



Innovazioni normative, tecnologiche ed operative nei trasporti a fune¹

Regulatory, technological and operational innovations in cableway transport¹

Umberto PETRUCCELLI ^(*)

Diego FABRIZIO ^(**)

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.02.2023.ART.1.>)

Sommario - Con riferimento agli impianti di trasporto a fune ed in particolare a quelli aerei il lavoro presenta una disamina critica delle novità intervenute nell'ultima decade in termini normativi, tecnologici ed operativi e delle possibili conseguenze sulle caratteristiche progettuali, sulle prestazioni, sulla sicurezza e sui costi delle realizzazioni.

1. Introduzione

La normativa per la costruzione e l'esercizio degli impianti a fune, in particolare quella riguardante gli aspetti tecnici, nonché le indicazioni sul costo, hanno subito una progressiva evoluzione negli ultimi vent'anni. Il processo di unificazione delle norme del settore è iniziato con la direttiva 2000/9/CE del 20 marzo 2000 che ha indirizzato le norme nazionali successivamente emanate nei diversi stati membri.

Anche la tecnologia funiviaria, in continua evoluzione fin dagli anni '80 del secolo scorso, ha consentito, in particolare nell'ultimo decennio, di migliorare le prestazioni del servizio reso agli utenti e garantire il raggiungimento di livelli di sicurezza sempre crescenti (si veda p.es [5]) nonché di estenderne al trasporto pubblico urbano l'impiego, in origine limitato alle aree montane (si veda p.es. [2] e [19]). In particolare, le innovazioni tecnologiche hanno riguardato l'introduzione della doppia fune portante/traente nella cabinovia monofune, e della doppia fune portante nella funivia bifune, talvolta con la conseguente creazione di sistemi ibridi fra monofune e bifune. Inoltre, l'opportunità di estendere il campo di impiego di questi impianti ha indotto a proporre sistemi bimodali in cui le cabine possono

Summary - With reference to cableway transport systems and in particular to aerial ones, this work presents a critical analysis of the regulatory, technological and operational innovations that have occurred in the last decade and of the possible consequences on design features, as well as on performances, safety and costs of the built facilities.

1. Introduction

The legislation for the construction and operation of cableway installations, in particular that concerning the technical aspects, as well as the indications on the cost, have undergone a progressive evolution in the last twenty years. The process of unification of the sector's standards began with directive 2000/9/EC of 20 March 2000 which directed the national standards subsequently issued in the various member States.

The cableway technology, in continuous evolution since the 80s of the last century, has also made it possible, especially in the last decade, to improve the performance of the service provided to users and achieve increasing levels of safety (see p. es [5]), as well as to extend its use to urban public transport, originally limited to mountain areas (see, for example, [2] and [19]). In particular, the technological innovations concerned the introduction of the double carrying/hauling cable in the single-cable gondola, and of the double carrying cable in the double-cable cable car, sometimes with the consequent creation of hybrid systems between single-cable and double-cable. Furthermore, the opportunity to extend the field of use of these systems has led to the proposal of bimodal systems in which the cabins can move autonomously once released from the rope. Some

^(*) Università della Basilicata - Scuola di Ingegneria - Potenza.

^(**) Ingegnere PhD - Contrattista dell'Università della Basilicata - Potenza.

¹ Ricerca finanziata dal Programma MIUR PON R&I 2014-2020 Program (progetto MITIGO, ARS01_00964).

^(*) Università della Basilicata - Scuola di Ingegneria - Potenza.

^(**) Engineer PhD - Contractor of Università della Basilicata - Potenza.

¹ This research has been supported by MIUR PON R&I 2014-2020 Program (project MITIGO, ARS01_00964).

muoversi in modo autonomo una volta sganciate dalla fune. Alcune innovazioni tecnologiche hanno prodotto anche nuove modalità di esercizio soprattutto per quanto attiene il soccorso e l'evacuazione dei viaggiatori dall'impianto in caso di blocco ed hanno sollevato alcune questioni specifiche, quali la necessità di prevedere il piano ultimo e la possibilità di eliminare il freno sulla portante.

In tema di costi di costruzione c'è da rilevare l'aggiornamento che la Delibera del Presidente della Provincia di Bolzano (DPP) del 2006 [9] ha avuto rispettivamente nel 2012 [8] e nel 2020 [7]. Queste ultime disposizioni hanno rivisto le formule per il calcolo del costo, tenendo conto di dati più recenti e talvolta prendendo in considerazione anche nuove tecnologie le cui specificità non consentono un'assimilazione dei costi ad altre tipologie tradizionali. La determinazione dei costi di esercizio deve oggi tenere conto del sensibile aumento del prezzo dell'energia (sebbene gli impianti di trasporto a fune rappresentino l'alternativa modale più efficiente in termini di kWh/passeggero.km) e soprattutto della possibilità di un esercizio completamente automatico (quindi impresenziato) oggi ammesso per alcune tipologie di impianti. Qualche riferimento circa i costi di esercizio è possibile trarlo da alcune statistiche prodotte in proposito dalla Provincia di Bolzano e relative agli impianti esistenti su questo territorio che sono particolarmente numerosi.

Pertanto si è ritenuto utile proporre nel presente articolo una rivisitazione di alcuni aspetti già trattati all'epoca da uno degli autori in [6], riguardanti le normative, le prestazioni ed i costi, che hanno subito negli ultimi anni sensibili variazioni anche per effetto della introduzione di nuove tecnologie.

