartieri Oregina, Lagaccio e San Teodoro, 2009. *“Quartieri senza muri”*, Genova

Ortúzar J. D., Willumsen L. G., 2011. *“Modelling Transport”*, UK:Wiley

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2012. *“Disposizioni e prescrizioni tecniche per le infrastrutture degli impianti a fune adibiti al trasporto”*



*di persone.*”, Allegato Tecnico al D. D. del 16 novembre 2012, n. 337, Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A.

Leder William H & Sproule William J, 2013. *“Cable Propelled Transit Systems - Emirates Air Line London.”* In *Automated People Movers and Transit Systems 2013*. American Society of Civil Engineers (ASCE), pp. 1–5.

Bozzano, C., Pastore, R., Serra, C., 2014. *“Genova in salita”*, Genova: Nuova Editrice Genovese

Fornasari, E., 2014. *“Ascensori e impianti di sollevamento”*, Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli

Affatato, Mauro et al., 2015. *“Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico.”* *Ingegneria Ferroviaria*, pp. 901-926 - ISSN: 0020–0956.

Verdiani, G., 2016. *“Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII Centuries / Vol. IV”*, Firenze: FORTMED

Mattia, Navone et al., 2017. *“Cable driven Automated People Movers for urban applications: modelling the roller for investigating energy consumption / Impianti automatici con trazione a fune per trasporti urbani: modellazione dei rulli per la verifica del consumo energetico.”* In: *INGEGNERIA FERROVIARIA*, pp. - ISSN: 0020–0956

de Tomás Medina, C., 2018. *“Urban regeneration of Medellin. An example of sustainability.”*, 3(1), pp. 47–54.

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2018. *“Norme Tecniche per le Costruzioni 2018”*, NTC2018, D.M. 17 gennaio 2018, Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A.

Garsous, G., Suárez-Alemán, A. & Serebrisky, T., 2019. *“Cable cars in urban transport: Travel time savings from La Paz-El Alto (Bolivia).”* *Transport Policy*, 75, pp. 171–182.



## 9. Sitografia

Stazioni marittime, *portsofgenoa.com*

[www.portsofgenoa.com/it/passeggeri-turismo/term-crociere/crociere-staz-marittime.html](http://www.portsofgenoa.com/it/passeggeri-turismo/term-crociere/crociere-staz-marittime.html)

Carta geografica della Liguria, *loescher.it*

[www.loescher.it/librionline/risorse\\_vagamondo/download/regioni/liguria\\_carta\\_dati.pdf](http://www.loescher.it/librionline/risorse_vagamondo/download/regioni/liguria_carta_dati.pdf)

AMT Genova

[www.amt.genova.it](http://www.amt.genova.it)

Carta della mobilità 2017-2018, *amt.genova.it*

[www.amt.genova.it/amt/wp-content/uploads/2018/02/Carta-della-mobilit%C3%A0-2017-18-Sito.pdf](http://www.amt.genova.it/amt/wp-content/uploads/2018/02/Carta-della-mobilit%C3%A0-2017-18-Sito.pdf)

Mappa impianti speciali, *amt.genova.it*

[www.amt.genova.it/amt/wp-content/uploads/2019/06/IMPS-x-sito.png](http://www.amt.genova.it/amt/wp-content/uploads/2019/06/IMPS-x-sito.png)

Sul tetto della città, *amt.genova.it*

[www.amt.genova.it/amt/wp-content/uploads/2019/12/SITO-TETTO-della-citt%C3%A0-ITALIANO.pdf](http://www.amt.genova.it/amt/wp-content/uploads/2019/12/SITO-TETTO-della-citt%C3%A0-ITALIANO.pdf)

Ascensore Montegalletto, Omnibus Mese, Rivista Aziendale AMT,

<http://www.metrogenova.com/pdf/retiemezzi/impiantispeciali/montegalletto.pdf>

Città metropolitana di Genova

[pums.cittametropolitana.genova.it/content/approvazione-del-pums](http://pums.cittametropolitana.genova.it/content/approvazione-del-pums)

Geoportale Regione Liguria - Rischio Geomorfologico ed Idrogeologico

<https://geoportal.regione.liguria.it>



## Appendice A: Definizione profili altimetrici

La definizione dei profili altimetrici è stata effettuata con l'ausilio del software QGIS, Microsoft Excel e AutoCAD. Una volta rifiniti i vari profili dagli errori di interpolazione si sono estratti i dati di altimetria per l'utilizzo del software SIF.

### Importazione modello DTM e DSM e referenziazione nel corretto datum nel software QGIS per estrazione profilo altimetrico

Il comune di Genova ha messo a disposizione a Dimensione Ingegnerie i modelli DTM e DSM più recenti e non ancora disponibili sul Geoportale della Liguria.

Sono stati quindi importati come raster all'interno del software QGIS, e referenziati attraverso il sistema di riferimento *ETRS89/UTM zone 32N – Proiettato* (Fig. 9-1).

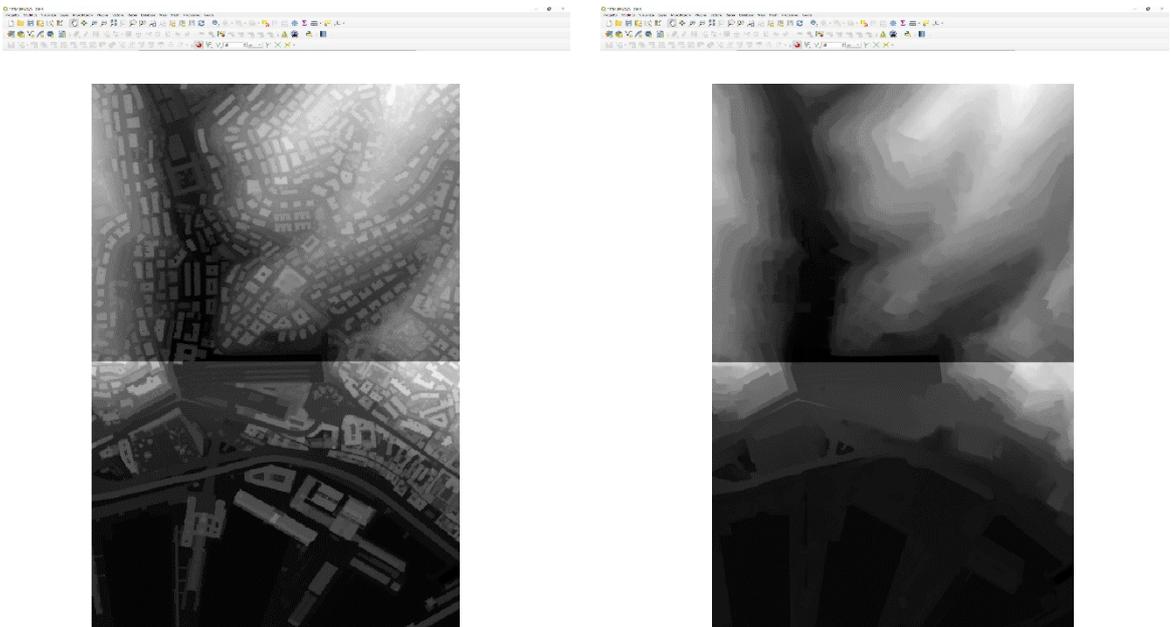


Fig. 9-1 -Una porzione di DTM e DSM di Genova, dell'area del porto di Genova, inseriti e referenziati nel software QGIS

### Definizione layer vettore con profilo planimetrico

Una volta individuato il tracciato planimetrico si può procedere a inserirlo nel QGIS come layer vettoriale di tipo lineare, in maniera da avere uno shapefile in formato vettoriale referenziato.

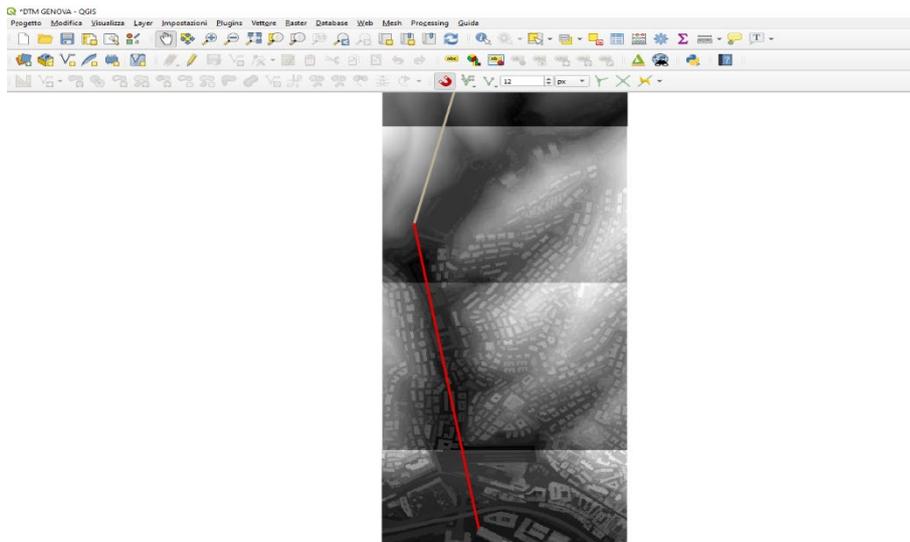


Fig. 9-2 - Definizione di un tracciato per l'estrazione dei dati di altimetria

### Utilizzo del plugin qProf

Il plugin qProf (Fig. 9-3) è un software di terze parti, sviluppato e integrabile direttamente in QGIS. Il programma permette di definire un profilo interpolato (con una precisione impostabile, ma che non deve superare i limiti di precisione del modello DTM) in maniera molto rapida. Il programma necessita in input di DTM/DSM, una linea digitalizzata o nell'evenienza un Line Layer predefinito, come nel caso qui esposto.

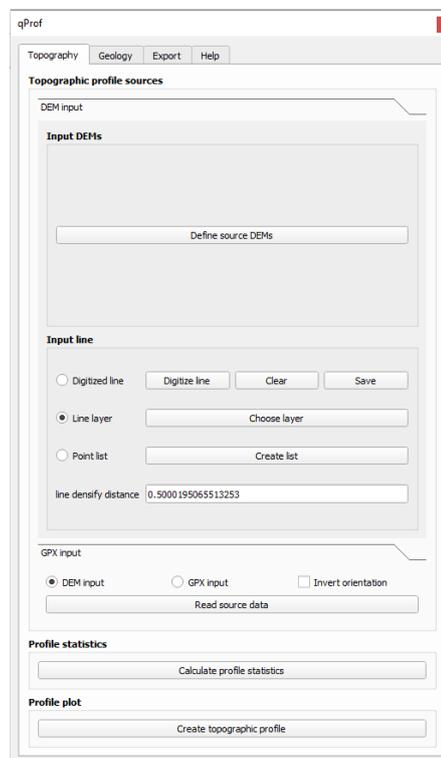


Fig. 9-3 - L'interfaccia del plugin qProf

Attraverso il software si può avere direttamente una conferma grafica (Fig. 9-4) dell'estrazione dati, se il processo è avvenuto correttamente.

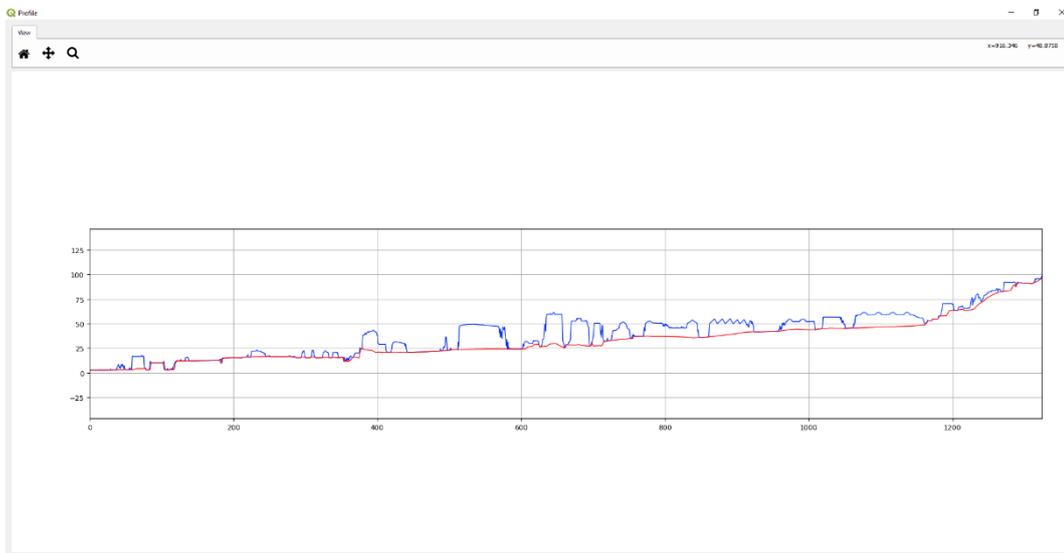


Fig. 9-4 - Il risultato dell'estrazione dati dal software qProf.  
In blu il dato del DSM (Digital Shape Model) e in rosso il DTM (Digital Terrain Model)

### Estrazione dati in CSV

Una volta interpolati i dati si può procedere all'estrazione dei punti in formato CSV (Comma Separated Values) che permette di poter fare delle elaborazioni o concatenamenti in un foglio di calcolo. Questo step è riportato in figura (Fig. 9-5).

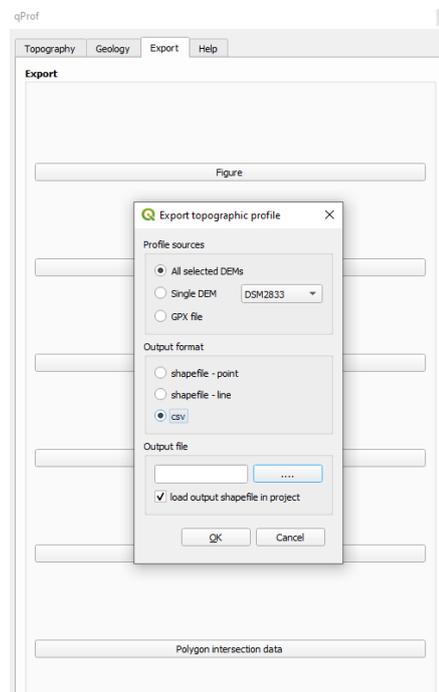


Fig. 9-5 - Estrazione dati dal plugin qProf in formato CSV



# Appendice A: Definizione profili altimetrici - Utilizzo del plugin qProf

## Preparazione dati per importazione in polilinea

Attraverso l'ausilio di un foglio di calcolo si sono combinati i diversi dati da DTM e DSM in maniera da ottenere un elenco di coordinate da poter importare come polilinea all'interno di AutoCAD.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	prof	rec	x	y	costo	costo_1	costo_2	costo_3	costo_4	costo_5	costo_6	costo_7	costo_8	costo_9	costo_10	costo_11	costo_12	costo_13	costo_14	costo_15	costo_16
2	1	1	491592.65	491704.949	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	2	491598.451	491704.975	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	3	491598.3301	491704.948	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	4	491598.2451	491704.848	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	5	491598.1501	491704.804	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	6	491598.0551	491704.748	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	7	491597.9602	491704.699	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	8	491597.8653	491704.645	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	9	491597.7704	491704.595	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	10	491597.6755	491704.547	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	11	491597.5806	491704.495	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	12	491597.4857	491704.443	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	13	491597.3908	491704.389	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	14	491597.2959	491704.338	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	15	491597.2010	491704.281	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	16	491597.1061	491704.224	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	17	491597.0112	491704.166	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	18	491596.9163	491704.109	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	19	491596.8214	491704.052	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	20	491596.7265	491703.995	9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	21	491596.6316	491703.938	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	22	491596.5367	491703.881	10.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	23	491596.4418	491703.824	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	24	491596.3469	491703.767	11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	25	491596.2520	491703.710	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	26	491596.1571	491703.653	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	27	491596.0622	491703.596	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	28	491595.9673	491703.539	13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	29	491595.8724	491703.482	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1	30	491595.7775	491703.425	14.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	31	491595.6826	491703.368	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1	32	491595.5877	491703.311	15.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1	33	491595.4928	491703.254	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	34	491595.3979	491703.197	16.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1	35	491595.3030	491703.140	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	36	491595.2081	491703.083	17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	37	491595.1132	491703.026	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	38	491595.0183	491702.969	18.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	39	491594.9234	491702.912	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1	40	491594.8285	491702.855	19.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1	41	491594.7336	491702.798	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	42	491594.6387	491702.741	20.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	43	491594.5438	491702.684	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	44	491594.4489	491702.627	21.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 9-6 - Foglio di calcolo per importazione coordinate in AutoCAD

## Regolarizzazione del profilo

Una volta estratto il profilo dal plugin qProf dai DTM e DSM per adattare i profili seghettati legati alla precisione dell'interpolazione dei dati, vengono presi i volumi d'ingombro massimi degli edifici e degli elementi presenti lungo il profilo longitudinale.