Dopo questa breve introduzione, il Capitolo 2 propone un raffronto dettagliato fra la normativa in tema di costruzione ed esercizio attualmente in vigore (dal 2021) e quella precedente (del 2012), il Capitolo 3 presenta le nuove tecnologie evidenziandone vantaggi e svantaggi e il Capitolo 4 analizza le innovazioni riguardanti le modalità operative. Il tema dei costi di realizzazione e di esercizio è sviluppato nel Capitolo 5, a cui seguono delle considerazioni conclusive nel Capitolo 6.

2. Le nuove norme

In Italia, il Decreto Legislativo 12 giugno 2003, n. 210 "Attuazione della direttiva 2000/9/CE in materia di impianti a fune adibiti al trasporto di persone e relativo sistema sanzionatorio" [11] ha recepito la direttiva 2000/9/CE in 23 articoli e 10 allegati; successivamente il Decreto Dirigenziale (D.D.) n. 337 del 16 novembre 2012 [13] ha trattato delle "Disposizioni e prescrizioni tecniche per le infrastrutture degli impianti a fune adibiti al trasporto di persone di armonizzazione delle norme e delle procedure con il D.Lgs. 210/2003". Nel 2016, il Regolamento (UE) 2016/42 relativo agli impianti a fune ha abrogato la direttiva 2000/9/CE e, in Italia, con il D.D. n. 172 del 18 giugno 2021 "Disposizioni e specificazioni tecniche

technological innovations have also produced new operating methods, above all as regards the rescue and evacuation of passengers from the facility in the event of a blockage and have raised some specific questions, such as the need to provide for the ultimate plan and the possibility of removing the brake on the carrying cable.

About the construction costs, it should be noted the update that the Resolution of the President of the Province of Bolzano - Italy (DPP) of 2006 [9] had respectively in 2012 [8] and in 2020 [7]. The latter provisions have revised the formulas to calculate the cost, taking into account more recent data and sometimes also new technologies whose specificities do not allow an assimilation of costs to other traditional types. The determination of operating costs must today take into account the significant increase in the price of energy (although cableways are the most efficient transport mode in terms of kWh/passenger.km) and above all the possibility of fully automatic operation (therefore unmanned) which is now permitted for some types of systems. Some data about operating costs can be drawn from statistics produced by the Province of Bolzano - Italy on the existing plants in this area where they are very many.

Therefore we thought it useful to review in the present article some aspects already covered at the time by one of the authors in [6], concerning regulations, performances and costs, which have undergone significant changes in recent years also due to the new technologies.

After this brief introduction, Chapter 2 offers a detailed comparison between the legislation on construction and operation currently in force (from 2021) and the previous one (from 2012), Chapter 3 presents the new technologies highlighting their advantages and disadvantages and the Chapter 4 analyzes innovations about some operating methods. The issue of construction and operating costs is developed in Chapter 5, followed by final remarks in Chapter 6.

2. The new rules

In Italy, Legislative Decree 12 June 2003, n. 210 "Implementation of directive 2000/9/EC on cableway installations used for the transport of persons and related system of sanctions" [11] transposed the European Directive 2000/9/EC in 23 articles and 10 annexes; subsequently the Directorial Decree (D.D.) n. 337 of 16 November 2012 [13] dealt with the "Provisions and technical requirements for the infrastructures of cableway facility, used for people transport, for the harmonization of standards and procedures with Legislative Decree 210/2003". In 2016, European Regulation 2016/42 relating to cableway installations repealed Directive 2000/9/EC and, in Italy, with D.D. no. 172 of 18 June 2021 "Provisions and technical specifications for the infrastructure of cableways used for the transport of people" [12] was consequently repealed the Decree n. 337 of 2012. The facilities built in compliance with the provisions and specifications contained in the Technical Annex of the D.D. no. 172/2021 are presumed to comply with the essential require-

per le infrastrutture degli impianti a fune adibiti al trasporto di persone" [12] è stato di conseguenza abrogato il D.D. n. 337 del 2012. Gli impianti realizzati in conformità alle disposizioni ed alle specificazioni contenute nell'Allegato Tecnico del D.D. n. 172/2021 si presumono conformi ai requisiti essenziali di cui all'Allegato II del Regolamento (UE) 2016/424. Questo Decreto inoltre apre alla possibilità di adottare soluzioni tecniche diverse da quelle prospettate dalle stesse disposizioni e prescrizioni, a condizione che ne venga dimostrata la conformità ai requisiti essenziali di cui all'Allegato II del Regolamento (UE) 2016/424.

Un aspetto che assume grande rilievo nelle scelte progettuali, in quanto vincolante l'andamento del tracciato, la distanza massima delle cabine dal terreno, il numero massimo di passeggeri e più in generale le prestazioni di un impianto a fune, riguarda l'evacuazione degli utenti in caso di fermo/guasto d'impianto. Il tema è stato ampiamente trattato nelle normative di settore che si sono susseguite nel tempo e sintetizzato anni addietro in [6].

Il D.D. del 2012 [13] aveva sviluppato in modo organico il tema dell'evacuazione, dedicandone un Capitolo intero (7. Recupero ed evacuazione) in aggiunta ad altri richiami nel Capitolo 3 relativamente alla scelta del tracciato, alla distanza massima delle cabine dal terreno ed al numero di passeggeri presenti nell'impianto. Il D.D. del 2021 [12] riprende nelle linee generali tutte le indicazioni contenute nel [13], compresi i tempi da prevedere per il recupero (inferiore ad 1 ora per impianti con veicoli aperti ed inferiore a 1,5 ore per gli impianti con veicoli chiusi) e l'evacuazione (inferiore a 3 ore per veicoli chiusi e 2,5 ore per impianti con veicoli aperti); quest'ultima norma specifica inoltre che, dal momento dell'immobilizzazione dell'impianto all'inizio delle operazioni, non possono trascorrere più di 30 minuti, indicazione trascurata dal D.D. 2012 [13].

Nessuna modifica intercorre nelle prescrizioni relative all'evacuazione verticale dei veicoli chiusi che rimane ammessa fino ad una distanza dal terreno di 100 m imponendo l'evacuazione orizzontale nei tratti con maggiore altezza dal suolo. Il soccorso orizzontale è tradizionalmente realizzato con veicoli dedicati, in grado di muoversi autonomamente sulla portante, oppure con un impianto supplementare monofune o bifune. Quest'ultima soluzione, in linea di principio più efficace, secondo l'analisi statistica comporta un incremento dei costi di realizzazione dell'impianto di circa il 12% [3] e presenta alcune criticità, quale la vulnerabilità alle scariche atmosferiche della fune di soccorso (con effetti di deterioramento del metallo e delle sezioni, di diametro generalmente ridotto rispetto alle funi portanti), conseguente alla sua posizione sopraelevata rispetto alle altre funi. Inoltre, comunque avvenga il soccorso orizzontale, non va trascurata la difficoltà di trasferire i passeggeri da una cabina ad un'altra in presenza di oscillazione delle cabine causata dal vento.

Un'evoluzione normativa di sicuro interesse riguarda pertanto il Soccorso Integrato (SI) che viene riportato al punto 7.7. del D.D. del 2021 [12] e rappresenta una novità

ments set out in Annex II of Regulation (EU) 2016/424. This Decree also opens up the possibility of adopting technical solutions other than those envisaged by the same provisions and prescriptions, provided that their compliance with the essential requirements set out in Annex II of Regulation (EU) 2016/424 is demonstrated.

The evacuation of the users in the event of a installation downtime/failure is a great importance issue that affects the design choices, because it constrains the course of the route, the maximum distance of the cabins from the ground, the maximum number of passengers and more generally the performance of a cableway installation. This topic has been extensively dealt with in the sector regulations that have followed one another over time and summarized years ago in [6].

The D.D. of 2012 [13] had developed the theme of evacuation in an organic way, dedicating an entire chapter to it (7. Recovery and evacuation) in addition to other references in Chapter 3 relating to the choice of route, the maximum distance of the cabins from the ground and the number of passengers on the facility. The D.D. of 2021 [12] incorporates in general terms all the indications contained in [13], including the times to be foreseen for recovery (less than 1 hour for open vehicles and less than 1.5 hours for closed ones) and evacuation (less than 3 hours for closed vehicles and less than 2.5 hours for open ones); the latter standard also specifies that no more than 30 minutes can elapse from the moment of plant immobilization to the start of operations, an indication neglected by the D.D. 2012 [13].

There is no change in the regulations relating to the vertical evacuation of closed vehicles which remains permitted up to a distance from the ground of 100 m, imposing horizontal evacuation in the sections with greater height from the ground. Horizontal rescue is traditionally carried out with dedicated vehicles, able to move correctly on the carrying cable, or with an additional single-cable or two-cable system. The latter solution, in principle more effective, according to statistical analysis increases the construction costs of the system of about 12% [3] and raises some critical issues, such as the vulnerability of the rescue rope to atmospheric discharges (with deterioration of the metal and of the section that has generally smaller diameter than the carrying rope), consequent to its higher position than the other ropes. Furthermore, however horizontal rescue takes place, the difficulty of transferring passengers from one cabin to another in the presence of cabins oscillation caused by the wind should not be overlooked.

Therefore, a regulatory evolution of certain interest deals with the Integrated Rescue (IR) which is reported in point 7.7. of the 2021 D.D [12] and is a novelty since it is not covered in the D.D. of 2012 [13]. The standard specifies that the IR, if is permissible for the type of system, must respect the times for the evacuation mentioned above, referred to in point 7.3. For IR, [12] defines the "Type of system which includes elements and redundancies such as to achieve high availability which in any case allows to re-

in quanto non contemplata nel D.D. del 2012 [13]. La norma specifica che il SI, qualora ammissibile per la tipologia di impianto, deve rispettare i tempi per l'evacuazione sopra citati, di cui al punto 7.3. Per SI il [12] definisce la "Tipologia di impianto che comprende elementi e ridondanze tali da realizzare un'alta disponibilità che permette in ogni caso la possibilità di recuperare i passeggeri senza apporti esterni, evitando di ricorrere al soccorso o alla calata verticale al suolo." La scelta del SI mira di fatto a superare e sostituire il sistema tradizionale di soccorso e le criticità ad esso connesse. Il SI ha trovato applicazione per impianti a fune ad ammortamento automatico con 3 funi (due portanti ed una traente), denominato "3S". In Italia recentemente (febbraio 2022) è entrata in funzione la funivia Tires-Carezza, seconda, dopo quella di Verdins-Tall (Scena, BZ), a dotarsi del sistema di SI e priva del freno sulla portante. Si specifica che già dal 2017, quattro anni prima del [12], a seguito della sottomissione di un progetto al parere della Commissione per le funicolari aeree e terrestri, istituita presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con il compito di esprimere parere sui progetti di impianti funiviari non tradizionali, la ditta costruttrice aveva ottenuto per il sistema Funifor la possibilità di impiegare il SI e di rimuovere il freno sulla portante. Peraltro detta rimozione era già regolamentata dalla norma EN12929-2 del 2015 [20] ed anche prevista dall'art.24 comma 10 del D.M. 4 agosto 1998, n. 400 [16] sotto determinate condizioni di impianto e di esercizio dettate dalla D.G. M.C.T.C. ed in presenza di anello trattivo costituito da un'unica fune impalmata.