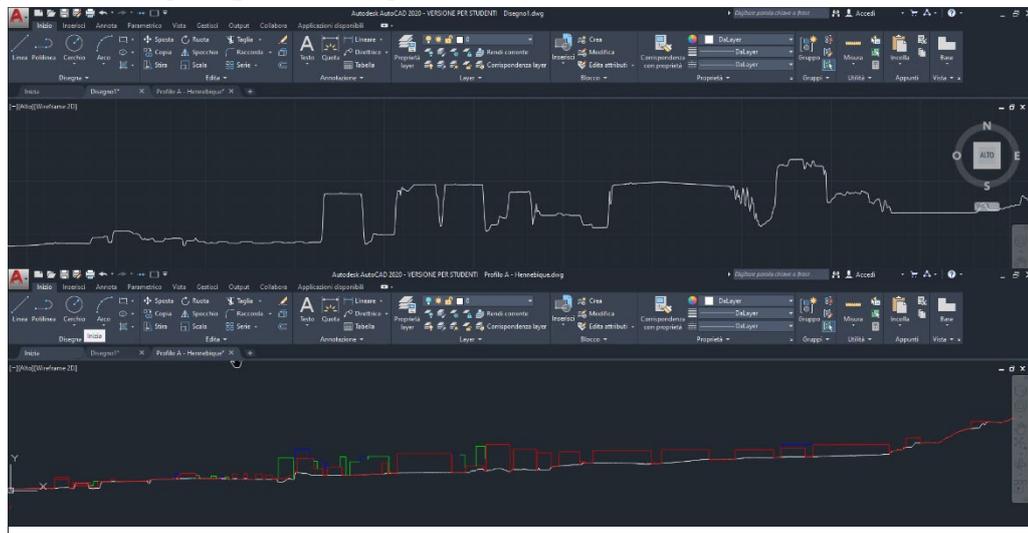


Fig. 9-7 - Il profilo pre e post elaborazione su AutoCAD



## Appendice B: Verifiche di linea

### Ipotesi I – Principe sotterranea

#### 6.3 NUMERO MASSIMO di passeggeri in linea (par. 3.1.3.4)

Tipologia di impianto: Cabinovia otto posti ad ammorsamento automatico

Veicolo: cabina 8 posti

Nr. di persone per veicolo: 8,00

		% di carico 100	nr. viaggiatori	
Veicoli tot. ramo salita:	iniziali 17		136	
	finali 0	100	0	
Veicoli tot. ramo discesa:	iniziali 17	100	136	
	finali 0	100	0	
<b>Nr. totale viaggiatori:</b>	<b>iniziali 272</b>	<b>&lt;</b>	<b>500</b>	<b>OK</b>
	<b>finali 0</b>	<b>&lt;</b>	<b>500</b>	<b>OK</b>

#### 6.11 INTERVIA IN LINEA (par. 3.3.4)

Dati di ingresso:

diametro fune p-t	d =	0,044 mm
superficie laterale con veicolo carico	A_FBM =	7,28 m <sup>2</sup>
superficie laterale con veicolo vuoto	A_FBM_U =	7,28 m <sup>2</sup>
minima distanza tra veicoli:	e =	72,00 m
coefficiente di forma della fune	cw_seil =	1,20
coefficiente di forma del veicolo vuoto:	Ctrasv_vv FBM_e =	1,10
coefficiente di forma del veicolo carico:	Ctrasv_vv FBM_l =	1,10
pressione del vento in esercizio	p_Wind IE=	0,25 kN/m <sup>2</sup>
pressione del vento fuori esercizio	p_Wind FE=	1,20 kN/m <sup>2</sup>
lunghezza inclinata della campata	Ls_j =	vedere tabella
Tensione minima fune in campata (Tn - %)	Smin_j =	vedere tabella

Calcoli:

sbandamento laterale in mezzeria  $f_h = ((c_w \cdot c_{seil} \cdot d + c_w \cdot A_{FBM} / e) \cdot p_{Wind} \cdot L_{s_j}^2) / 8 / S_{min_i}$

angolo di ingresso trasversale =  $\alpha = \text{ARCTAN}(4 \cdot f_h / L_{s_j}) \cdot 180 / \pi$

forza orizzontale sul primo rullo  $F_H = ((c_w \cdot c_{seil} \cdot d + c_w \cdot A_{FBM} / e) \cdot p_{Wind} \cdot L_{s_j} / 2)$



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

**Calcolo per intervalla minima IN ESERCIZIO:**

Campata		Ls <sub>j</sub>	Tmin <sub>j</sub>	fh	alfa	F <sub>H</sub>
da	a	m	kN	m	°	kN
PV	AV	19,00	313,68	0,0059	0,0712	0,1948
AV	R1	2,00	313,28	0,0001	0,0075	0,0205
R1	R2	12,14	311,87	0,0024	0,0457	0,1245
R2	C3	26,08	310,77	0,0112	0,0986	0,2674
C3	C4	248,32	310,19	1,0193	0,9406	2,5464
C4	C5	446,33	317,40	2,8297	1,4527	4,0245
C5	C6	407,51	316,72	2,6292	1,4784	4,0869
C6	AM	28,50	316,20	0,0132	0,1059	0,2923
AM	PM	22,25	311,78	0,0081	0,0839	0,2282

**Tmin<sub>j</sub> da calcolo con linea carica e Tn.**

Ingombro veicolo sbandato di 0.2 rad	I =	2,200 m
Massima freccia in centro campata per effetto vento		2,830 m
Franco interno da rispettare	Y =	0,000 m
Minima intervalla richiesta	Int <sub>min</sub> =	<b>7,229 m</b>
Intervalla di progetto	Int <sub>prog</sub> =	<b>7,500 m</b>

Verifica: Int <sub>prog</sub> ≥ Int <sub>min</sub>	OK
--	----

**Calcolo per ingombro trasversale massimo FUORI ESERCIZIO:**

Campata		Ls <sub>j</sub>	Tmin <sub>j</sub>	fh	alfa	F <sub>H</sub>
da	a	m	kN	m	°	kN
PV	AV	19,00	239,18	0,0371	0,4481	0,9352
AV	R1	2,00	238,90	0,0004	0,0472	0,0984
R1	R2	12,14	237,82	0,0153	0,2880	0,5976
R2	C3	26,08	237,02	0,0706	0,6206	1,2837
C3	C4	248,32	236,68	6,4120	5,8969	12,2228
C4	C5	446,33	244,09	17,6619	8,9944	19,3177
C5	C6	407,51	243,42	16,4204	9,1562	19,6172
C6	AM	28,50	242,71	0,0824	0,6623	1,4028
AM	PM	22,25	242,38	0,0503	0,5178	1,0952

**Tmin<sub>j</sub> da calcolo con linea scarica e Tn - 8%.**

Ingombro veicolo sbandato di 0.34 rad		2,68 m
Massima freccia in centro campata per effetto vento		17,66 m
Franco esterno da rispettare		1,5 m
<b>Massimo ingombro laterale richiesto</b>	<b>Y<sub>max</sub> =</b>	<b>51,19 m</b>



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

### 6.12.3 ACCELERAZIONE CENTRIPETASU SOSTEGNO (par. 3.5.1.2)

Passo tra rulli

Appoggio =	0,656 m	656 mm	
Ritenuta =	0,656 m	656 mm	
Doppio effetto =	0,656 m	656 mm	
Velocità impianto =	5,00 m/s		
Accelerazione limite =	2,00 m/s <sup>2</sup>		secondo par. 3.5.1.2

#### ramo salita

Sostegno nr.	Numero rulli salita	Dev. fune (rad) salita	Raggio curvat. (m) salita	Acceleraz. (m/s <sup>2</sup> ) salita	Verifica
PV	0				
AV	2	0,0409	16,03	1,559	
R1	12	0,1560	46,27	0,540	OK
R2	12	0,1307	55,23	0,453	OK
C3	10	0,1586	37,23	0,671	OK
C4	32	0,5224	38,93	0,642	OK
C5	20	0,3653	34,12	0,733	OK
C6	12	0,1995	36,16	0,691	OK
AM	4	0,0459	42,85	0,583	
PM					

#### ramo discesa

Sostegno nr.	Numero rulli discesa	Dev. fune (rad) discesa	Raggio curvat. (m) discesa	Acceleraz. (m/s <sup>2</sup> ) discesa	Verifica
PV	0				
AV	2	0,0432	15,18	1,647	
R1	12	0,1560	46,27	0,540	OK
R2	12	0,1306	55,26	0,452	OK
C3	10	0,1340	44,07	0,567	OK
C4	32	0,4692	43,34	0,577	OK
C5	20	0,3016	41,33	0,605	OK
C6	12	0,1648	43,80	0,571	OK
AM	4	0,0443	44,38	0,563	
PM					

### 6.12.4 INTERVALLO MINIMO TRA DUE VEICOLI CONSECUTIVI (par.3.5.3.3)

$\alpha$  di ingresso all'imbarco = fino a 0.52 rad (30°)

Nr. persone per veicolo =	8,00	n			
Min. intervallo da normativa =	8	s			
Min. intervallo da calcolo di linea =	<b>14,40</b>	<b>s</b>	iniziale	<b>&gt; 8s</b>	<b>OK</b>
Min. intervallo da calcolo di linea =	<b>14,40</b>	<b>s</b>	finale	<b>&gt; 8s</b>	<b>OK</b>



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

### 6.15 FORZA TRASVERSALE SINGOLA - STF (par 14.6.2, 14.6.3)

T_min =	306918 N	tensione minima impianto (Tn - x%)		
Q_veh =	10150 N	peso veicolo carico		
<b>STF =</b>	<b>30</b>	rapporto forza trasversale	<b>≥ 15</b>	<b>OK</b>

### 6.15 COEFFICIENTE DI FLESSIONE (par 14.6.2, 14.6.3)

Diametro puleggia =	6.000,00 mm			
Diametro fune =	44,00 mm			
<b>D/d =</b>	<b>136,36</b>	<b>≥ 80</b>	<b>OK</b>	

### 6.15 GRADO DI SICUREZZA DELLA FUNE (par 14.6.2, 14.6.3)

Diametro fune =	44,00 mm			
Sezione metallica =	792,00 mm <sup>2</sup>			
Carico di rottura =	1.414,00 kN			

grado di sicurezza > 4

T_max =	351356 N	<b>g.d.s =</b>	<b>4,02</b>	<b>OK</b>
---------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a Tn, con carichi concentrati, azioni dinamiche in avviamento e frenatura.

grado di sicurezza < 20

T_min =	236377 N	<b>g.d.s =</b>	<b>5,98</b>	<b>OK</b>
---------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a Tn - x%, con carichi concentrati, nessuna azione dinamica.

Tn_fune nuda				
=	311030 N	<b>g.d.s =</b>	<b>4,55</b>	<b>OK</b>

Il grado di sicurezza viene valutato a Tn e fune nuda.



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

grado di sicurezza > 2.80 (valutato in fuori esercizio)

T\_max\_tot = 424473 N  
 T\_max\_ecc = 402850 N                      **g.d.s = 3,33    OK**  
 T\_vento = 5857 N  
 T\_ghiaccio = 15765 N

Valutato con carico ghiaccio secondo par. 14.1.5.3.2 e pressione vento pari a 0.60 del valore di cui al par. 14.1.5.2.

T\_max\_tot = 458454 N                      **g.d.s = 3,08    OK**  
 T\_max\_ecc = 402850 N  
 T\_vento = 16191 N  
 T\_ghiaccio = 39413 N

Valutato con pressione vento secondo il par. 14.1.5.2 e carico ghiaccio pari a 0.40 volte il valore di cui al par. 14.1.5.3.2.

### AUMENTO DELLA TENSIONE FUNE per effetto del manicotto di ghiaccio (par 14.1.5.3.2)

Densità del ghiaccio = 600              kg/m<sup>3</sup>  
 Spessore del manicotto = 25            mm

Diametro esterno manicotto = 0,094    m  
 Diametro interno manicotto = 0,044    m  
 Superficie del manicotto = 0,00542    m<sup>2</sup>  
**Peso del manicotto al m/l = 3,25        kg/m**

#### ramo salita

Campata		L_incl. L <sub>s_j</sub> (m)	Peso ghiaccio	fattore 0,4
da	a			
PV	AV	19,00	61,78	24,71
AV	R1	2,00	6,50	2,60
R1	R2	12,15	39,52	15,81
R2	C3	26,07	84,78	33,91
C3	C4	248,32	807,43	322,97
C4	C5	446,33	1451,28	580,51
C5	C6	407,51	1325,02	530,01
C6	AM	28,50	92,67	37,07
AM	PM	22,25	72,35	28,94
<b>Totale</b>			<b>3941,32</b>	<b>1576,53</b>

#### ramo discesa

Campata		L_incl. L <sub>s_j</sub> (m)	Peso ghiaccio	fattore 0,4
da	a			
PV	AV	19,00	61,78	24,71
AV	R1	2,00	6,50	2,60
R1	R2	12,15	39,52	15,81
R2	C3	26,07	84,78	33,91
C3	C4	248,32	807,43	322,97
C4	C5	446,33	1451,28	580,51
C5	C6	407,51	1325,02	530,01
C6	AM	28,50	92,67	37,07
AM	PM	22,25	72,35	28,94
<b>Totale</b>			<b>3941,32</b>	<b>1576,53</b>

A favore di sicurezza, si considera che il peso del ghiaccio si scarichi in asse fune come aumento di tensione. In esercizio non è previsto il manicotto di ghiaccio, in quanto prima dell'apertura dell'impianto occorre procedere alla





## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

### 6.16 ANGOLO DI IMBOCCO SULLE RULLIERE (par 14.2.1.6)

$\Delta$  (rad) limite da normativa = 0,15 rad per funivie a moto unidirezionale monofune e bifune

Ramo salita				Ramo discesa					
Sostegno nr.	Sostegno tipo	Dev. fune salita (rad)		verifica	Sostegno nr.	Sostegno tipo	Dev. fune discesa (rad)		verifica
		Valle	monte				valle	monte	
PV	PV				PV	PV			
AV	AV	0,0315	0,0000	OK	AV	AV	0,0183	0,0338	OK
R1	R	0,0000	0,0391	OK	R1	R	0,0079	0,0153	OK
R2	R	0,0262	0,0355	OK	R2	R	0,0129	0,0269	OK
C3	S	0,0367	0,0531	OK	C3	S	0,0233	0,0265	OK
C4	S	0,0485	0,0734	OK	C4	S	0,0249	0,0299	OK
C5	S	0,0706	0,0730	OK	C5	S	0,0289	0,0331	OK
C6	S	0,0712	0,0333	OK	C6	S	0,0326	0,0260	OK
AM	AM	0,0383	0,0215	OK	AM	AM	0,0246	0,0363	OK
PM	PM				PM	PM			

### 6.17 SCORRIMENTO MORSA SULLA FUNE (EN 13796-1 art. 7.4.1.2)

Condizione di carico esaminata  $T_n - x\%$

Tutte le condizioni di carico

Pendenza massima 0,37 rad 21,30 gradi

**39,00 % < 90,00 OK**

Peso veicolo 6818 N

Peso veicolo carico 9957 N  $P_{tot}$

Tipo di morsa utilizzata LPA XL

Min. forza scorrimento morsa 34050 N

**Forza di scorrimento:  $3 \cdot \sin(\alpha) \cdot P_{tot} = 10823$  N**

(calcolata per le caratteristiche dell'impianto)

<b>VERIFICA</b>	<b>10823</b>	<b>≤</b>	<b>34050 N</b>	<b>OK</b>
-----------------	--------------	----------	----------------	-----------

**Massimo peso ammissibile**

(con veicolo a pieno carico)

<b>VERIFICA</b>	<b>9957</b>	<b>≤</b>	<b>17500 N</b>	<b>OK</b>
-----------------	-------------	----------	----------------	-----------



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

### 6.18 ADERENZA FUNE SULLA PULEGGIA

Per la verifica dell'aderenza si tiene conto delle azioni dinamiche nelle fasi di accelerazione e frenatura.

Coeff. d'attrito  $\mu = 0,30$  minimo coeff. attrito per gomma  
caso 1)  $\mu = 0,20$   
caso 2)  $\mu = 0,24$

$\alpha = 160,00$  gradi angolo di avvolgimento fune su puleggia  
 $2,79$  rad

La verifica viene fatta dimostrando che il coefficiente d'attrito ammissibile  $\mu_{amm}$  non è mai inferiore al coefficiente d'attrito necessario  $\mu_{nec}$  (pari a  $1/\alpha * \ln(T / t)$ ).