Data l'importanza del procedimento si è ritenuto di approfondire il giudizio della Commissione analizzando le valutazioni e le prescrizioni contenute nella Relazione Istruttoria con parere favorevole del sistema Funifor. L'evacuazione dei viaggiatori mediante veicoli di soccorso non presenta modifiche tra [12] ed [13]. Infatti, entrambe le norme specificano che è necessario un impianto di soccorso con azionamento analogo a quello di recupero, occorre assicurare la stabilità del carrello del veicolo di soccorso sulla fune portante con coefficiente di stabilità non inferiore ad 1,5. Inoltre, negli impianti in cui non si può effettuare la calata verticale dei passeggeri, in presenza di sostegni intermedi, è obbligatorio disporre di un veicolo di soccorso in ogni stazione (in assenza di sostegni intermedi tale disponibilità è solo consigliata sussistendo l'obbligo in una sola stazione). Negli impianti che operano senza un agente a bordo delle cabine è ancora ammesso il salvataggio con calata verticale laddove sia dimostrato che un agente possa facilmente raggiungere la cabina utilizzando un veicolo munito di dispositivo frenante di sicura efficacia. Nella [12] si specifica che detto dispositivo frenante deve essere azionato dallo stesso soccorritore mentre nella [13] la tipologia di azionamento non è determinata ma si rimarca che il raggiungimento del veicolo lungo la fune deve avvenire senza che l'agente ne risulti affaticato.

Le indicazioni relative ai percorsi di evacuazione delle funicolari sono simili nei due decreti: pur risultando inva-

cover passengers without external inputs, avoiding the need for rescue or vertical descent to the ground." The choice of the IR actually aims to overcome and replace the traditional rescue system and the critical issues connected to it. The IR has found application for automatic detachable ropeways with 3 ropes (two carrying and one pulling), called "3S". In Italy recently (February 2022) the Tires-Carezza cableway went into operation, the second one, after that of Verdins-Tall (Scena, BZ), to be equipped with the IR system and without the brake on the carrying cable. It should be noted that as early as 2017, four years before the [12], the project of the Funifor system submitted to the Commission for aerial and terrestrial funiculars (set up at the Italian Ministry of Infrastructure and Transport with the task of expressing an opinion on projects of non-traditional cableway systems) obtained the permission of using the IR and removing the brake on the carrying cable. Moreover, said removal was already regulated by the EN12929-2 standard of 2015 [20] and also provided for by article 24 paragraph 10 of the Italian Ministerial Decree 4 August 1998, no. 400 [16] under certain plant and operating conditions dictated by the General Direction (D.G.) of the Italian Civil motorization and transport under concession (M.C.T.C) Office and in the presence of a traction ring consisting of a single spliced rope.

Given the importance of the proceeding, it was decided to further examine the Commission's judgment by analyzing the analyses and provisions contained in the Preliminary Report with a favorable opinion from the Funifor system. The evacuation of travelers using emergency vehicles does not change between [12] and [13]. In fact, both standards specify that a rescue system is required with a drive similar to the recovery one, it is necessary to ensure the stability of the trolley of the rescue vehicle on the carrying rope with a stability coefficient of not less than 1.5. Furthermore, in installations where it is not possible to lower passengers vertically, in the presence of intermediate supports, it is mandatory to have an emergency vehicle in each station (in the absence of intermediate supports, this availability is only recommended since the obligation exists in a station only). In installations that operate without an agent on board the cabins, vertical descent rescue is still permitted where it is demonstrated that an agent can easily reach the cabin using a vehicle equipped with a braking device of sure effectiveness. In [12] it is specified that said braking device must be activated by the rescuer himself while in [13] the type of activation is not determined but it is noted that reaching the vehicle along the rope must take place without the agent becoming tired.

The instructions about the evacuation routes of the funiculars are similar in the two decrees: although the minimum width of the escape route, equal to 0.60 m, and the other requirements are unchanged, the obligation of the handrail for lateral safety of the route is imposed by [12] for heights of fall lower than 1.00 m while [13] requires it for heights greater than 0.50 m.

riate la larghezza minima della via di fuga, pari a 0,60 m, e le altre prescrizioni, l'obbligo del corrimano per la sicurezza laterale del percorso è imposto dalla [12] per altezze di caduta inferiore a 1,00 m mentre la [13] lo prevede per altezze maggiori di 0,50 m.

Si evidenzia che tutte le altre disposizioni, diverse da quelle fin qui discusse, che hanno subito modifiche nel Decreto Dirigenziale del 2021 [12] rispetto a quello precedente del 2012 [13] non sono state commentate in quanto non rilevanti ai fini delle prestazioni, dei costi e dell'esercizio ma sono state comunque riportate nella Tab. 1 allo scopo di fornire un quadro completo degli aggiornamenti normativi intervenuti.