*Impianto in accelerazione (tutte le cond. di carico):*

$T_{max} / T_{min} = 1,168$   $\mu_{nec} = 0,056 < 0,2$  **OK**

*Impianto in frenatura (tutte le cond. di carico, azione controllata dei freni):*

$T_{max} / T_{min} = 1,081$   $\mu_{nec} = 0,028 < 0,2$  **OK**

*Impianto in frenatura (tutte le cond. di carico, azione NON controllata dei freni):*

$T_{max} / T_{min} = 1,174$   $\mu_{nec} = 0,057 < 0,2$  **OK**

*Verifica idraulica (tutte le cond. di carico):*

$T_{max} / T_{min} = 1,097$   $\mu_{nec} = 0,033 < 0,24$  **OK**



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

### 6.19 FORZA DI APPOGGIO MINIMA SUI RULLI DI LINEA

#### DATI GENERALI DI CALCOLO

$q =$	0,25	kN/m <sup>2</sup>	pressione dinamica di calcolo I.E.
$q =$	0,80	kN/m <sup>2</sup>	pressione dinamica di calcolo F.E.
$S_{\text{trasv\_vv}} =$	7,283	m <sup>2</sup>	superficie trasv. veicolo vuoto
$S_{\text{trasv\_vc}} =$	7,283	m <sup>2</sup>	superficie trasv. veicolo carico
$C_{\text{trasv\_vv}} =$	1,10		coeff. di forma veicolo vuoto
$C_{\text{trasv\_vc}} =$	1,10		coeff. di forma veicolo carico
$eq =$	72,00	m	equidistanza minima veicoli
$d_{\text{nom}} =$	0,044	m	diametro nominale fune
$C_{w\_seil} =$	1,20		coeff. di forma della fune

Fune nuda prevista in esercizio **NO**

Veicoli in linea in fuori esercizio **NO**

Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale  $T_n$  in tutte le condizioni di esercizio previste.

Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

### FORZA DI APPOGGIO MINIMA PER VENTO TRASVERSALE (par. 14.6.4 a) e b))

#### IN ESERCIZIO

ramo salita

Sostegno tipo	numero	L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
				calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	0,779	1,169	
AV	AV	19,00	2,243	0,779	1,169	
R	R1	12,14	28,022	0,498	0,747	OK
R	R2	26,08	22,964	1,070	1,605	OK
S	C3	248,32	28,036	10,186	15,278	OK
S	C4	446,33	115,676	18,308	27,462	OK
S	C5	446,33	72,767	18,308	27,462	OK
S	C6	407,51	36,313	16,715	25,073	OK
AM	AM	28,50	2,004	1,169	1,754	
PM	PM	22,25		0,913	1,369	

ramo discesa

Sostegno tipo	numero	L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
				calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	0,779	1,169	
AV	AV	19,00	2,242	0,779	1,169	
R	R1	12,14	31,859	0,498	0,747	OK
R	R2	26,08	21,711	1,070	1,605	OK
S	C3	248,32	27,730	10,186	15,278	OK
S	C4	446,33	113,575	18,308	27,462	OK
S	C5	446,33	72,562	18,308	27,462	OK
S	C6	407,51	36,084	16,715	25,073	OK
AM	AM	28,50	1,986	1,169	1,754	
PM	PM	22,25		0,913	1,369	

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda del tipo di esercizio previsto.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale  $T_n$  in tutte le condizioni di esercizio previste.**

#### FUORI ESERCIZIO

ramo salita

Sostegno tipo	numero	L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
				calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	0,80	0,80	
AV	AV	2,00	2,24	0,08	0,08	
R	R1	12,14	30,87	0,51	0,77	OK
R	R2	26,08	25,42	1,10	1,65	OK
S	C3	248,32	27,99	10,49	10,49	OK
S	C4	446,33	114,64	18,85	18,85	OK
S	C5	407,51	72,66	17,21	17,21	OK
S	C6	28,50	36,17	1,20	1,20	OK
AM	AM	22,25	1,99	0,94	0,94	
PM	PM	0,00		0,00	0,00	



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

ramo discesa

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind, tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00		0,80	0,80	
AV	AV	2,00	2,24	0,08	0,08	
R	R1	12,14	33,53	0,51	0,77	OK
R	R2	26,08	24,64	1,10	1,65	OK
S	C3	248,32	27,73	10,49	10,49	OK
S	C4	446,33	113,57	18,85	18,85	OK
S	C5	407,51	72,56	17,21	17,21	OK
S	C6	28,50	36,08	1,20	1,20	OK
AM	AM	22,25	1,99	0,94	0,94	
PM	PM					

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda della permanenza in linea o meno dei veicoli.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato dalla fune con veicoli carichi.

**A favore di sicurezza la spinta del vento è determinata per la campata più lunga e non per la semisomma delle campate adiacenti al sostegno esaminato.**

Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .

### FORZA DI APOGGIO MINIMA SULLA RULLIERA (par. 14.6.4 e)

#### IN ESERCIZIO

Ramo salita

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
Tipo	numero	salita	salita	salita	salita	salita	salita	
PV	PV	0						
AV	AV	2		2,24		1121		
R	R1	12		28,02		2335		OK
R	R2	12		22,96		1914		OK
S	C3	10		28,04		2804		OK
S	C4	32		115,68		3615		OK
S	C5	20		72,77		3638		OK
S	C6	12		36,31		3026		OK
AM	AM	4		2,00		501		
PM	PM							

Ramo discesa

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
Tipo	numero	discesa	discesa	discesa	discesa	discesa	discesa	
PV	PV		0					
AV	AV		2		2,24		1121	
R	R1		12		31,86		2655	OK
R	R2		12		21,71		1809	OK
S	C3		10		27,73		2773	OK
S	C4		32		113,57		3549	OK
S	C5		20		72,56		3628	OK
S	C6		12		36,08		3007	OK
AM	AM		4		1,99		496	
PM	PM							



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

Determinazione del carico di confronto per le condizioni di esercizio: Rullo di appoggio:

D1 = 495 mm diametro del rullo sul bordo esterno  
 D2 = 460 mm diametro del rullo sul fondo gola (guarnizione nuova)  
 $d_{nom} = 44$  mm diametro nominale della fune

Carico minimo 1 = 500 N minimo da normativa per singolo rullo  
 Carico minimo 2 = 950 N calcolato come  $500 + 50 \cdot (d - (D1 - D2))$   
**Carico di confr.:** 950 **N**

Rullo di ritenuta:

D1 = 495 mm diametro del rullo sul bordo esterno  
 D2 = 460 mm diametro del rullo sul fondo gola (guarnizione nuova)  $d_{nom} =$  44 mm  
 mm diametro nominale della fune

Carico minimo 1 = 500 N minimo da normativa per singolo rullo

Carico minimo 2 = 950 N calcolato come  $500 + 50 \cdot (d - (D1 - D2))$

**Carico di confr.:** 950 **N**

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda del tipo di esercizio previsto.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale  $T_n$  in tutte le condizioni di esercizio previste.**

### **FUORI ESERCIZIO**

Ramo salita

Sostegno tipo numero		Nr. Rulli salita	Carico tot rulliera (kN) salita	Carico per rullo (N) salita	VERIFICA salita
PV	PV	0			
AV	AV	2	2,24	1121	
R	R1	12	30,87	2573	<b>OK</b>
R	R2	12	25,42	2118	<b>OK</b>
S	C3	10	27,99	2799	<b>OK</b>
S	C4	32	114,64	3582	<b>OK</b>
S	C5	20	72,66	3633	<b>OK</b>
S	C6	12	36,17	3014	<b>OK</b>
AM	AM	4	1,99	499	
PM	PM				



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

Ramo discesa

Sostegno tipo numero		Nr. Rulli discesa	Carico tot rulliera (kN) discesa		Carico per rullo (N) discesa		VERIFICA discesa
PV	PV	0					
AV	AV	2		2,24		1121	
R	R1	12		33,53		2794	OK
R	R2	12		24,64		2054	OK
S	C3	10		27,73		2773	OK
S	C4	32		113,57		3549	OK
S	C5	20		72,56		3628	OK
S	C6	12		36,08		3007	OK
AM	AM	4		1,99		496	
PM	PM						

Determinazione del carico di confronto per le condizioni di esercizio:

Rullo di appoggio:

**Carico di confr.:**                      **475     N**

Rullo di ritenuta:

**Carico di confr.:**                      **475     N**

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda della permanenza in linea o meno dei veicoli.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato dalla fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .**

**par. 14.6.4 d) D.I.: VERIFICA RULLIERE DI RITENUTA con sovraccarico nelle campate adiacenti**

Si verifica che, con una diminuzione del 20% della tensione minima delle funi nelle campate adiacenti ed un aumento del carico utile del 25% nelle stesse campate, la fune non si distacca dalla rulliera (carico  $\geq 0$ ).

Incremento carico utile =                      800     N

RITENUTE RAMO SALITA				-0,01		-20,51	OK	
Verifica normale		Verifica pressione residua						
Num. Sost.	Press.min daN	Num. Camp.	Tens.min daN	Tens. Rid. daN	% riduzione	Press.res. daN	Riduzione % Tens.min	TEST verifica
R1	-2793	PV - AV	23918	18883	-0,55	-1634	-21,05	OK
		AV - R1	23918	18932	-0,35		-20,85	OK
R2	-2274	AV - R1	23918	18932	-0,35	-1270	-20,85	OK
		R1 - R2	23918	19022	-0,01		-20,51	OK



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

RITENUTE RAMO DISCESA				0,04		-20,46	OK	
Verifica normale				Verifica pressione residua				
Num. Sost.	Press.min daN	Num. Camp.	Tens.min daN	Tens. Rid. daN	% riduzione	Press.res. daN	Riduzione % Tens.min	TEST verifica
R1	-3353	PV - AV	23874	18985	0,02	-2581	-20,48	OK
		AV - R1	23768	18901	0,02		-20,47	OK
R2	-2464	AV - R1	23768	18901	0,02	-1803	-20,47	OK
		R1 - R2	23688	18841	0,04		-20,46	OK

### 6.22 CORSA DEL TENDITORE

L\_inclinata (AV - AM) = 1212,14 m  
 Allungamento ‰ = 1,50 per funi p.t. e traenti secondo D.I.

E<sub>nom</sub> = 125,00 kN/mm<sup>2</sup>  
 delta E = 5,00 %  
 E1 = 131,25 kN/mm<sup>2</sup> (con T<sub>n</sub>+x%)  
 E2 = 118,75 kN/mm<sup>2</sup> (con T<sub>n</sub>-x%)

Salto termico imposto = 60,00 °C  
 Coeff. dilatazione fune = 1,20 x 10<sup>-5</sup> m/°C

	corsa carro (m)			$\Delta l_{E1 - E2}$ max (m)	$\Delta l_{max}$ (m)
	con E0	con E1	con E2		
referimento max m	-0,03	3,22	0,30	1,13	1,83
referimento min m	-1,86	2,52	-1,53		
max corsa m	1,83	0,71	1,83	S condizioni di carico	

$$\Delta l_{term} = 0,87 \text{ m} = cf * \Delta T * L_{incl}$$

$$\Delta l_{\%} = 1,82 \text{ m} = c\% * L_{incl}$$

$$\Delta l_{E1 - E2} = 1,13 \text{ m}$$

$\Delta l_{max} = 1,83 \text{ m}$  max. corsa carrello

**Corsa tot. prevista (carro tenditore) = 5,65 m ≤ 6,00 OK**

*N.B.: la grandezza  $\Delta l_{E1 - E2}$  è il valore della differenza tra le corse di riferimento del carrello tenuto conto dei moduli di Young E1 e E2, valutata nella stessa condizione di carico dell'impianto.*

*N.B.: la grandezza  $\Delta l_{max}$  è il massimo valore della corsa di riferimento del carrello determinata, a parità di modulo di Young, come differenza tra la posizione del carrello nelle diverse condizioni di carico.*



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi I – Principe sotterranea

---

### VERIFICA della corsa del cilindro tenditore

$\Delta l_{\text{term}} =$	0,44	m	cf * $\Delta T$ * $L_{\text{incl}}$
$\Delta l_{\text{max}} =$	1,83	m	max. corsa carrello
$\Delta_{\text{reg}} =$	0,00	m	margin di regolazione

Corsa tot. prevista (cilindro tenditore) = 2,27 m ≤ 2,50 OK



## Ipotesi II - Hennebique

### 6.3 NUMERO MASSIMO di passeggeri in linea (par. 3.1.3.4)

Tipologia di impianto: Cabinovia otto posti ad ammortamento automatico

Veicolo: cabina 8 posti

Nr. di persone per veicolo: 8,00

		% di carico 100	nr. viaggiatori	
Veicoli tot. ramo salita:	iniziali 18		144	
	finali 0	100	0	
Veicoli tot. ramo discesa:	iniziali 18	100	144	
	finali 0	100	0	
<b>Nr. totale viaggiatori:</b>	<b>iniziali 288</b>	<b>&lt;</b>	<b>500</b>	<b>OK</b>
	<b>finali 0</b>	<b>&lt;</b>	<b>500</b>	<b>OK</b>

### 6.11 INTERVIA IN LINEA (par. 3.3.4)

Dati di ingresso:

diametro fune p-t	d =	0,044 mm
superficie laterale con veicolo carico	A_FBM =	7,28 m <sup>2</sup>
superficie laterale con veicolo vuoto	A_FBM_U =	7,28 m <sup>2</sup>
minima distanza tra veicoli:	e =	72,00 m
coefficiente di forma della fune	cw_seil =	1,20
coefficiente di forma del veicolo vuoto:	Ctrasv_vv FBM_e =	1,10
coefficiente di forma del veicolo carico:	Ctrasv_vv FBM_l =	1,10
pressione del vento in esercizio	p_Wind IE=	0,25 kN/m <sup>2</sup>
pressione del vento fuori esercizio	p_Wind FE=	1,20 kN/m <sup>2</sup>
lunghezza inclinata della campata	Ls_j =	vedere tabella
Tensione minima fune in campata (Tn - %)	Smin_j =	vedere tabella

Calcoli:

sbandamento laterale in mezzeria  $f_h = ((c_w \cdot c_{seil} \cdot d + c_w \cdot A_{FBM} \cdot A_{FBM} / e) \cdot p_{Wind} \cdot L_{s_j}^2) / 8 / S_{min_i}$

angolo di ingresso trasversale =  $\alpha = \text{ARCTAN}(4 \cdot f_h / L_{s_j}) \cdot 180 / \pi$

forza orizzontale sul primo rullo  $F_H = ((c_w \cdot c_{seil} \cdot d + c_w \cdot A_{FBM} \cdot A_{FBM} / e) \cdot p_{Wind} \cdot L_{s_j} / 2) / 2$



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

### Calcolo per intervvia minima IN ESERCIZIO:

Campata		Ls <sub>j</sub>	Tmin <sub>j</sub>	fh	alfa	F <sub>H</sub>
da	a	m	kN	m	°	kN
PV	AV	19,00	299,91	0,0062	0,0744	0,1948
AV	R1	1,00	299,65	0,0000	0,0039	0,0103
R1	C2	61,05	298,89	0,0639	0,2400	0,6261
C2	C3	330,86	298,63	1,8795	1,3017	3,3928
C3	C4	446,33	304,01	2,9543	1,5166	4,0245
C4	C5	407,52	302,88	2,7494	1,5458	4,0869
C5	AM	28,50	301,93	0,0138	0,1109	0,2923

### Tmin<sub>j</sub> da calcolo con linea carica e Tn.

Ingombro veicolo sbandato di 0.2 rad	I =	2,200 m
Massima freccia in centro campata per effetto vento		2,954 m
Franco interno da rispettare	Y =	0,000 m
Minima intervvia richiesta	Int <sub>min</sub> =	<b>7,354 m</b>
Intervvia di progetto	Int <sub>prog</sub> =	<b>7,500 m</b>

Verifica: Int <sub>prog</sub> ≥ Int <sub>min</sub>	<b>OK</b>
--	-----------

### Calcolo per ingombro trasversale massimo FUORI ESERCIZIO:

Campata		Ls <sub>j</sub>	Tmin <sub>j</sub>	fh	alfa	F <sub>H</sub>
da	a	m	kN	m	°	kN
PV	AV	19,00	239,94	0,0370	0,4466	0,9352
AV	R1	1,00	239,73	0,0001	0,0235	0,0493
R1	C2	61,05	239,13	0,3836	1,4397	3,0051
C2	C3	330,86	239,02	11,2718	7,7600	16,2856
C3	C4	446,33	244,36	17,6425	8,9847	19,3177
C4	C5	407,52	243,23	16,4336	9,1632	19,6171
C5	AM	28,50	242,18	0,0825	0,6637	1,4028

### Tmin<sub>j</sub> da calcolo con linea scarica e Tn - 8%.

Ingombro veicolo sbandato di 0.34 rad		2,68 m
Massima freccia in centro campata per effetto vento		17,64 m
Franco esterno da rispettare		1,5 m
<b>Massimo ingombro laterale richiesto</b>	<b>Y<sub>max</sub> =</b>	<b>51,15 m</b>



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

### 6.12.3 ACCELERAZIONE CENTRIPETASU SOSTEGNO (par. 3.5.1.2)

Passo tra rulli

Appoggio = 0,656 m                      656 mm  
 Ritenuta = 0,656 m                      656 mm  
 Doppio effetto = 0,656 m                656 mm