3. Le tecnologie innovative

La necessità di dare maggiore stabilità alle cabine, soprattutto rispetto al vento trasversale, mantenendo la semplicità ed economicità della tecnologia monofune ha portato a realizzare sistemi con due funi, entrambe con doppia funzione portante e traente, alle quali le cabine sono collegate temporaneamente con le tradizionali morse automatiche. Ricade in questa tipologia ad esempio il sistema Funitel² che si caratterizza tra l'altro per avere un'unica fune impalmata avvolta a doppio anello sviluppata lungo quattro rami (due per senso di marcia). La soluzione che è possibile definire "doppio monofune" coniuga l'economicità, la elevata capacità e la sostanziale assenza di tempi di attesa in stazione tipiche delle cabinovie a moto continuo con la stabilità garantita dalle due funi poste a distanza reciproca dell'ordine della larghezza delle cabine.

Una recente innovazione tecnologica ha visto la realizzazione del sistema denominato "3S" per la presenza di tre funi di cui due portanti ed una traente. Quest'ultima è generalmente a moto continuo e le cabine vi si agganciano grazie alle morse automatiche tipiche di una cabinovia monofune. Ne consegue un sistema ibrido, fra il bifune a vai e vieni ed il monofune a moto continuo ed ammorramento automatico, che supera i limiti di ciascuna delle due tipologie da cui deriva. Infatti unisce la elevata portanza in campata tipica delle funivie bifune (accresciuta per la presenza di una seconda fune portante che tra l'altro conferisce alle cabine maggiore stabilità trasversale), a tempi di attesa in stazione trascurabili e ad una elevata capacità di trasporto indipendente dalla lunghezza del percorso tipica delle cabinovie a moto continuo. Ultimo vantaggio, tutt'altro che trascurabile, offerto dalla presenza di due funi portanti, consiste nella possibilità di collocare in campata, fra queste ultime, dei sostegni con apposite rulliere per far scorrere la fune traente eliminando il rischio di accavallamento di quest'ultima soprattutto se sottoposta ad una tensione ridotta. La tecnologia 3S, benché leg-

It should be noted that all the other provisions, different from those discussed up to now, which have undergone changes in the 2021 Directorial Decree [12] compared to the previous one of 2012 [13] have not been commented on as they are not relevant on performances, costs and operation but have however been reported in Tab. 1 in order to provide a complete picture of the regulatory updates.

3. Innovative technologies

The need to give the cabins greater stability, especially with respect to crosswinds, while maintaining the simplicity and economy of single-cable technology has led to the creation of systems with two cables, both with a double carrying and hauling function, to which the cabins are temporarily connected with the traditional automatic clamps. For example, the Funitel² system falls into this typology, which stands out, among other things, for having a single spliced rope wound in a double ring developed along four branches (two in each way direction). The solution, that can be defined as "double monocab", combines cost-effectiveness, high capacity and the substantial absence of waiting times at the station typical of continuous-motion gondola lift with the stability guaranteed by the two cables placed at a mutual distance of the order of the cabin width.

A recent technological innovation has seen the creation of the system called "3S" due to the presence of three ropes, two of which are carrying and one hauling. The latter is generally in continuous motion and the cabins hook onto it thanks to the automatic clamps typical of a single-cable gondola lift. The result is an hybrid system, between the double-rope with come and go motion and single-rope with continuous motion and automatic clamping, which overcomes the limits of each of the two types from which it derives. In fact, it combines the high load capacity in the span, typical of bicable cable cars (increased due to the second carrying rope which, among other things, gives the cabins greater transversal stability), with negligible waiting times at the station and a high transport capacity independent of the route length, typical of continuous motion gondola lifts. The last advantage, far from negligible, offered by the presence of two carrying cables, consists in the possibility of placing in the span, between the latter, supports with special rollers to make the hauling cable slide, eliminating the risk of overlapping of the latter, above all when subjected to low tension. The 3S technology, although slightly more expensive than the classic 2-cable one, also seems very promising for use as urban transport, where high capacity and service without waiting times are important.

The Funitor³ system is of the come and go type with two supporting ropes for each runway, positioned outside the

² <https://www.doppelmayr.com/it/prodotti/funitel/>.

² <https://www.doppelmayr.com/it/prodotti/funitel/>.

³ <https://www.doppelmayr.com/it/prodotti/funitor/>.

Tabella 1 – Table 1

Principali disposizioni tecniche modificate dal DD. del 2021 [12] rispetto al DD. del 2012 [13]
Main Italian technical provisions modified by the DD. of 2021 [12] compared to the DD. of 2012 [13]