Velocità impianto = 5,00 m/s

Accelerazione limite = 2,00 m/s<sup>2</sup>                      secondo par. 3.5.1.2

#### ramo salita

Sostegno nr.	Numero rulli salita	Dev. fune (rad) salita	Raggio curvat. (m) salita	Acceleraz. (m/s <sup>2</sup> ) salita	Verifica
PV	0				
AV	4	0,0371	53,07	0,471	
R1	8	0,0857	53,57	0,467	OK
C2	8	0,1526	30,09	0,831	OK
C3	32	0,4579	44,41	0,563	OK
C4	20	0,3715	33,55	0,745	OK
C5	12	0,2030	35,55	0,703	OK
AM	4	0,0408	48,22	0,518	

#### ramo discesa

Sostegno nr.	Numero rulli discesa	Dev. fune (rad) discesa	Raggio curvat. (m) discesa	Acceleraz. (m/s <sup>2</sup> ) discesa	Verifica
PV	0				
AV	4	0,0371	53,07	0,471	
R1	8	0,0857	53,59	0,467	OK
C2	8	0,1171	39,23	0,637	OK
C3	32	0,3953	51,44	0,486	OK
C4	20	0,3025	41,20	0,607	OK
C5	12	0,1650	43,75	0,571	OK
AM	4	0,0373	52,73	0,474	

### 6.12.4 INTERVALLO MINIMO TRA DUE VEICOLI CONSECUTIVI (par.3.5.3.3)

$\alpha$  di ingresso all'imbarco = fino a 0.52 rad (30°)

Nr. persone per veicolo = 8,00 n  
 Min. intervallo da normativa = 8 s

Min. intervallo da calcolo di linea = **14,40 s**                      iniziale                      > 8s                      OK  
 Min. intervallo da calcolo di linea = **14,40 s**                      finale                      > 8s                      OK



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

### 6.15 FORZA TRASVERSALE SINGOLA - STF (par 14.6.2, 14.6.3)

T_min =	<b>294636 N</b>	tensione minima impianto (Tn - x%)		
Q_veh =	<b>10150 N</b>	peso veicolo carico		
<b>STF =</b>	<b>29</b>	rapporto forza trasversale	<b>≥ 15</b>	<b>OK</b>

### 6.15 COEFFICIENTE DI FLESSIONE (par 14.6.2, 14.6.3)

Diametro puleggia =	6.000,00 mm			
Diametro fune =	44,00 mm			
<b>D/d =</b>	136,36	<b>≥ 80</b>	<b>OK</b>	

### 6.15 GRADO DI SICUREZZA DELLA FUNE (par 14.6.2, 14.6.3)

Diametro fune =	44,00 mm			
Sezione metallica =	792,00 mm <sup>2</sup>			
Carico di rottura =	1.414,00 kN			

grado di sicurezza > 4

T_max =	332926 N	<b>g.d.s =</b>	<b>4,25</b>	<b>OK</b>
---------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a Tn, con carichi concentrati, azioni dinamiche in avviamento e frenatura.

grado di sicurezza < 20

T_min =	238849 N	<b>g.d.s =</b>	<b>5,92</b>	<b>OK</b>
---------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a Tn - x%, con carichi concentrati, nessuna azione dinamica.

Tn_fune nuda		<b>g.d.s =</b>	<b>4,73</b>	<b>OK</b>
=	298879 N			

Il grado di sicurezza viene valutato a Tn e fune nuda.



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

grado di sicurezza > 2,80 (valutato in fuori esercizio)

T\_max\_tot = 397238 N  
 T\_max\_ecc = 373041 N                      **g.d.s = 3,56 OK**  
 T\_vento = 7075 N  
 T\_ghiaccio = 17123 N

Valutato con carico ghiaccio secondo par. 14.1.5.3.2 e pressione vento pari a 0.60 del valore di cui al par. 14.1.5.2.

T\_max\_tot = 435389 N                      **g.d.s = 3,25 OK**  
 T\_max\_ecc = 373041 N  
 T\_vento = 19541 N  
 T\_ghiaccio = 42807 N

Valutato con pressione vento secondo il par. 14.1.5.2 e carico ghiaccio pari a 0.40 volte il valore di cui al par. 14.1.5.3.2.

### **AUMENTO DELLA TENSIONE FUNE per effetto del manicotto di ghiaccio (par 14.1.5.3.2)**

Densità del ghiaccio = 600              kg/m<sup>3</sup>  
 Spessore del manicotto = 25            mm  
 Diametro esterno manicotto = 0,094    m  
 Diametro interno manicotto = 0,044    m  
 Superficie del manicotto = 0,00542    m<sup>2</sup>  
**Peso del manicotto al m/l = 3,25        kg/m**

#### ramo salita

Campata		L_incl.	Peso	fattore
da	a	Ls_j (m)	ghiaccio	0,4
PV	AV	19,00	61,78	24,71
AV	R1	1,00	3,25	1,30
R1	C2	61,05	198,51	79,41
C2	C3	330,86	1075,82	430,33
C3	C4	446,33	1451,28	580,51
C4	C5	407,52	1325,06	530,02
C5	AM	28,50	92,67	37,07
		<b>Totale</b>	<b>4280,71</b>	<b>1712,28</b>

#### ramo discesa

Campata		L_incl.	Peso	fattore
da	a	Ls_j (m)	ghiaccio	0,4
PV	AV	19,00	61,78	24,71
AV	R1	1,00	3,25	1,30
R1	C2	61,05	198,51	79,41
C2	C3	330,86	1075,82	430,33
C3	C4	446,33	1451,28	580,51
C4	C5	407,52	1325,06	530,02
C5	AM	28,50	92,67	37,07
		<b>Totale</b>	<b>4280,71</b>	<b>1712,28</b>

A favore di sicurezza, si considera che il peso del ghiaccio si scarichi in asse fune come aumento di tensione. In esercizio non è previsto il manicotto di ghiaccio, in quanto prima dell'apertura dell'impianto occorre procedere alla sua rimozione mediante uno o più giri a vuoto. In fuori esercizio la pressione del vento è fissata nel valore di 1200 N/m<sup>2</sup>, corretto poi con opportuni coeff. come previsto nel par. 14.2.2.4.



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

### AUMENTO DELLA TENSIONE FUNE per effetto del vento (par 14.1.5.2)

Pressione del vento di f.e. = 1,20 kN/m<sup>2</sup> 1200 N/m<sup>2</sup>  
 Coefficiente di riduzione = 0,65 secondo par. 14.2.2.4  
 Coefficiente di riduzione = 0,60 secondo par. 14.2.2.4 p.to 2)

Veicoli in linea in f.e. = Superficie trasv. veicolo = **SI**  
 7,28 m<sup>2</sup>  
 Coeff. di forma veicolo = 1,10  
 Coeff. di forma fune = 1,20  
 Equidistanza veicoli = 72,00 m

Campata da	a	L_incl. Ls_j (m)	Ts_j max kN	F_wind f.e. (1) kN	F_wind f.e. (2) kN	Rs_j max kN cond.1	Rs_j max kN cond.2	Delta kN cond. 1	Delta kN cond. 2
PV	AV	19,00	360,040	3,321	1,992	360,055	360,045	0,015	0,006
AV	R1	8,25	360,043	1,442	0,865	360,045	360,044	0,003	0,001
R1	C2	78,75	361,566	13,764	8,258	361,828	361,660	0,262	0,094
C2	C3	327,11	370,480	57,172	34,303	374,866	372,065	4,385	1,585
C3	C4	446,26	372,357	77,996	46,798	380,438	375,286	8,081	2,929
C4	C5	407,50	372,849	71,221	42,733	379,590	375,290	6,741	2,441
C5	AM	28,50	372,849	4,981	2,989	372,882	372,861	0,033	0,012
<b>totale</b>								19,541	7,075
<b>Variazione % =</b>								5,333	1,898

Campata da	a	L_incl. Ls_j (m)	Ts_j max kN	F_wind f.e. (1) kN	F_wind f.e. (2) kN	Rs_j max kN cond.1	Rs_j max kN cond.2	Delta kN cond. 1	Delta kN cond. 2
PV	AV	19,00	360,022	3,321	1,992	360,037	360,027	0,015	0,006
AV	R1	8,25	360,259	1,442	0,865	360,262	360,260	0,003	0,001
R1	C2	78,75	361,553	13,764	8,258	361,815	361,647	0,262	0,094
C2	C3	327,11	370,438	57,172	34,303	374,824	372,023	4,386	1,585
C3	C4	446,26	372,275	77,996	46,798	380,358	375,205	8,083	2,930
C4	C5	407,50	373,040	71,221	42,733	379,778	375,480	6,738	2,440
C5	AM	28,50	373,041	4,981	2,989	373,074	373,053	0,033	0,012
<b>totale</b>								19,540	7,074
<b>Variazione % =</b>								5,331	1,896

F\_wind f.f. (1) viene valutato secondo quanto al par. 14.2.2.4 p.to 2 primo comma. F\_wind f.f. (2) viene valutato secondo quanto al par. 14.2.2.4 p.to 2 secondo comma.

In entrambi i casi fuori esercizio si applica il coefficiente di riduzione pari a 0.65.

Si tiene conto dell'incremento del diametro esposto al vento per effetto del manicotto di ghiaccio.



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

### 6.16 ANGOLO DI IMBOCCO SULLE RULLIERE (par 14.2.1.6)

$\Delta$  (rad) limite da normativa = 0,15 rad per funivie a moto unidirezionale monofune e bifune

Ramo salita		Dev. fune salita (rad)		verifica	Ramo discesa		Dev. fune discesa (rad)		verifica
Sostegno nr.	Sostegno tipo	valle	monte		Sostegno nr.	Sostegno tipo	valle	monte	
PV	PV				PV	PV			
AV	AV	0,0314	0,0000	OK	AV	AV	0,0182	0,0177	OK
R1	R	0,0000	0,0401	OK	R1	R	0,0107	0,0253	OK
C2	S	0,0396	0,0623	OK	C2	S	0,0262	0,0270	OK
C3	S	0,0578	0,0737	OK	C3	S	0,0247	0,0307	OK
C4	S	0,0725	0,0741	OK	C4	S	0,0289	0,0337	OK
C5	S	0,0718	0,0389	OK	C5	S	0,0328	0,0223	OK
AM	AM	0,0334	0,0264	OK	AM	AM	0,0286	0,0296	OK

### 6.17 SCORRIMENTO MORSA SULLA FUNE (EN 13796-1 art. 7.4.1.2)

Condizione di carico esaminata  $T_n - x\%$   
 Tutte le condizioni di carico  
 Pendenza massima 0,37 rad 21,30 gradi  
**31,13 % < 90,00 OK**

Peso veicolo 6818 N  
 Peso veicolo carico 9957 N  $P_{tot}$

Tipo di morsa utilizzata LPA XL  
 Min. forza scorrimento morsa 15610 N

**Forza di scorrimento:  $3 * \text{sen}(\alpha) * P_{tot} = 9031$  N**

(calcolata per le caratteristiche dell'impianto)

<b>VERIFICA</b>	<b>9031</b>	<b>≤</b>	<b>15610 N</b>	<b>OK</b>
-----------------	-------------	----------	----------------	-----------

**Massimo peso ammissibile**  
 (con veicolo a pieno carico)

<b>VERIFICA</b>	<b>9957</b>	<b>≤</b>	<b>17500 N</b>	<b>OK</b>
-----------------	-------------	----------	----------------	-----------



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

### 6.18 ADERENZA FUNE SULLA PULEGGIA

Per la verifica dell'aderenza si tiene conto delle azioni dinamiche nelle fasi di accelerazione e frenatura.

Coeff. d'attrito  $\mu = 0,30$  minimo coeff. attrito per gomma

caso 1)  $\mu = 0,20$

caso 2)  $\mu = 0,24$

$\alpha = 160,00$  gradi angolo di avvolgimento fune su puleggia  
 $2,79$  rad

La verifica viene fatta dimostrando che il coefficiente d'attrito ammissibile  $\mu_{amm}$  non è mai inferiore al coefficiente d'attrito necessario  $\mu_{nec}$  (pari a  $1/\alpha * \ln(T / t)$ ).

*Impianto in accelerazione (tutte le cond. di carico):*

$T_{max} / T_{min} = 1,142$        $\mu_{nec} = 0,048 < 0,2$       **OK**

*Impianto in frenatura (tutte le cond. di carico, azione controllata dei freni):*

$T_{max} / T_{min} = 1,097$        $\mu_{nec} = 0,033 < 0,2$       **OK**

*Impianto in frenatura (tutte le cond. di carico, azione NON controllata dei freni):*

$T_{max} / T_{min} = 1,202$        $\mu_{nec} = 0,066 < 0,2$       **OK**

*Verifica idraulica (tutte le cond. di carico):*

$T_{max} / T_{min} = 1,072$        $\mu_{nec} = 0,025 < 0,24$       **OK**



6.19 FORZA DI APPOGGIO MINIMA SUI RULLI DI LINEA

DATI GENERALI DI CALCOLO

q =	0,25	kN/m <sup>2</sup>	pressione dinamica di calcolo I.E.
q =	0,80	kN/m <sup>2</sup>	pressione dinamica di calcolo F.E.
S_trasv_vv =	7,283	m <sup>2</sup>	superficie trasv. veicolo vuoto
S_trasv_vc =	7,283	m <sup>2</sup>	superficie trasv. veicolo carico
C <sub>trasv_vv</sub> =	1,10		coeff. di forma veicolo vuoto
C <sub>trasv_vc</sub> =	1,10		coeff. di forma veicolo carico
eq =	72,00	m	equidistanza minima veicoli
d <sub>nom</sub> =	0,044	m	diametro nominale fune
C <sub>w_seil</sub> =	1,20		coeff. di forma della fune

Fune nuda prevista in esercizio **NO**

Veicoli in linea in fuori esercizio **NO**

Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale Tn in tutte le condizioni di esercizio previste.

Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a Tn - x%.



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

### FORZA DI APPOGGIO MINIMA PER VENTO TRASVERSALE (par. 14.6.4 a) e b))

#### IN ESERCIZIO

ramo salita

Sostegno tipo	Sostegno numero	L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
				calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	1,091	1,637	
AV	AV	19,00	1,572	1,091	1,637	
R	R1	61,05	13,905	3,506	5,259	OK
S	C2	330,86	30,647	19,000	28,500	OK
S	C3	446,33	120,211	25,631	38,446	OK
S	C4	446,33	90,427	25,631	38,446	OK
S	C5	407,52	44,615	23,402	35,102	OK
AM	AM	28,50	1,841	1,637	2,455	

ramo discesa

Sostegno tipo	Sostegno numero	L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
				calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	1,091	1,637	
AV	AV	19,00	3,072	1,091	1,637	
R	R1	61,05	14,818	3,506	5,259	OK
S	C2	330,86	30,847	19,000	28,500	OK
S	C3	446,33	119,307	25,631	38,446	OK
S	C4	446,33	90,205	25,631	38,446	OK
S	C5	407,52	44,143	23,402	35,102	OK
AM	AM	28,50	1,837	1,637	2,455	

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda del tipo di esercizio previsto.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale  $T_n$  in tutte le condizioni di esercizio previste.**

#### FUORI ESERCIZIO

ramo salita

Sostegno tipo	Sostegno numero	L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
				calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	1,20	1,20	
AV	AV	1,00	3,95	0,06	0,06	
R	R1	61,05	16,87	3,87	5,80	OK
S	C2	330,86	30,65	20,96	20,96	OK
S	C3	446,33	119,78	28,28	28,28	OK
S	C4	407,52	90,32	25,82	25,82	OK
S	C5	28,50	44,46	1,81	1,81	OK
AM	AM	22,25	1,84	1,41	1,41	



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

ramo discesa

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00		1,20	1,20	
AV	AV	1,00	5,08	0,06	0,06	
R	R1	61,05	17,59	3,87	5,80	OK
S	C2	330,86	30,78	20,96	20,96	OK
S	C3	446,33	119,31	28,28	28,28	OK
S	C4	407,52	90,21	25,82	25,82	OK
S	C5	28,50	44,14	1,81	1,81	OK
AM	AM	22,25	1,84	1,41	1,41	

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda della permanenza in linea o meno dei veicoli.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato dalla fune con veicoli carichi.

**A favore di sicurezza la spinta del vento è determinata per la campata più lunga e non per la semisomma delle campate adiacenti al sostegno esaminato.**

Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .

### FORZA DI APPOGGIO MINIMA SULLA RULLIERA (par. 14.6.4 e)

#### IN ESERCIZIO

Ramo salita

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	salita		salita		salita		
PV	PV	0						
AV	AV	4		1,35		339		
R	R1	8		11,00		1374		OK
S	C2	8		24,74		3093		OK
S	C3	32		96,55		3017		OK
S	C4	20		72,74		3637		OK
S	C5	12		36,16		3014		OK
AM	AM	4		1,93		483		

Ramo discesa

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	discesa		discesa		discesa		
PV	PV		0					
AV	AV		4		2,52		629	
R	R1		8		11,70		1463	OK
S	C2		8		24,90		3112	OK
S	C3		32		95,82		2995	OK
S	C4		20		72,56		3628	OK
S	C5		12		35,80		2983	OK
AM	AM		4		1,92		480	



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

Determinazione del carico di confronto per le condizioni di esercizio:

Rullo di appoggio:

D1 =	495	mm	diametro del rullo sul bordo esterno
D2 =	460	mm	diametro del rullo sul fondo gola (guarnizione nuova)
d <sub>nom</sub> =	44	mm	diametro nominale della fune

Carico minimo 1 =	500	N	minimo da normativa per singolo rullo
Carico minimo 2 =	950	N	calcolato come $500 + 50 \cdot (d - (D1 - D2))$
<b>Carico di confr.:</b>	<b>950</b>	<b>N</b>	

Rullo di ritenuta:

D1 =	495	mm	diametro del rullo sul bordo esterno
D2 =	460	mm	diametro del rullo sul fondo gola (guarnizione nuova)
d <sub>nom</sub> =	44	mm	diametro nominale della fune

Carico minimo 1 = 500 N minimo da normativa per singolo rullo

Carico minimo 2 = 950 N calcolato come  $500 + 50 \cdot (d - (D1 - D2))$

**Carico di confr.: 950 N**

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda del tipo di esercizio previsto.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale T<sub>n</sub> in tutte le condizioni di esercizio previste.**

### FUORI ESERCIZIO

Ramo salita

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	salita		salita		salita		salita
PV	PV	0						
AV	AV	4		3,73		933		
R	R1	8		13,98		1747		<b>OK</b>
S	C2	8		24,74		3093		<b>OK</b>
S	C3	32		96,20		3006		<b>OK</b>
S	C4	20		72,65		3633		<b>OK</b>
S	C5	12		36,04		3003		<b>OK</b>
AM	AM	4		1,93		481		



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

Ramo discesa

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	discesa		discesa		discesa		
PV	PV		0					
AV	AV		4		4,53		1132	
R	R1		8		14,48		1809	OK
S	C2		8		24,84		3105	OK
S	C3		32		95,82		2995	OK
S	C4		20		72,56		3628	OK
S	C5		12		35,80		2983	OK
AM	AM		4		1,92		480	

Determinazione del carico di confronto per le condizioni di esercizio:

Rullo di appoggio:

**Carico di confr.:** 475 N

Rullo di ritenuta:

**Carico di confr.:** 475 N

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda della permanenza in linea o meno dei veicoli.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato dalla fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .**

### 6.22 CORSA DEL TENDITORE

L_inclinata (AV - AM)=	1316,51m	
Allungamento % <sub>o</sub> =	1,50 per funi p.t. e traenti secondo D.I.	
E nom =	125,00 kN/mm <sup>2</sup>	delta E =5,00 %
E1 =	131,25 kN/mm <sup>2</sup>	(con $T_n+x\%$ )
E2 =	118,75 kN/mm <sup>2</sup>	(con $T_n-x\%$ )
Salto termico imposto =	60,00 °C	
Coeff. dilatazione fune =	1,20 x 10 <sup>-5</sup> m/°C	

	corsa carro (m)			$\Delta l_{E1-E2}$ max (m)	$\Delta l_{max}$ (m)
	con E0	con E1	con E2		
referimento max m	-0,22	2,85	0,13	1,17	2,11
referimento min m	-2,34	1,90	-1,98		
max corsa m	2,11	0,95	2,11	S condizioni di carico	

$$\Delta l_{term} = 0,95 \text{ m} = cf * \Delta T * L_{incl}$$

$$\Delta l_{\%} = 1,97 \text{ m} = c\% * L_{incl}$$

$$\Delta l_{E1-E2} = 1,17 \text{ m}$$

$$\Delta l_{max} = 2,11 \text{ m} \quad \text{max. corsa } \Delta l_{max} = \text{carrello}$$

$$\text{Corsa tot. prevista (carro tenditore)} = 6,20 \text{ m} \leq 6,50 \text{ OK}$$

*N.B.: la grandezza  $\Delta l_{E1-E2}$  è il valore della differenza tra le corse di riferimento del carrello tenuto conto dei moduli di Young E1 e E2, valutata nella stessa condizione di carico dell'impianto.*

*N.B.: la grandezza  $\Delta l_{max}$  è il massimo valore della corsa di riferimento del carrello determinata, a parità di modulo di Young, come differenza tra la posizione del carrello nelle diverse condizioni di carico.*



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi II - Hennebique

---

### VERIFICA della corsa del cilindro tenditore

$\Delta l_{\text{term}} =$	0,47	m	cf * $\Delta T$ * $L_{\text{incl}}$
$\Delta l_{\text{max}} =$	2,11	m	max. corsa carrello
$\Delta_{\text{reg}} =$	0,00	m	margin di regolazione

Corsa tot. prevista (cilindro tenditore) = 2,59 m  $\leq$  2,75 OK



## Ipotesi III – Mare

### 6.3 NUMERO MASSIMO di passeggeri in linea (par. 3.1.3.4)

Tipologia di impianto: Cabinovia otto posti ad ammortamento automatico

Veicolo: cabina 8 posti

Nr. di persone per veicolo: 8,00

		% di carico 100	nr. viaggiatori	
Veicoli tot. ramo salita:	iniziali 19		152	
	finali 0	100	0	
Veicoli tot. ramo discesa:	iniziali 19	100	152	
	finali 0	100	0	
<b>Nr. totale viaggiatori:</b>	<b>iniziali 304</b>	<b>&lt;</b>	<b>500</b>	<b>OK</b>
	<b>finali 0</b>	<b>&lt;</b>	<b>500</b>	<b>OK</b>

### 6.11 INTERVIA IN LINEA (par. 3.3.4)

Dati di ingresso:

diametro fune p-t	d =	0,044 mm
superficie laterale con veicolo carico	A_FBM =	7,28 m <sup>2</sup>
superficie laterale con veicolo vuoto	A_FBM_U =	7,28 m <sup>2</sup>
minima distanza tra veicoli:	e =	72,00 m
coefficiente di forma della fune	cw_seil =	1,20
coefficiente di forma del veicolo vuoto:	Ctrasv_vv FBM_e =	1,10
coefficiente di forma del veicolo carico:	Ctrasv_vv FBM_l =	1,10
pressione del vento in esercizio	p_Wind IE=	0,25 kN/m <sup>2</sup>
pressione del vento fuori esercizio	p_Wind FE=	1,20 kN/m <sup>2</sup>
lunghezza inclinata della campata	Ls_j =	vedere tabella
Tensione minima fune in campata (Tn - %)	Smin_j =	vedere tabella

Calcoli:

sbandamento laterale in mezzeria  $f_h = ((c_w \cdot s_{eill} \cdot d + c_w \cdot F_{BM} \cdot A_{FBM} / e) \cdot p_{Wind} \cdot L_{s_j}^2) / 8 / S_{min_i}$

angolo di ingresso trasversale =  $\alpha = \text{ARCTAN}(4 \cdot f_h / L_{s_j}) \cdot 180 / \pi$

forza orizzontale sul primo rullo  $F_H = ((c_w \cdot s_{eill} \cdot d + c_w \cdot F_{BM} \cdot A_{FBM} / e) \cdot p_{Wind} \cdot L_{s_j} / 2) / 2$



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

### Calcolo per intervia minima IN ESERCIZIO:

Campata da	Campata a	Ls <sub>j</sub> m	Tmin <sub>j</sub> kN	fh m	alfa °	F <sub>H</sub> kN
PV	AV	19,00	374,89	0,0029	0,0353	0,1155
AV	R1	1,00	374,45	0,0000	0,0019	0,0061
R1	C2	121,64	372,98	0,1206	0,2272	0,7396
C2	C3	290,35	375,46	0,6826	0,5388	1,7655
C3	C4	513,05	382,46	1,5757	0,7039	2,3493
C4	C5	385,65	380,43	1,1886	0,7063	2,3450
C5	AM	29,76	379,28	0,0071	0,0547	0,1810
AM	PM	20,99	375,11	0,0036	0,0390	0,1276

### Tmin<sub>j</sub> da calcolo con linea carica e Tn.

Ingombro veicolo sbandato di 0.2 rad	I =	1,760 m
Massima freccia in centro campata per effetto vento		1,576 m
Franco interno da rispettare	Y =	0,000 m
Minima intervia richiesta	Int <sub>min</sub> =	<b>5,096 m</b>
Intervia di progetto	Int <sub>prog</sub> =	<b>6,000 m</b>

Verifica: Int <sub>prog</sub> ≥ Int <sub>min</sub>	OK
--	----

### Calcolo per ingombro trasversale massimo FUORI ESERCIZIO:

Campata da	Campata a	Ls <sub>j</sub> m	Tmin <sub>j</sub> kN	fh m	alfa °	F <sub>H</sub> kN
PV	AV	19,00	299,92	0,0220	0,2648	0,6931
AV	R1	1,00	299,57	0,0001	0,0140	0,0365
R1	C2	121,64	298,43	0,9044	1,7036	4,4378
C2	C3	290,35	300,91	5,1105	4,0273	10,5928
C3	C4	513,05	308,17	11,7333	5,2268	14,0957
C4	C5	385,65	305,93	8,8682	5,2554	14,0700
C5	AM	29,76	304,74	0,0530	0,4083	1,0858
AM	PM	20,99	304,58	0,0264	0,2881	0,7658

### Tmin<sub>j</sub> da calcolo con linea scarica e Tn - 8%.

Ingombro veicolo sbandato di 0.34 rad		2,68 m
Massima freccia in centro campata per effetto vento		11,75 m
Franco esterno da rispettare		1,5 m
Massimo ingombro laterale richiesto	Y <sub>max</sub> =	41,87 m



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

### 6.12.3 ACCELERAZIONE CENTRIPETA SU SOSTEGNO (par. 3.5.1.2)

Passo tra rulli

Appoggio =	0,656 m	656 mm	
Ritenuta =	0,656 m	656 mm	
Doppio effetto =	0,656 m	656 mm	
Velocità impianto =	5,00 m/s		
Accelerazione limite =	2,00 m/s <sup>2</sup>		secondo par. 3.5.1.2

ramo salita

Sostegno nr.	Numero rulli salita	Dev. fune (rad) salita	Raggio curvat. (m) salita	Acceleraz. (m/s <sup>2</sup> ) salita	Verifica
PV	0				
AV	2	0,0590	11,12	2,247	
R1	12	0,4252	16,97	1,473	OK
2	8	0,3527	13,02	1,920	OK
3	8	0,2698	17,02	1,469	OK
4	8	0,2667	17,22	1,452	OK
5	6	0,1698	19,32	1,294	OK
6	12	0,4260	16,94	1,476	OK
AM	2	0,0481	13,65	1,831	
PM	0				

ramo discesa

Sostegno nr.	Numero rulli discesa	Dev. fune (rad) discesa	Raggio curvat. (m) discesa	Acceleraz. (m/s <sup>2</sup> ) discesa	Verifica
PV	0				
AV	2	0,0405	16,18	1,545	
R1	12	0,4242	17,01	1,470	OK
2	8	0,2968	15,47	1,616	OK
3	8	0,2060	22,30	1,121	OK
4	8	0,2076	22,12	1,130	OK
5	6	0,1194	27,47	0,910	OK
6	12	0,3983	18,12	1,380	OK
AM	2	0,0372	17,63	1,418	
PM	0				

### 6.12.4 INTERVALLO MINIMO TRA DUE VEICOLI CONSECUTIVI (par.3.5.3.3)

$\alpha$  di ingresso all'imbarco = fino a 0.52 rad (30°)

Nr. persone per veicolo =	8,00	n			
Min. intervallo da normativa =	8	s			
Min. intervallo da calcolo di linea =	<b>14,40</b>	<b>s</b>	iniziale	<b>&gt; 8s</b>	<b>OK</b>
Min. intervallo da calcolo di linea =	<b>14,40</b>	<b>s</b>	finale	<b>&gt; 8s</b>	<b>OK</b>



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

### 6.15 FORZA TRASVERSALE SINGOLA - STF (par 14.6.2, 14.6.3)

T <sub>min</sub> =	<b>202425</b>	tensione minima impianto (T <sub>n</sub> - x%)		
Q <sub>veh</sub> =	<b>13085</b>	peso veicolo carico		
<b>STF =</b>	<b>15</b>	rapporto forza trasversale	<b>≥ 15</b>	<b>OK</b>

### 6.15 COEFFICIENTE DI FLESSIONE (par 14.6.2, 14.6.3)

Diametro puleggia =	6.000,00 mm			
Diametro fune =	44,00 mm			
<b>D/d =</b>	<b>136,36</b>	<b>≥ 80</b>	<b>OK</b>	

### 6.15 GRADO DI SICUREZZA DELLA FUNE (par 14.6.2, 14.6.3)

Diametro fune =	44,00 mm			
Sezione metallica =	792,00 mm <sup>2</sup>			
Carico di rottura =	1.724,00 kN			

grado di sicurezza > 4

T <sub>max</sub> =	315124 N	<b>g.d.s =</b>	<b>5,47</b>	<b>OK</b>
--------------------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a T<sub>n</sub>, con carichi concentrati, azioni dinamiche in avviamento e frenatura.

grado di sicurezza < 20

T <sub>min</sub> =	182846 N	<b>g.d.s =</b>	<b>9,43</b>	<b>OK</b>
--------------------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a T<sub>n</sub> - x%, con carichi concentrati, nessuna azione dinamica.

T <sub>n_fune nuda</sub> =	203738 N	<b>g.d.s =</b>	<b>8,46</b>	<b>OK</b>
----------------------------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a T<sub>n</sub> e fune nuda.

grado di sicurezza > 2.80 (valutato in fuori esercizio)

T <sub>max_tot</sub> =	295872 N			
T <sub>max_ecc</sub> =	285139 N	<b>g.d.s =</b>	<b>5,83</b>	<b>OK</b>
T <sub>vento</sub> =	1339 N			
T <sub>ghiaccio</sub> =	9394 N			

Valutato con carico ghiaccio secondo par. 14.1.5.3.2 e pressione vento pari a 0.60 del valore di cui al par. 14.1.5.2.

T <sub>max_tot</sub> =	312338 N	<b>g.d.s =</b>	<b>5,52</b>	<b>OK</b>
T <sub>max_ecc</sub> =	285139 N			
T <sub>vento</sub> =	3714 N			
T <sub>ghiaccio</sub> =	23484 N			

Valutato con pressione vento secondo il par. 14.1.5.2 e carico ghiaccio pari a 0.40 volte il valore di cui al par. 14.1.5.3.2.



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

### AUMENTO DELLA TENSIONE FUNE per effetto del manicotto di ghiaccio (par 14.1.5.3.2)

Densità del ghiaccio = 600	kg/m <sup>3</sup>
Spessore del manicotto = 25	mm
Diametro esterno manicotto = 0,094	m
Diametro interno manicotto = 0,044	m
Superficie del manicotto = 0,00542	m <sup>2</sup>
<b>Peso del manicotto al m/l = 3,25</b>	<b>kg/m</b>

#### ramo salita

Campata		L_incl. Ls_j (m)	Peso ghiaccio	fattore 0,4
da	a			
PV	AV	10,00	32,52	13,01
AV	R1	9,11	29,63	11,85
R1	2	73,23	238,11	95,24
2	3	158,53	515,48	206,19
3	4	147,79	480,55	192,22
4	5	168,41	547,60	219,04
5	6	130,44	424,15	169,66
6	AM	14,72	47,87	19,15
AM	PM	10,00	32,52	13,01
<b>Totale</b>			<b>2348,41</b>	<b>939,36</b>

#### ramo discesa

Campata		L_incl. Ls_j (m)	Peso ghiaccio	fattore 0,4
da	a			
PV	AV	10,00	32,52	13,01
AV	R1	9,11	29,63	11,85
R1	2	73,23	238,11	95,24
2	3	158,53	515,48	206,19
3	4	147,79	480,55	192,22
4	5	168,41	547,60	219,04
5	6	130,44	424,15	169,66
6	AM	14,72	47,87	19,15
AM	PM	10,00	32,52	13,01
<b>Totale</b>			<b>2348,41</b>	<b>939,36</b>

A favore di sicurezza, si considera che il peso del ghiaccio si scarichi in asse fune come aumento di tensione. In esercizio non è previsto il manicotto di ghiaccio, in quanto prima dell'apertura dell'impianto occorre procedere alla sua rimozione mediante uno o più giri a vuoto. In fuori esercizio la pressione del vento è fissata nel valore di 1200 N/m<sup>2</sup>, corretto poi con opportuni coeff. come previsto nel par. 14.2.2.4.



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

### AUMENTO DELLA TENSIONE FUNE per effetto del vento (par 14.1.5.2)

Pressione del vento di f.e. = 1,20 kN/m<sup>2</sup> 1200 N/m<sup>2</sup>  
 Coefficiente di riduzione = 0,65 secondo par. 14.2.2.4  
 Coefficiente di riduzione = 0,60 secondo par. 14.2.2.4 p.to 2)

Veicoli in linea in f.e. = Superficie trasv. veicolo = **SI**  
 7,28 m<sup>2</sup>  
 Coeff. di forma veicolo = 1,10  
 Coeff. di forma fune = 1,20  
 Equidistanza veicoli = 72,00 m

Campata da	a	L_incl. Ls_j (m)	Ts_j max kN	F_wind f.e. (1) kN	F_wind f.e. (2) kN	Rs_j max kN cond.1	Rs_j max kN cond.2	Delta kN cond. 1	Delta kN cond. 2
PV	AV	10,00	231,079	1,417	0,850	231,083	231,080	0,004	0,002
AV	R1	33,55	231,079	4,753	2,852	231,127	231,096	0,049	0,018
R1	2	81,44	240,118	11,537	6,922	240,395	240,218	0,277	0,100
2	3	156,83	252,788	22,216	13,329	253,762	253,139	0,974	0,351
3	4	148,47	263,612	21,032	12,619	264,449	263,914	0,838	0,302
4	5	167,38	275,039	23,711	14,226	276,059	275,407	1,020	0,368
5	6	124,04	285,069	17,571	10,542	285,609	285,263	0,541	0,195
6	AM	14,72	285,073	2,085	1,251	285,081	285,076	0,008	0,003
AM	PM	10,00	285,073	1,417	0,850	285,077	285,075	0,004	0,001
<b>totale</b>								3,714	1,339
<b>Variazione % =</b>								1,439	0,470

F\_wind f.f. (1)

Campata da	a	L_incl. Ls_j (m)	Ts_j max kN	F_wind f.e. (1) kN	F_wind f.e. (2) kN	Rs_j max kN cond.1	Rs_j max kN cond.2	Delta kN cond. 1	Delta kN cond. 2
PV	AV	10,00	231,093	1,417	0,850	231,097	231,095	0,004	0,002
AV	R1	33,55	231,093	4,753	2,852	231,142	231,111	0,049	0,018
R1	2	81,44	240,141	11,537	6,922	240,418	240,241	0,277	0,100
2	3	156,83	252,708	22,216	13,329	253,683	253,060	0,975	0,351
3	4	148,47	263,653	21,032	12,619	264,490	263,955	0,838	0,302
4	5	167,38	275,095	23,711	14,226	276,115	275,463	1,020	0,368
5	6	124,04	285,134	17,571	10,542	285,675	285,329	0,541	0,195
6	AM	14,72	285,139	2,085	1,251	285,147	285,142	0,008	0,003
AM	PM	10,00	285,139	1,417	0,850	285,143	285,141	0,004	0,001
<b>totale</b>								3,714	1,338
<b>Variazione % =</b>								1,439	0,469

F\_wind f.f. (1) viene valutato secondo quanto al par. 14.2.2.4 p.to 2 primo comma.

F\_wind f.f. (2) viene valutato secondo quanto al par. 14.2.2.4 p.to 2 secondo comma.

In entrambi i casi fuori esercizio si applica il coefficiente di riduzione pari a 0.65.

Si tiene conto dell'incremento del diametro esposto al vento per effetto del manicotto di ghiaccio.



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

### 6.16 ANGOLO DI IMBOCCO SULLE RULLIERE (par 14.2.1.6)

$\Delta$  (rad) limite da normativa = 0,15 rad per funivie a moto unidirezionale monofune e bifune

Ramo salita					Ramo discesa				
Sostegno nr.	Sostegno tipo	Dev. fune salita (rad)		verifica	Sostegno nr.	Sostegno tipo	Dev. fune discesa (rad)		verifica
		valle	monte				valle	monte	
PV	PV				PV	PV			
AV	AV	0,0514	0,0460	OK	AV	AV	0,0330	0,0247	OK
R1	R	0,0419	0,0622	OK	R1	R	0,0304	0,0325	OK
2	S	0,0578	0,0882	OK	2	S	0,0313	0,0372	OK
3	S	0,0743	0,0776	OK	3	S	0,0325	0,0355	OK
4	S	0,0670	0,0791	OK	4	S	0,0313	0,0358	OK
5	S	0,0684	0,0634	OK	5	S	0,0317	0,0323	OK
6	S	0,0558	0,0452	OK	6	S	0,0293	0,0297	OK
AM	AM	0,0402	0,0358	OK	AM	AM	0,0288	0,0226	OK
PM	PM				PM	PM			

### 6.17 SCORRIMENTO MORSA SULLA FUNE (EN 13796-1 art. 7.4.1.2)

Condizione di carico esaminata  $T_n - x\%$

Tutte le condizioni di carico

Pendenza massima 0,37 rad 21,30 gradi

**39,00 % < 90,00 OK**

Peso veicolo 9697 N

Peso veicolo carico 12836 N  $P_{tot}$

Tipo di morsa utilizzata LPA XL

Min. forza scorrimento morsa 34050 N

**Forza di scorrimento:  $3 \cdot \text{sen}(\alpha) \cdot P_{tot} = 13991$  N**

(calcolata per le caratteristiche dell'impianto)

<b>VERIFICA</b>	<b>13991</b>	<b>≤</b>	<b>34050 N</b>	<b>OK</b>
-----------------	--------------	----------	----------------	-----------

**Massimo peso ammissibile**

(con veicolo a pieno carico)

<b>VERIFICA</b>	<b>12836</b>	<b>≤</b>	<b>17500 N</b>	<b>OK</b>
-----------------	--------------	----------	----------------	-----------



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

### 6.18 ADERENZA FUNE SULLA PULEGGIA

Per la verifica dell'aderenza si tiene conto delle azioni dinamiche nelle fasi di accelerazione e frenatura.

Coeff. d'attrito $\mu =$	0,30	minimo coeff. attrito per
caso 1) $\mu =$	0,20	gomma
caso 2) $\mu =$	0,24	
$\alpha =$	160,00 gradi	angolo di avvolgimento fune su
	2,79 rad	puleggia

La verifica viene fatta dimostrando che il coefficiente d'attrito ammissibile  $\mu_{amm}$  non è mai inferiore al

coefficiente d'attrito necessario  $\mu_{nec}$  (pari a  $1/\alpha * \ln(T/t)$ ).

*Impianto in accelerazione (tutte le cond. di carico):*

$$T_{max} / T_{min} = 1,325 \quad \mu_{nec} = 0,101 < 0,2 \quad \mathbf{OK}$$

*Impianto in frenatura (tutte le cond. di carico, azione controllata dei freni):*

$$T_{max} / T_{min} = 1,154 \quad \mu_{nec} = 0,051 < 0,2 \quad \mathbf{OK}$$

*Impianto in frenatura (tutte le cond. di carico, azione NON controllata dei freni):*

$$T_{max} / T_{min} = 1,280 \quad \mu_{nec} = 0,088 < 0,2 \quad \mathbf{OK}$$

*Verifica idraulica (tutte le cond. di carico):*

$$T_{max} / T_{min} = 1,378 \quad \mu_{nec} = 0,115 < 0,24 \quad \mathbf{OK}$$



6.19 FORZA DI APPOGGIO MINIMA SUI RULLI DI LINEA

DATI GENERALI DI CALCOLO

q =	0,25	kN/m <sup>2</sup>	pressione dinamica di calcolo I.E.
q =	0,80	kN/m <sup>2</sup>	pressione dinamica di calcolo F.E.
S_trasv_vv =	7,283	m <sup>2</sup>	superficie trasv. veicolo vuoto
S_trasv_vc =	7,283	m <sup>2</sup>	superficie trasv. veicolo carico
C <sub>trasv_vv</sub> =	1,10		coeff. di forma veicolo vuoto
C <sub>trasv_vc</sub> =	1,10		coeff. di forma veicolo carico
eq =	72,00	m	equidistanza minima veicoli
d <sub>nom</sub> =	0,044	m	diametro nominale fune
C <sub>w_seil</sub> =	1,20		coeff. di forma della fune

Fune nuda prevista in esercizio **NO**

Veicoli in linea in fuori esercizio **NO**

Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale Tn in tutte le condizioni di esercizio previste.

Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a Tn - x%.



**FORZA DI APPOGGIO MINIMA PER VENTO TRASVERSALE (par. 14.6.4 a) e b))**

**IN ESERCIZIO**

ramo salita

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	0,578	0,866	
AV	AV	122,60	38,088	3,728	5,591	
S	C1	290,35	39,366	8,827	13,241	OK
S	C2	513,05	142,854	15,598	23,397	OK
S	C3	513,05	94,989	15,598	23,397	OK
S	C4	385,65	35,864	11,725	17,587	OK
AM	AM	29,76	5,681	0,905	1,357	
PM	PM	20,99		0,638	0,957	

ramo discesa

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	0,578	0,866	
AV	AV	122,60	37,327	3,728	5,591	
S	C1	290,35	39,384	8,827	13,241	OK
S	C2	513,05	141,413	15,598	23,397	OK
S	C3	513,05	94,730	15,598	23,397	OK
S	C4	385,65	36,293	11,725	17,587	OK
AM	AM	29,76	5,443	0,905	1,357	
PM	PM	20,99		0,638	0,957	

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda del tipo di esercizio previsto.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale  $T_n$  in tutte le condizioni di esercizio previste.**

**FUORI ESERCIZIO**

ramo salita

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00	\\ \\ \\	0,80	0,80	
AV	AV	122,60	42,14	5,18	5,18	
S	C1	290,35	39,81	12,26	12,26	OK
S	C2	513,05	142,13	21,67	21,67	OK
S	C3	385,65	94,86	16,29	16,29	OK
S	C4	29,76	37,11	1,26	1,26	OK
AM	AM	20,99	5,55	0,89	0,89	
PM	PM	0,00		0,00	0,00	



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

ramo discesa

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	19,00		0,80	0,80	
AV	AV	122,60	41,64	5,18	5,18	
S	C1	290,35	39,81	12,26	12,26	OK
S	C2	513,05	141,41	21,67	21,67	OK
S	C3	385,65	94,73	16,29	16,29	OK
S	C4	29,76	37,45	1,26	1,26	OK
AM	AM	20,99	5,44	0,89	0,89	
PM	PM					

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda della permanenza in linea o meno dei veicoli.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato dalla fune con veicoli carichi.

**A favore di sicurezza la spinta del vento è determinata per la campata più lunga e non per la semisomma delle campate adiacenti al sostegno esaminato.**

Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .

### FORZA DI APPOGGIO MINIMA SULLA RULLIERA (par. 14.6.4 e)

#### IN ESERCIZIO

Ramo salita

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	salita		salita		salita		
PV	PV	0						
AV	AV	14		38,09		2721		
S	C1	10		39,37		3937		OK
S	C2	32		142,85		4464		OK
S	C3	20		94,99		4749		OK
S	C4	10		35,86		3586		OK
AM	AM	4		5,68		1420		
PM	PM							

Ramo discesa

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	discesa		discesa		discesa		
PV	PV		0					
AV	AV		14		37,33		2666	
S	C1		10		39,38		3938	OK
S	C2		32		141,41		4419	OK
S	C3		20		94,73		4737	OK
S	C4		10		36,29		3629	OK
AM	AM		4		5,44		1361	
PM	PM							



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

Determinazione del carico di confronto per le condizioni di esercizio: Rullo di appoggio:

D1 =	495	mm	diametro del rullo sul bordo esterno
D2 =	460	mm	diametro del rullo sul fondo gola (guarnizione nuova)
d <sub>nom</sub> =	44	mm	diametro nominale della fune

Carico minimo 1 =	500	N	minimo da normativa per singolo rullo
Carico minimo 2 =	950	N	calcolato come $500 + 50 \cdot (d - (D1 - D2))$
<b>Carico di confr.:</b>	<b>950</b>	<b>N</b>	

Rullo di ritenuta:

D1 =	495	mm	diametro del rullo sul bordo esterno
D2 =	460	mm	diametro del rullo sul fondo gola (guarnizione nuova)
d <sub>nom</sub> =	44	mm	diametro nominale della fune

Carico minimo 1 =	500	N	minimo da normativa per singolo rullo
Carico minimo 2 =	950	N	calcolato come $500 + 50 \cdot (d - (D1 - D2))$

**Carico di confr.: 950 N**

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda del tipo di esercizio previsto.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale T<sub>n</sub> in tutte le condizioni di esercizio previste.**

### FUORI ESERCIZIO

Ramo salita

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	salita		salita		salita		salita
PV	PV	0						
AV	AV	14		42,14		3010		
S	C1	10		39,81		3981		<b>OK</b>
S	C2	32		142,13		4441		<b>OK</b>
S	C3	20		94,86		4743		<b>OK</b>
S	C4	10		37,11		3711		<b>OK</b>
AM	AM	4		5,55		1387		
PM	PM							



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

Ramo discesa

Sostegno		Nr. Rulli	Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero		discesa		discesa		
PV	PV	0					
AV	AV	14		41,64		2974	
S	C1	10		39,81		3981	OK
S	C2	32		141,41		4419	OK
S	C3	20		94,73		4737	OK
S	C4	10		37,45		3745	OK
AM	AM	4		5,44		1361	
PM	PM						

Determinazione del carico di confronto per le condizioni di esercizio:

Rullo di appoggio:

**Carico di confr.: 475 N**

Rullo di ritenuta:

**Carico di confr.: 475 N**

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda della permanenza in linea o meno dei veicoli.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato dalla fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .**

### 6.22 CORSA DEL TENDITORE

L_inclinata (AV - AM) =	1381,44 m
Allungamento ‰ =	1,50 per funi p.t. e traenti secondo D.I.
E nom =	125,00 kN/mm <sup>2</sup>
delta E =	5,00 %
E1 =	131,25 kN/mm <sup>2</sup> (con $T_n + x\%$ )
E2 =	118,75 kN/mm <sup>2</sup> (con $T_n - x\%$ )
Salto termico imposto =	60,00 °C
Coeff. dilatazione fune =	$1,20 \times 10^{-5}$ m/°C

	corsa carro (m)			$\Delta l_{E1 - E2}$ max (m)	$\Delta l_{max}$ (m)
	con E0	con E1	con E2		
referimento max m	1,91	3,37	2,45	<b>0,48</b>	<b>1,47</b>
referimento min m	0,44	2,38	0,98		
max corsa m	1,47	0,99	1,47	Σ condizioni di carico	

$$\Delta l_{term} = 0,99 \text{ m} = cf * \Delta T * L_{incl}$$

$$\Delta l_{\%} = 2,07 \text{ m} = c\% * L_{incl}$$

$$\Delta l_{E1 - E2} = 0,48 \text{ m}$$

$$\Delta l_{max} = 1,47 \text{ m}$$

$$\text{Corsa tot. prevista (carro tenditore)} = 5,24 \text{ m} \leq 5,50 \text{ OK}$$



## Appendice B: Verifiche di linea - Ipotesi III – Mare

---

*N.B.: la grandezza  $\Delta_{E1 - E2}$  è il valore della differenza tra le corse di riferimento del carrello tenuto conto dei moduli di Young  $E1$  e  $E2$ , valutata nella stessa condizione di carico dell'impianto.*

*N.B.: la grandezza  $\Delta L_{max}$  è il massimo valore della corsa di riferimento del carrello determinata, a parità di modulo di Young, come differenza tra la posizione del carrello nelle diverse condizioni di carico.*

### VERIFICA della corsa del cilindro tenditore

$\Delta l_{term} =$	0,50	m	cf * $\Delta T$ * $L_{incl}$
$\Delta l_{max} =$	1,47	m	max. corsa carrello
$\Delta_{reg} =$	0,00	m	margin di regolazione

**Corsa tot. prevista (cilindro tenditore) = 1,97 m ≤ 2,20 OK**



## Tronco 2 – Forte Begato

### 6.3 NUMERO MASSIMO di passeggeri in linea (par. 3.1.3.4)

Tipologia di impianto: Seggiovia biposto ad ammorsamento fisso

Veicolo: cabina 8 posti

Nr. di persone per veicolo: 8,00

			% di carico	nr. viaggiatori	
Veicoli tot. ramo salita:	iniziali	18	22	31,68	
	finali	0	100	0	
Veicoli tot. ramo discesa:	iniziali	18	22	31,68	
	finali	0	100	0	
<b>Nr. totale viaggiatori:</b>	<b>iniziali</b>	<b>63,36</b>	<b>&lt;</b>	<b>250</b>	<b>OK</b>
	<b>finali</b>	<b>0</b>	<b>&lt;</b>	<b>250</b>	<b>OK</b>