Variazioni nelle disposizioni tecniche per impianti a fune aerei adibiti al trasporto delle persone Changes in the Italian technical provisions for aerial cableways used for people transport		
Oggetto Subject	MIT - DD n. 337 del 16/11/2012 [13] DD n. 337 del 16/11/2012 [13]	MIMS – DD. 172 del 18/06/2021 [12] DD. 172 del 18/06/2021 [12]
Numero massimo di passeggeri in linea Maximum number of passengers on installation	<p>3.1.3.4. Ai soli effetti delle operazioni di evacuazione la lunghezza del tracciato, di norma, non può consentire in linea:</p> <ul style="list-style-type: none"> per impianti con veicoli aperti, la presenza di più di: <ul style="list-style-type: none"> – 200 persone per veicoli monoposto; – 250 persone per veicoli biposto; – 300 persone per veicoli triposto; – 350 persone per veicoli quadriposto; – 400 persone per veicoli con più di 4 persone. per impianti a veicoli chiusi, la presenza di 500 persone. <p>3.1.3.4. Only for purposes of evacuation, the number of passengers, over the entire length of the route, must not exceed, as a rule:</p> <ul style="list-style-type: none"> For installations with open vehicles: <ul style="list-style-type: none"> – 200 persons for single-seater vehicles; – 250 persons for two-seater vehicles; – 300 persons for three-seater vehicles; – 350 persons for four-seater vehicles; – 400 persons for vehicles with more than four seats. For installations with closed vehicles, 500 persons. 	<p>3.1.3.4. Valori superiori possono essere ammessi se sono garantiti mezzi e provvedimenti che favoriscano l'attuazione delle operazioni di evacuazione nel rispetto dei tempi previsti dal Cap. 7</p> <p>3.1.3.4. Higher values can be admitted if means and measures are guaranteed which favor the evacuation operations in compliance with the times set out in Chapter 7</p>
Spostamento laterale delle funi Lateral shift of the ropes	<p>3.2.2.2. Lo spostamento laterale delle funi in conseguenza dell'azione del vento è calcolato ipotizzando una pressione dinamica agente sulla lunghezza inclinata della campata l', nel qual caso si ipotizza una pressione dinamica pari:</p> <ul style="list-style-type: none"> - in esercizio, ad almeno $q = 0,20 \text{ kN/m}^2$; - fuori esercizio, ad almeno $q = 1,20 \text{ kN/m}^2$. <p>Per lunghezze delle campate l' maggiori di 400 m, per il calcolo dello spostamento laterale delle funi, a seguito dell'azione del vento laterale, si può ipotizzare una pressione dinamica q' agente sull'intera lunghezza della campata, calcolata nel seguente modo, considerando una lunghezza l^* della campata fittizia:</p> $q' = q (l^*/l')^2$ <p>ove q rappresenta la pressione dinamica di cui al punto precedente. La lunghezza della campata fittizia l^* è determinata, con riferimento alla lunghezza inclinata della campata l', secondo la seguente relazione:</p> $l^* = 240 + 0,4 l'$ <p>ove le lunghezze delle campate l' e l^* sono espresse in metri. Fuori esercizio è considerata la sovrapposizione degli effetti del vento e del ghiaccio.</p> <p>3.2.2.2. The lateral shift of the ropes as a result of the wind action is calculated assuming a dynamic pressure acting on the inclined length of the span l'; in which case it must be considered a dynamic pressure equal to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - in operation, at at least $q = 0.20 \text{ kN/m}^2$; - out of service, at at least $q = 1.20 \text{ kN/m}^2$. <p>For span lengths l' greater than 400 m, for the calculation of the lateral shift of the ropes caused by the action of the lateral wind, a dynamic pressure q' acting on the entire length of the span can be assumed, calculated as follows, considering a length l^* of the fictitious span:</p> $q' = q (l^*/l')^2$ <p>where q is the dynamic pressure referred to in the previous point. The length of the fictitious span l^* is calculated, with reference to the inclined length of the span l', by the following relationship:</p> $l^* = 240 + 0,4 l'$ <p>where the lengths of the spans l' and l^* are expressed in metres. Out of service, the overlap of wind and ice effects must be considered.</p>	<p>3.2.2.2. La pressione dinamica da considerare, sia in esercizio, sia fuori esercizio, risulta:</p> <ul style="list-style-type: none"> – per luci $< 200 \text{ m}$: <u>invariata</u>; – per luci ≥ 200 e $< 400 \text{ mt}$: <u>ridotta</u>; – per luci $> 400 \text{ mt}$: <u>aumentata</u> (per la diversa formulazione della lunghezza della campata fittizia). <p>In presenza di ghiaccio va portato in conto un incremento della superficie sottoposta al vento considerando il manicotto di ghiaccio con spessore pari a 20 mm per funi con diametro nominale minore o uguale a 10 mm e pari a 25 mm per funi con diametro nominale maggiore o uguale a 100 mm e con interpolazione lineare per i diametri intermedi.</p> <p>3.2.2.2. The dynamic pressure to be considered, both in operation and out of service, is:</p> <ul style="list-style-type: none"> – for spans $< 200 \text{ m}$: <u>unchanged</u>; – for spans ≥ 200 e $< 400 \text{ mt}$: <u>reduced</u>; – for spans $> 400 \text{ mt}$: <u>increased</u> (due to the different formulation of the length of the fictitious span). <p>In the presence of ice, an increase in the surface subjected to the wind must be taken into account, considering the ice sleeve with a thickness of 20 mm for ropes with a nominal diameter less than or equal to 10 mm, equal to 25 mm for ropes with a nominal diameter greater than or equal to 100 mm and with linear interpolation for intermediate diameters.</p>

(segue - follows: tab. 1)

Principali disposizioni tecniche modificate dal DD. del 2021 [12] rispetto al DD. del 2012 [13]
Main Italian technical provisions modified by the DD. of 2021 [12] compared to the DD. of 2012 [13]

Variazioni nelle disposizioni tecniche per impianti a fune aerei adibiti al trasporto delle persone Changes in the italian technical provisions for aerial cableways used for people transport		
Oggetto Subject	MIT - DD n. 337 del 16/11/2012 [13] DD n. 337 del 16/11/2012 [13]	MIMS – DD. 172 del 18/06/2021 [12] DD. 172 del 18/06/2021 [12]
Spostamento verticale delle funi Vertical shift of the ropes	<p>3.2.2.3. Per determinare i valori estremi della freccia verticale delle funi sono considerati:</p> <ul style="list-style-type: none"> - il carico utile dei veicoli; - l'effetto dinamico all'avviamento ed in frenatura; - fuori esercizio, l'effetto del ghiaccio. <p>L'effetto dinamico è considerato in maniera semplificata considerando le seguenti variazioni delle frecce massime calcolate nelle condizioni di moto uniforme e con i veicoli eventualmente appesi, incluso il carico utile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - per le funi portanti: almeno $\pm 10\%$; - per le funi traenti: almeno $\pm 20\%$; - per le funi portanti-traenti: almeno $\pm 25\%$. <p>Per le funi soccorso delle funivie si veda anche il punto 14.9.2.</p> <p>3.2.2.3. To calculate maximum values of the vertical deflection of the ropes, the following are to be considered:</p> <ul style="list-style-type: none"> - the payload of the vehicles; - the dynamic effect on starting and braking; - out of service, the effect of ice. <p>The dynamic effect is considered in a simplified way considering the following variations of the maximum deflections calculated in the conditions of uniform motion and with the possibly hung vehicles, including payload:</p> <ul style="list-style-type: none"> - for carrying ropes: at least $\pm 10\%$; - for hauling ropes: at least $\pm 20\%$; - for carrying-hauling ropes: at least $\pm 25\%$. <p>For cableway rescue ropes, see also point 14.9.2.</p>	<p>3.2.2.3. Rimangono invariati gli incrementi percentuali della freccia per portare in conto gli effetti dinamici; si inserisce l'indicazione di portare in conto, nel calcolo della freccia, "il campo di lavoro dei dispositivi di tensionamento regolati automaticamente". Questo aggiornamento tiene conto delle innovazioni tecnologiche in grado di attuare il tensionamento automatico che nel transitorio consente di limitare la freccia verticale della fune.</p> <p>3.2.2.3. The percentage increases of the vertical deflection, to take into account the dynamic effects, remain unchanged; the indication to take into account, in the calculation of the deflection, "the working range of the automatically adjusted tensioning devices". This update takes into account the technological innovations able to implement the automatic tensioning which in the transient allows to limit the vertical deflection of the rope.</p>
Oscillazione longitudinale dei veicoli Longitudinal oscillation of vehicles	<p>3.2.2.5. L'oscillazione longitudinale dei veicoli attiene ai valori minimi per l'angolo di oscillazione longitudinale dei veicoli nelle stazioni ed in linea.</p> <p>Nei casi di guasto (come per esempio, intervento del freno sulla fune portante, bloccaggio del veicolo alle entrate od alle uscite dalle stazioni o sulla linea) è consentito che l'oscillazione del veicolo sia limitata dalle strutture di linea o dalle funi a condizione che la velocità del baricentro del veicolo al momento dell'urto, ricavata mediante calcolo, non superi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 m/s in caso di urto contro strutture di linea (per esempio scarpe per le funi portanti); - 5 m/s in caso di urto contro le funi. <p>3.2.2.5. The longitudinal oscillation of vehicles complies with the minimum values for the angle of longitudinal oscillation of vehicles at stations and online.</p> <p>In cases of breakdown (such as, for example, intervention of the brake on the carrying rope, blocking of the vehicle at the entrance or exit of the stations or on the line) it is permitted that the oscillation of the vehicle is limited by the line structures or by the ropes provided that the calculated speed of the vehicle's center of gravity at the moment of impact does not exceed:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 m/s in case of impact against line structures (e.g. carrying rope shoes); - 5 m/s in case of impact against the ropes. 	<p>3.2.2.5. La modifica riguarda solo la velocità massima del baricentro del veicolo al momento dell'urto contro una struttura di linea, elevata a 3,5 m/sec.</p> <p>Viene aggiunta la seguente prescrizione "Con veicoli aperti occupati da viaggiatori, non è ammesso alcun urto con le funi o con le strutture fisse anche in caso di guasti o di eventi generanti oscillazioni anomale dei veicoli...".</p> <p>3.2.2.5. The change only concerns the maximum speed of the vehicle's center of gravity at the moment of impact against a line structure, raised to 3.5 m/sec.</p> <p>The following provision is added "With open vehicles occupied by travellers, no collision with the ropes or fixed structures is permitted, even in the event of breakdowns or events generating anomalous oscillations of the vehicles..."</p>

(segue - follows: tab. 1)

Principali disposizioni tecniche modificate dal DD. del 2021 [12] rispetto al DD. del 2012 [13]
Main Italian technical provisions modified by the DD. of 2021 [12] compared to the DD. of 2012 [13]