### 6.11 INTERVIA IN LINEA (par. 3.3.4)

Dati di ingresso:

diametro fune p-t	d =	0,044 mm
superficie laterale con veicolo carico	A_FBM =	7,28 m <sup>2</sup>
superficie laterale con veicolo vuoto	A_FBM_U =	7,28 m <sup>2</sup>
minima distanza tra veicoli:	e =	72,00 m
coefficiente di forma della fune	cw_seil =	1,20
coefficiente di forma del veicolo vuoto:	Ctrasv_vv FBM_e =	1,10
coefficiente di forma del veicolo carico:	Ctrasv_vv FBM_l =	1,10
pressione del vento in esercizio	p_Wind IE=	0,25 kN/m <sup>2</sup>
pressione del vento fuori esercizio	p_Wind FE=	1,20 kN/m <sup>2</sup>
lunghezza inclinata della campata	Ls_j =	vedere tabella
Tensione minima fune in campata (Tn - %)	Smin_j =	vedere tabella

Calcoli:

sbandamento laterale in mezzeria  $f_h = ((c_w \cdot s_{eill} \cdot d + c_w \cdot F_{BM} \cdot A_{FBM} / e) \cdot p_{Wind} \cdot L_{s_j}^2) / 8 / S_{min\_i}$

angolo di ingresso trasversale =  $\alpha = \text{ARCTAN}(4 \cdot f_h / L_{s_j}) \cdot 180 / \pi$

forza orizzontale sul primo rullo  $F_H = ((c_w \cdot s_{eill} \cdot d + c_w \cdot F_{BM} \cdot A_{FBM} / e) \cdot p_{Wind} \cdot L_{s_j} / 2) / 2$



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

### Calcolo per intervia minima IN ESERCIZIO:

Campata		Ls <sub>j</sub>	Tmin <sub>j</sub>	fh	alfa	F <sub>H</sub>
da	a	m	kN	m	°	kN
PV	AV	33,74	204,99	0,0188	0,1278	0,2287
AV	C1	9,26	205,05	0,0014	0,0351	0,0627
C1	C2	5,74	206,38	0,0005	0,0216	0,0389
C2	C3	6,41	207,59	0,0007	0,0240	0,0434
C3	C4	39,23	208,74	0,0250	0,1460	0,2659
C4	C5	74,83	218,78	0,0867	0,2656	0,5072
C5	C6	127,85	226,44	0,2446	0,4385	0,8665
C6	C7	245,88	233,00	0,8792	0,8195	1,6664
C7	C8	109,53	245,62	0,1655	0,3463	0,7423
C8	C9	53,67	259,33	0,0376	0,1607	0,3637
C9	C10	97,87	266,57	0,1218	0,2851	0,6633
C10	C11	165,42	269,99	0,3434	0,4758	1,1211
C11	AM	115,18	276,47	0,1626	0,3235	0,7806
AM	PM	175,54	291,23	0,3586	0,4681	1,1897

### Tmin<sub>j</sub> da calcolo con linea carica e Tn.

Ingombro veicolo sbandato di 0.2 rad	I =	2,200 m
Massima freccia in centro campata per effetto vento		0,879 m
Franco interno da rispettare	Y =	0,000 m
Minima intervia richiesta	Int <sub>min</sub> =	<b>5,279 m</b>
Intervia di progetto	Int <sub>prog</sub> =	<b>6,000 m</b>

Verifica: Int<sub>prog</sub> ≥ Int<sub>min</sub> OK

### Calcolo per ingombro trasversale massimo FUORI ESERCIZIO:

Campata		Ls <sub>j</sub>	Tmin <sub>j</sub>	fh	alfa	F <sub>H</sub>
da	a	m	kN	m	°	kN
PV	AV	33,74	191,70	0,0966	0,6561	1,0977
AV	C1	9,26	191,76	0,0073	0,1800	0,3011
C1	C2	5,74	193,01	0,0028	0,1108	0,1866
C2	C3	6,41	194,14	0,0034	0,1231	0,2085
C3	C4	39,23	195,18	0,1283	0,7493	1,2763
C4	C5	74,83	203,42	0,4478	1,3711	2,4344
C5	C6	127,85	209,90	1,2667	2,2694	4,1592
C6	C7	245,88	215,35	4,5662	4,2484	7,9985
C7	C8	109,53	225,96	0,8636	1,8063	3,5631
C8	C9	53,67	237,44	0,1973	0,8426	1,7460
C9	C10	97,87	243,45	0,6400	1,4983	3,1838
C10	C11	165,42	246,30	1,8071	2,5020	5,3812
C11	AM	115,18	251,95	0,8564	1,7036	3,7468
AM	PM	175,54	264,04	1,8983	2,4768	5,7105



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

**Tmin<sub>j</sub>** da calcolo con linea scarica e Tn - 8%.

Ingombro veicolo sbandato di 0.34 rad 2,68 m  
 Massima freccia in centro campata per effetto vento 4,57 m  
 Franco esterno da rispettare 1,5 m  
**Massimo ingombro laterale richiesto Y<sub>max</sub> = 23,50 m**

### 6.12.3 ACCELERAZIONE CENTRIPETASU SOSTEGNO (par. 3.5.1.2)

*Passo tra rulli*

Appoggio = 0,656 m 656 mm  
 Ritenuta = 0,656 m 656 mm  
 Doppio effetto = 0,656 m 656 mm

Velocità impianto = 5,00 m/s

Accelerazione limite = 2,00 m/s<sup>2</sup> secondo par. 3.5.1.2

**ramo salita**

Sostegno nr.	Numero rulli salita	Dev. fune (rad) salita	Raggio curvat. (m) salita	Acceleraz. (m/s <sup>2</sup> ) salita	Verifica
PV	0				
AV	4	0,0725	27,13	0,921	
R1	12	0,2177	33,14	0,754	OK
R2	10	0,1811	32,59	0,767	OK
R3	12	0,1874	38,51	0,649	OK
C3	12	0,3318	21,75	1,150	OK
C4	12	0,3042	23,72	1,054	OK
C5	8	0,2154	21,32	1,173	OK
R6	10	0,1762	33,50	0,746	OK
C7	12	0,2774	26,02	0,961	OK
C8	12	0,2711	26,62	0,939	OK
C9	6	0,1223	26,82	0,932	OK
R10	12	0,1805	39,97	0,625	OK
C11	8	0,1416	32,42	0,771	OK
C12	12	0,2678	26,95	0,928	OK
C13	12	0,2582	27,94	0,895	OK
AM	4	0,0830	23,72	1,054	
PM					



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

### ramo discesa

Sostegno nr.	Numero rulli discesa	Dev. fune (rad) discesa	Raggio curvat. (m) discesa	Acceleraz. (m/s <sup>2</sup> ) discesa	Verifica
PV	0				
AV	4	0,0698	28,18	0,887	
R1	12	0,2180	33,11	0,755	OK
R2	10	0,1813	32,56	0,768	OK
R3	12	0,1878	38,42	0,651	OK
C3	12	0,3098	23,29	1,073	OK
C4	12	0,2675	26,98	0,927	OK
C5	8	0,1521	30,19	0,828	OK
R6	12	0,1828	39,47	0,633	OK
C7	12	0,2556	28,23	0,886	OK
C8	12	0,2498	28,89	0,865	OK
C9	6	0,0916	35,80	0,698	OK
R10	12	0,1832	39,39	0,635	OK
C11	8	0,1151	39,90	0,627	OK
C12	12	0,2470	29,21	0,856	OK
C13	12	0,2442	29,55	0,846	OK
AM	4	0,0679	28,98	0,863	
PM					

#### 6.12.4 INTERVALLO MINIMO TRA DUE VEICOLI CONSECUTIVI (par.3.5.3.3)

$\alpha$  di ingresso all'imbarco = fino a 0.52 rad (30°)

Nr. persone per veicolo = 8,00 n  
 Min. intervallo da normativa = 8 s

Min. intervallo da calcolo di linea = **14,40 s** iniziale > **8s** OK  
 Min. intervallo da calcolo di linea = **14,40 s** finale > **8s** OK

#### 6.15 FORZA TRASVERSALE SINGOLA - STF (par 14.6.2, 14.6.3)

T<sub>min</sub> = **198001 N** tensione minima impianto (T<sub>n</sub> - x%)  
 Q<sub>veh</sub> = **13085 N** peso veicolo carico

**STF = 15,15** rapporto forza trasversale  $\geq 15$  OK

#### 6.15 COEFFICIENTE DI FLESSIONE (par 14.6.2, 14.6.3)

Diametro puleggia = 6.000,00 mm  
 Diametro fune = 44,00 mm

**D/d = 136,36**  $\geq 80$  OK



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

### 6.15 GRADO DI SICUREZZA DELLA FUNE (par 14.6.2, 14.6.3)

Diametro fune =	44,00 mm
Sezione metallica =	792,00 mm <sup>2</sup>
Carico di rottura =	1.414,00 kN

#### grado di sicurezza > 4

T <sub>max</sub> =	323013 N	<b>g.d.s =</b>	<b>4,38</b>	<b>OK</b>
--------------------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a T<sub>n</sub>, con carichi concentrati, azioni dinamiche in avviamento e frenatura.

#### grado di sicurezza < 20

T <sub>min</sub> =	175163 N	<b>g.d.s =</b>	<b>8,07</b>	<b>OK</b>
--------------------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a T<sub>n</sub> - x%, con carichi concentrati, nessuna azione dinamica.

T <sub>n</sub> fune nuda =	271292 N	<b>g.d.s =</b>	<b>5,21</b>	<b>OK</b>
----------------------------	----------	----------------	-------------	-----------

Il grado di sicurezza viene valutato a T<sub>n</sub> e fune nuda.

#### grado di sicurezza > 2.80 (valutato in fuori esercizio)

T <sub>max_tot</sub> =	368147 N			
T <sub>max_ecc</sub> =	349411 N	<b>g.d.s =</b>	<b>3,84</b>	<b>OK</b>
T <sub>vento</sub> =	1680 N			
T <sub>ghiaccio</sub> =	17056 N			

Valutato con carico ghiaccio secondo par. 14.1.5.3.2 e pressione vento pari a 0.60 del valore di cui al par. 14.1.5.2.

T <sub>max_tot</sub> =	396714 N	<b>g.d.s =</b>	<b>3,56</b>	<b>OK</b>
T <sub>max_ecc</sub> =	349411 N			
T <sub>vento</sub> =	4664 N			
T <sub>ghiaccio</sub> =	42639 N			

Valutato con pressione vento secondo il par. 14.1.5.2 e carico ghiaccio pari a 0.40 volte il valore di cui al par. 14.1.5.3.2.



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

### AUMENTO DELLA TENSIONE FUNE per effetto del manicotto di ghiaccio (par 14.1.5.3.2)

Densità del ghiaccio = 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Spessore del manicotto = 25 mm  
  
 Diametro esterno manicotto = 0,094 m  
 Diametro interno manicotto = 0,044 m  
 Superficie del manicotto = 0,00542 m<sup>2</sup>  
**Peso del manicotto al m/l = 3,25 kg/m**

#### ramo salita

Campata		L_incl.	Peso	fattore
da	a	Ls_j (m)	ghiaccio	0,4
PV	AV	33,74	109,72	43,89
AV	R1	9,26	30,10	12,04
R1	R2	5,74	18,65	7,46
R2	R3	6,41	20,84	8,34
R3	C3	39,23	127,57	51,03
C3	C4	74,83	243,33	97,33
C4	C5	127,85	415,72	166,29
C5	R6	245,88	799,48	319,79
R6	C7	109,53	356,14	142,46
C7	C8	53,67	174,51	69,81
C8	C9	97,87	318,23	127,29
C9	R10	165,42	537,87	215,15
R10	C11	115,18	374,50	149,80
C11	C12	175,54	570,78	228,31
C12	C13	6,19	20,14	8,06
C13	AM	7,00	22,77	9,11
AM	PM	38,00	123,56	49,42
<b>Totale</b>			<b>4263,93</b>	<b>1705,57</b>



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

### ramo discesa

Campata		L_incl. Ls_j (m)	Peso ghiaccio	fattore 0,4
da	a			
PV	AV	33,74	109,72	43,89
AV	R1	9,26	30,10	12,04
R1	R2	5,74	18,65	7,46
R2	R3	6,41	20,84	8,34
R3	C3	39,23	127,57	51,03
C3	C4	74,83	243,33	97,33
C4	C5	127,85	415,72	166,29
C5	R6	245,88	799,48	319,79
R6	C7	109,53	356,14	142,46
C7	C8	53,67	174,51	69,81
C8	C9	97,87	318,23	127,29
C9	R10	165,42	537,87	215,15
R10	C11	115,18	374,50	149,80
C11	C12	175,54	570,78	228,31
C12	C13	6,19	20,14	8,06
C13	AM	7,00	22,77	9,11
AM	PM	38,00	123,56	49,42
		<b>Totale</b>	<b>4263,93</b>	<b>1705,57</b>

A favore di sicurezza, si considera che il peso del ghiaccio si scarichi in asse fune come aumento di tensione. In esercizio non è previsto il manicotto di ghiaccio, in quanto prima dell'apertura dell'impianto occorre procedere alla sua rimozione mediante uno o più giri a vuoto. In fuori esercizio la pressione del vento è fissata nel valore di 1200 N/m<sup>2</sup>, corretto poi con opportuni coeff. come previsto nel par. 14.2.2.4.

#### **AUMENTO DELLA TENSIONE FUNE per effetto del vento (par 14.1.5.2)**

Pressione del vento di f.e. = 1,20 kN/m<sup>2</sup>    1200    N/m<sup>2</sup>  
 Coefficiente di riduzione = 0,65    secondo par. 14.2.2.4  
 Coefficiente di riduzione = 0,60    secondo par. 14.2.2.4 p.to 2)

Veicoli in linea in f.e. = Superficie trasv. veicolo = **SI**  
 7,28    m<sup>2</sup>  
 Coeff. di forma veicolo = 1,10  
 Coeff. di forma fune = 1,20  
 Equidistanza veicoli = 72,00    m



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

Campata da	a	L_incl. Ls_j (m)	Ts_j max kN	F_wind f.e. (1) kN	F_wind f.e. (2) kN	Rs_j max kN cond.1	Rs_j max kN cond.2	Delta kN cond. 1	Delta kN cond. 2
PV	AV	33,74	324,963	4,433	2,660	324,993	324,974	0,030	0,011
AV	R1	9,34	324,963	1,227	0,736	324,965	324,964	0,002	0,001
R1	R2	6,13	325,049	0,806	0,484	325,050	325,049	0,001	0,000
R2	R3	22,76	325,223	2,990	1,794	325,237	325,228	0,014	0,005
R3	C3	41,06	326,754	5,395	3,237	326,798	326,770	0,045	0,016
C3	C4	73,76	328,502	9,691	5,814	328,645	328,553	0,143	0,051
C4	C5	134,20	330,013	17,631	10,578	330,483	330,182	0,471	0,170
C5	R6	247,19	333,228	32,476	19,486	334,807	333,797	1,579	0,569
R6	C7	97,45	336,901	12,802	7,681	337,144	336,989	0,243	0,088
C7	C8	52,64	338,066	6,916	4,149	338,136	338,091	0,071	0,025
C8	C9	100,20	338,973	13,165	7,899	339,229	339,065	0,256	0,092
C9	R10	170,52	340,724	22,403	13,442	341,459	340,989	0,736	0,265
R10	C11	127,03	344,097	16,689	10,013	344,501	344,242	0,404	0,146
C11	C12	160,01	349,288	21,022	12,613	349,920	349,515	0,632	0,228
C12	C13	6,00	349,395	0,789	0,473	349,396	349,395	0,001	0,000
C13	AM	7,00	349,411	0,920	0,552	349,412	349,412	0,001	0,000
AM	PM	38,00	349,411	4,992	2,995	349,447	349,424	0,036	0,013

**totale** 4,664 1,680

**Variazione % =** 1,383 0,481

Campata da	a	L_incl. Ls_j (m)	Ts_j max kN	F_wind f.e. (1) kN	F_wind f.e. (2) kN	Rs_j max kN cond.1	Rs_j max kN cond.2	Delta kN cond. 1	Delta kN cond. 2
PV	AV	33,74	324,963	4,433	2,660	324,993	324,974	0,030	0,011
AV	R1	9,34	324,963	1,227	0,736	324,965	324,964	0,002	0,001
R1	R2	6,13	325,049	0,806	0,484	325,050	325,049	0,001	0,000
R2	R3	22,76	325,223	2,990	1,794	325,237	325,228	0,014	0,005
R3	C3	41,06	326,754	5,395	3,237	326,798	326,770	0,045	0,016
C3	C4	73,76	328,502	9,691	5,814	328,645	328,553	0,143	0,051
C4	C5	134,20	330,013	17,631	10,578	330,483	330,182	0,471	0,170
C5	R6	247,19	333,228	32,476	19,486	334,807	333,797	1,579	0,569
R6	C7	97,45	336,901	12,802	7,681	337,144	336,989	0,243	0,088
C7	C8	52,64	338,066	6,916	4,149	338,136	338,091	0,071	0,025
C8	C9	100,20	338,973	13,165	7,899	339,229	339,065	0,256	0,092
C9	R10	170,52	340,724	22,403	13,442	341,459	340,989	0,736	0,265
R10	C11	127,03	344,097	16,689	10,013	344,501	344,242	0,404	0,146
C11	C12	160,01	349,243	21,022	12,613	349,875	349,470	0,632	0,228
C12	C13	6,00	349,350	0,789	0,473	349,350	349,350	0,001	0,000
C13	AM	7,00	349,366	0,920	0,552	349,367	349,367	0,001	0,000
AM	PM	38,00	349,366	4,992	2,995	349,402	349,379	0,036	0,013

**totale** 4,664 1,680

**Variazione % =** 1,383 0,481



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

F\_wind f.f. (1) viene valutato secondo quanto al par. 14.2.2.4 p.to 2 primo comma. F\_wind f.f. (2) viene valutato secondo quanto al par. 14.2.2.4 p.to 2 secondo comma.

In entrambi i casi fuori esercizio si applica il coefficiente di riduzione pari a 0.65.

Si tiene conto dell'incremento del diametro esposto al vento per effetto del manicotto di ghiaccio.

### 6.16 ANGOLO DI IMBOCCO SULLE RULLIERE (par 14.2.1.6)

$\Delta$  (rad) limite da normativa = 0,15 rad per funivie a moto unidirezionale monofune e bifune

Ramo salita					Ramo discesa				
Sostegno nr.	Sostegno tipo	Dev. fune salita (rad)		verifica	Sostegno nr.	Sostegno tipo	Dev. fune discesa (rad)		verifica
		valle	monte				valle	monte	
PV	PV				PV	PV			
AV	AV	0,0630	0,0423	OK	AV	AV	0,0363	0,0606	OK
R1	R	0,0136	0,0688	OK	R1	R	0,0478	0,0045	OK
R2	R	0,0027	0,0505	OK	R2	R	0,0405	0,0002	OK
R3	R	0,0173	0,0596	OK	R3	R	0,0002	0,0397	OK
C3	S	0,0575	0,0602	OK	C3	S	0,0349	0,0388	OK
C4	S	0,0582	0,0755	OK	C4	S	0,0372	0,0455	OK
C5	S	0,0731	0,0906	OK	C5	S	0,0427	0,0474	OK
R6	R	0,0867	0,0561	OK	R6	R	0,0438	0,0360	OK
C7	S	0,0512	0,0517	OK	C7	S	0,0315	0,0377	OK
C8	S	0,0521	0,0524	OK	C8	S	0,0351	0,0354	OK
C9	S	0,0524	0,0617	OK	C9	S	0,0336	0,0374	OK
R10	R	0,0575	0,0509	OK	R10	R	0,0338	0,0335	OK
C11	S	0,0450	0,0524	OK	C11	S	0,0290	0,0320	OK
C12	S	0,0481	0,0000	OK	C12	S	0,0286	0,0074	OK
C13	S	0,0000	0,0396	OK	C13	S	0,0256	0,0057	OK
AM	AM	0,0055	0,0437	OK	AM	AM	0,0283	0,0286	OK
PM	PM				PM	PM			





## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

*Impianto in frenatura (tutte le cond. di carico, azione NON controllata dei freni):*

$$T_{\max} / T_{\min} = 1,310 \qquad \mu_{\text{nec}} = 0,097 < 0,2 \qquad \text{OK}$$

*Verifica idraulica (tutte le cond. di carico):*

$$T_{\max} / T_{\min} = 1,350 \qquad \mu_{\text{nec}} = 0,108 < 0,24 \qquad \text{OK}$$

### 6.19 FORZA DI APPOGGIO MINIMA SUI RULLI DI LINEA

#### DATI GENERALI DI CALCOLO

$q = 0,25$	$\text{kN/m}^2$	pressione dinamica di calcolo I.E.
$q = 0,80$	$\text{kN/m}^2$	pressione dinamica di calcolo F.E.
$S_{\text{trasv}_{\text{vv}}} = 7,283$	$\text{m}^2$	superficie trasv. veicolo vuoto
$S_{\text{trasv}_{\text{vc}}} = 7,283$	$\text{m}^2$	superficie trasv. veicolo carico
$C_{\text{trasv}_{\text{vv}}} = 1,10$		coeff. di forma veicolo vuoto
$C_{\text{trasv}_{\text{vc}}} = 1,10$		coeff. di forma veicolo carico
$e_q = 72,00$	m	equidistanza minima veicoli
$d_{\text{nom}} = 0,044$	m	diametro nominale fune
$C_{w_{\text{seil}}} = 1,20$		coeff. di forma della fune

Fune nuda prevista in esercizio **NO**

Veicoli in linea in fuori esercizio **NO**

Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale  $T_n$  in tutte le condizioni di esercizio previste.

Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

### FORZA DI APPOGGIO MINIMA PER VENTO TRASVERSALE (par. 14.6.4 a) e b))

#### IN ESERCIZIO

ramo salita

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	33,74		0,915	1,372	
AV	AV	33,74	1,911	0,915	1,372	
R	R1	9,26	27,633	0,251	0,376	OK
R	R2	6,41	23,913	0,174	0,261	OK
R	R3	39,23	23,168	1,064	1,595	OK
S	C3	74,83	57,870	2,029	3,043	OK
S	C4	127,85	55,503	3,466	5,199	OK
S	C5	245,88	31,883	6,665	9,998	OK
R	R6	245,88	23,987	6,665	9,998	OK
S	C7	109,53	58,032	2,969	4,454	OK
S	C8	97,87	58,315	2,653	3,980	OK
S	C9	165,42	19,898	4,484	6,727	OK
R	R10	165,42	34,773	4,484	6,727	OK
S	C11	175,54	28,625	4,759	7,138	OK
S	C12	175,54	62,032	4,759	7,138	OK
S	C13	7,00	61,988	0,190	0,285	OK
AM	AM	38,00	11,212	1,030	1,545	
PM	PM	38,00		1,030	1,545	

ramo discesa

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	33,74		0,915	1,372	
AV	AV	33,74	2,009	0,915	1,372	
R	R1	9,26	38,285	0,251	0,376	OK
R	R2	6,41	28,948	0,174	0,261	OK
R	R3	39,23	29,390	1,064	1,595	OK
S	C3	74,83	65,998	2,029	3,043	OK
S	C4	127,85	60,474	3,466	5,199	OK
S	C5	245,88	31,384	6,665	9,998	OK
R	R6	245,88	31,524	6,665	9,998	OK
S	C7	109,53	61,692	2,969	4,454	OK
S	C8	97,87	61,342	2,653	3,980	OK
S	C9	165,42	19,630	4,484	6,727	OK
R	R10	165,42	38,074	4,484	6,727	OK
S	C11	175,54	28,740	4,759	7,138	OK
S	C12	175,54	63,591	4,759	7,138	OK
S	C13	7,00	62,557	0,190	0,285	OK
AM	AM	38,00	11,224	1,030	1,545	
PM	PM	38,00		1,030	1,545	



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda del tipo di esercizio previsto.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale  $T_n$  in tutte le condizioni di esercizio previste.**

### FUORI ESERCIZIO

ramo salita

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	33,74	\\ \\ \\	1,43	1,43	
AV	AV	9,26	1,95	0,39	0,39	
R	R1	5,74	33,67	0,24	0,36	OK
R	R2	6,41	28,83	0,27	0,41	OK
R	R3	39,23	28,77	1,66	2,49	OK
S	C3	74,83	59,93	3,16	3,16	OK
S	C4	127,85	55,50	5,40	5,40	OK
S	C5	245,88	31,64	10,39	10,39	OK
R	R6	109,53	35,08	4,63	6,94	OK
S	C7	53,67	58,03	2,27	2,27	OK
S	C8	97,87	58,32	4,13	4,13	OK
S	C9	165,42	19,75	6,99	6,99	OK
R	R10	115,18	42,68	4,87	7,30	OK
S	C11	175,54	28,62	7,41	7,41	OK
S	C12	6,19	62,03	0,26	0,26	OK
S	C13	7,00	62,02	0,30	0,30	OK
AM	AM	38,00	11,21	1,61	1,61	

ramo discesa

Sostegno		L_incl. max (m)	S_min tot (kN)	F_wind,tr (kN)		Verifica
tipo	numero			calcolata	con coeff.	
PV	PV	33,74	\\ \\ \\	1,43	1,43	
AV	AV	9,26	2,00	0,39	0,39	
R	R1	5,74	39,35	0,24	0,36	OK
R	R2	6,41	30,75	0,27	0,41	OK
R	R3	39,23	31,60	1,66	2,49	OK
S	C3	74,83	63,74	3,16	3,16	OK
S	C4	127,85	57,99	5,40	5,40	OK
S	C5	245,88	31,38	10,39	10,39	OK
R	R6	109,53	38,73	4,63	6,94	OK
S	C7	53,67	59,84	2,27	2,27	OK
S	C8	97,87	59,81	4,13	4,13	OK
S	C9	165,42	19,63	6,99	6,99	OK
R	R10	115,18	44,25	4,87	7,30	OK
S	C11	175,54	28,68	7,41	7,41	OK
S	C12	6,19	63,04	0,26	0,26	OK
S	C13	7,00	62,30	0,30	0,30	OK
AM	AM	38,00	11,22	1,61	1,61	



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda della permanenza in linea o meno dei veicoli.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato dalla fune con veicoli carichi.

**A favore di sicurezza la spinta del vento è determinata per la campata più lunga e non per la semisomma delle campate adiacenti al sostegno esaminato.**

Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .

### FORZA DI APPOGGIO MINIMA SULLA RULLIERA (par. 14.6.4 e)

#### IN ESERCIZIO

##### Ramo salita

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	salita		salita		salita		salita
PV	PV	0						
AV	AV	4		1,91		478		
R	R1	12		27,63		2303		OK
R	R2	10		23,91		2391		OK
R	R3	12		23,17		1931		OK
S	C3	12		57,87		4823		OK
S	C4	12		55,50		4625		OK
S	C5	8		31,88		3985		OK
R	R6	10		23,99		2399		OK
S	C7	12		58,03		4836		OK
S	C8	12		58,32		4860		OK
S	C9	6		19,90		3316		OK
R	R10	12		34,77		2898		OK
S	C11	8		28,62		3578		OK
S	C12	12		62,03		5169		OK
S	C13	12		61,99		5166		OK
AM	AM	4		11,21		2803		

##### Ramo discesa

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	discesa		discesa		discesa		discesa
PV	PV	0						
AV	AV	4		2,01		502		
R	R1	12		38,29		3190		OK
R	R2	10		28,95		2895		OK
R	R3	12		29,39		2449		OK
S	C3	12		66,00		5500		OK
S	C4	12		60,47		5039		OK
S	C5	8		31,38		3923		OK
R	R6	12		31,52		2627		OK
S	C7	12		61,69		5141		OK
S	C8	12		61,34		5112		OK
S	C9	6		19,63		3272		OK
R	R10	12		38,07		3173		OK
S	C11	8		28,74		3592		OK
S	C12	12		63,59		5299		OK
S	C13	12		62,56		5213		OK
AM	AM	4		11,22		2806		



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

Determinazione del carico di confronto per le condizioni di esercizio:

Rullo di appoggio:

D1 =	495	mm	diametro del rullo sul bordo esterno
D2 =	460	mm	diametro del rullo sul fondo gola (guarnizione nuova)
d <sub>nom</sub> =	44	mm	diametro nominale della fune
Carico minimo 1 =	500	N	minimo da normativa per singolo rullo
Carico minimo 2 =	950	N	calcolato come $500 + 50 \cdot (d - (D1 - D2))$
<b>Carico di confr.:</b>	<b>950</b>	<b>N</b>	

Rullo di ritenuta:

D1 =	495	mm	diametro del rullo sul bordo esterno
D2 =	460	mm	diametro del rullo sul fondo gola (guarnizione nuova)
d <sub>nom</sub> =	44	mm	diametro nominale della fune
Carico minimo 1 =	500	N	minimo da normativa per singolo rullo
Carico minimo 2 =	950	N	calcolato come $500 + 50 \cdot (d - (D1 - D2))$
<b>Carico di confr.:</b>	<b>950</b>	<b>N</b>	

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda del tipo di esercizio previsto.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di esercizio si valutano i carichi con tensione nominale  $T_n$  in tutte le condizioni di esercizio previste.**



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

### FUORI ESERCIZIO

Ramo salita

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	salita		salita		salita		salita
PV	PV	0						
AV	AV	4		1,95		488		
R	R1	12		33,67		2806		OK
R	R2	10		28,83		2883		OK
R	R3	12		28,77		2398		OK
S	C3	12		59,93		4994		OK
S	C4	12		55,50		4625		OK
S	C5	8		31,64		3954		OK
R	R6	10		35,08		3508		OK
S	C7	12		58,03		4836		OK
S	C8	12		58,32		4860		OK
S	C9	6		19,75		3291		OK
R	R10	12		42,68		3557		OK
S	C11	8		28,62		3578		OK
S	C12	12		62,03		5169		OK
S	C13	12		62,02		5168		OK
AM	AM	4		11,21		2803		
PM	PM							

Ramo discesa

Sostegno		Nr. Rulli		Carico tot rulliera (kN)		Carico per rullo (N)		VERIFICA
tipo	numero	discesa		discesa		discesa		discesa
PV	PV	0						
AV	AV	4		2,00		499		
R	R1	12		39,35		3279		OK
R	R2	10		30,75		3075		OK
R	R3	12		31,60		2633		OK
S	C3	12		63,74		5312		OK
S	C4	12		57,99		4832		OK
S	C5	8		31,38		3923		OK
R	R6	12		38,73		3228		OK
S	C7	12		59,84		4987		OK
S	C8	12		59,81		4984		OK
S	C9	6		19,63		3272		OK
R	R10	12		44,25		3687		OK
S	C11	8		28,68		3585		OK
S	C12	12		63,04		5253		OK
S	C13	12		62,30		5192		OK
AM	AM	4		11,22		2805		
PM	PM							



## Appendice B: Verifiche di linea - Tronco 2 – Forte Begato

Determinazione del carico di confronto per le condizioni di esercizio:

Rullo di appoggio:

**Carico di confr.: 475 N**

Rullo di ritenuta:

**Carico di confr.: 475 N**

Per i sostegni di appoggio si considera il carico minimo sulla rulliera, dato da fune nuda o veicoli scarichi, a seconda della permanenza in linea o meno dei veicoli.

Per i sostegni di ritenuta si considera il carico minimo sulla rulliera, dato dalla fune con veicoli carichi.

**Per la condizione di fuori esercizio si valutano i carichi con tensione pari a  $T_n - x\%$ .**

### 6.22 **CORSA DEL TENDITORE**

L_inclinata (AV - AM)=	1311,35 m		
Allungamento ‰ =	1,50	per funi p.t. e traenti secondo D.I.	
E nom =	125,00 kN/mm <sup>2</sup>	delta E =	5,00 %
E1 =	131,25 kN/mm <sup>2</sup>	(con	
E2 =	118,75 kN/mm <sup>2</sup>	T <sub>n</sub> +x%)	
		(con	
		T <sub>n</sub> -x%)	
Salto termico imposto =	60,00 °C		
Coeff. dilatazione fune =	1,20 x 10 <sup>-5</sup>	m/°C	

	corsa carro (m)			$\Delta l_{E1 - E2}$ max (m)	$\Delta l_{max}$ (m)
	con E0	con E1	con E2		
riferimento max m	2,37	3,17	2,73	<b>0,28</b>	<b>0,76</b>
riferimento min m	1,62	2,69	1,96		
max corsa m	0,75	0,48	0,76	$\Sigma$ condizioni di carico	
$\Delta l_{term} =$	<b>0,94</b>	<b>m</b>	=	cf * $\Delta T$ * L_incl	
$\Delta l_{\%} =$	<b>1,97</b>	<b>m</b>	=	c% * L_incl	
$\Delta l_{E1 - E2} =$	<b>0,28</b>	<b>m</b>			
$\Delta l_{max} =$	<b>0,76</b>	<b>m</b>		max. corsa carrello	
<b>Corsa tot. prevista (carro tenditore)=</b>	<b>3,96</b>	<b>m</b>	$\leq$	<b>5,00</b>	<b>OK</b>

### **VERIFICA della corsa del cilindro tenditore**

$\Delta l_{term} =$	0,47	m	cf * $\Delta T$ * L_incl
$\Delta l_{max} =$	0,76	m	max. corsa carrello
$\Delta_{reg} =$	0,00	m	marginale di regolazione

**Corsa tot. prevista (cilindro tenditore)= 1,24 m  $\leq$  2,20 OK**



## Appendice C: Tavole

Vengono allegate al documento gli elaborati grafici sviluppati nel corso del lavoro di tesi.

Qui è riportato l'elenco delle tavole allegate:

- [Tavola 01 - Planimetria](#)
- [Tavola 02 - Vincoli territoriali](#)
- [Tavola 03 - Profilo Longitudinale 1 - Ipotesi 1](#)
- [Tavola 04 - Profilo Longitudinale 1 - Ipotesi 2](#)
- [Tavola 05 - Profilo Longitudinale 1 - Ipotesi 3](#)
- [Tavola 06 - Profilo Longitudinale 2](#)
- [Tavola 07 - Sostegno tipo](#)