Variazioni nelle disposizioni tecniche per impianti a fune aerei adibiti al trasporto delle persone Changes in the Italian technical provisions for aerial cableways used for people transport		
Oggetto Subject	MIT - DD n. 337 del 16/11/2012 [13] DD n. 337 del 16/11/2012 [13]	MIMS – DD. 172 del 18/06/2021 [12] DD. 172 del 18/06/2021 [12]
Distanza massima dal terreno per veicoli chiusi Maximum ground clearance for closed vehicles	<p>3.4.2.1. Per le funivie monofune la configurazione della fune è scelta in generale in modo che la massima distanza del bordo inferiore del veicolo dal terreno sia di 30 m.</p> <p>3.4.2.2. Per le funivie monofune e per le funivie a doppia fune portante-traente, la distanza dal terreno del bordo inferiore del veicolo, soltanto per superare depressioni locali, può essere elevata sino a 60 m, se in ogni campata interessata dalla depressione si trovano al massimo 5 veicoli per ramo e se in tal modo è possibile ottenere un andamento della linea più favorevole.</p> <p>3.4.2.3 Per le funivie bifune, la configurazione della fune è scelta in generale in modo che la massima distanza del bordo inferiore del veicolo dal terreno sia di 60 m. Tale distanza può essere anche superiore a 60 m sino ad un massimo di 100 m se al massimo 5 veicoli sono contemporaneamente interessati su tutta la lunghezza di ciascun ramo di fune.</p> <p>La distanza massima dal suolo non è soggetta a limite nei tratti di linea in cui l'evacuazione dei passeggeri avviene lungo la fune.</p> <p>3.4.2.1. For single-cable cableways, the rope configuration is generally selected such that the maximum distance from the lower edge of the vehicle to the ground is 30 m.</p> <p>3.4.2.2. For single-cable cableways and double carrying-hauling cable cableways, the distance from the ground of the lower edge of the vehicle, only to overcome local depressions, can be raised up to 60 m, if in each span affected by the depression there are at most 5 vehicles per branch and whether a more favorable route development can thus be achieved.</p> <p>3.4.2.3 For double-cable cableways, the rope configuration is generally selected such that the maximum distance of the lower edge of the vehicle from the ground is 60 m. This distance can also be greater than 60 m up to a maximum of 100 m if a maximum of 5 vehicles are involved simultaneously along the entire length of each branch of the cable.</p> <p>The maximum distance from the ground is not subject to a limit in the sections of the line where the evacuation of passengers takes place along the rope.</p>	<p>3.4.2.1. Nel caso di evacuazione tramite calata a terra la distanza massima dal terreno non supera, in genere, i 60 m, con aumento fino a 100 m, come previsto al punto 7.5, in tratti interessati simultaneamente da non più di 5 veicoli che superano tale distanza, su tutta la lunghezza di ciascun ramo di fune.</p> <p>Nei tratti della linea dove si prevede l'evacuazione lungo la fune, non vi è invece alcuna limitazione della distanza dal terreno.</p> <p>3.4.2.1. In the case of evacuation by lowering to the ground, the maximum distance from the ground does not generally exceed 60 m, with an increase up to 100 m, as provided for in point 7.5, in sections involved simultaneously by no more than 5 vehicles exceeding this distance, along the entire length of each rope branch.</p> <p>In the sections of the line where evacuation along the rope is expected, there is no limitation of the distance from the ground.</p>
Distanza massima dal terreno dei veicoli aperti (cabine scoperte superiormente e seggiole) Maximum ground clearance of open vehicles (open top cabs and chairs)	<p>3.4.3.1. Durante il moto a regime e con veicoli considerati convenzionalmente scarichi uniformemente distribuiti alla massima equidistanza prevista per l'esercizio, il punto più basso del bordo inferiore del veicolo si trova, rispetto al terreno non innevato, ad un'altezza normalmente non superiore a 12 m.</p> <p>3.4.3.2. Possibile incremento dell'altezza (se ne deriva un andamento della linea più favorevole oppure se il terreno sottostante l'impianto, in corrispondenza delle campate interessate, è raggiungibile, in ogni periodo di esercizio, con idonei automezzi stabilmente disponibili in zona):</p> <ul style="list-style-type: none"> – fino a 20 m, su tratti non superiori a 150 m ciascuno, contenenti non più di 5 veicoli ciascuno, per una lunghezza massima per ramo pari al 25% della lunghezza inclinata dell'impianto, con non più di 15 veicoli per ramo; – fino a 25 m, su tratti lunghi non più di 25 m ciascuno, per una lunghezza inclinata complessiva di massima di 50 m. <p>3.4.3.1. During steady-state motion and with vehicles conventionally considered unloaded uniformly distributed at the maximum equidistance envisaged for operation, the lowest point of the vehicle's lower edge is, with respect to the snow-free ground, at a height normally not exceeding 12 m.</p> <p>3.4.3.2. Possible increase in height (if this results in a more favorable route of the line or if the ground below the plant, in correspondence with the spans concerned, can be reached, in each period of operation, with suitable road vehicles permanently available in the area):</p>	<p>3.4.3.1. l'altezza massima dal suolo è elevata a 15 m (nelle stesse condizioni di cui al punto 3.4.3.1. del DD del 2012)</p> <p>3.4.3.2. Il valore di 15 m può essere aumentato al massimo di 10 m su una lunghezza inclinata complessiva per ramo non maggiore di:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 200 m, se la lunghezza dell'impianto è minore di 1000 m; – 20% della lunghezza dell'impianto, se questa è maggiore di 1000 m. <p>Comunque la lunghezza di ogni singolo tratto di linea con distanza dal terreno maggiore di 15 m o di 20 m non può superare rispettivamente la lunghezza di 100 m o di 50 m.</p> <p>3.4.3.1. Maximum height from the ground is increased to 15 m (in the same conditions referred to in point 3.4.3.1. of the 2012 DD)</p>

(segue - follows: tab. 1)

Principali disposizioni tecniche modificate dal DD. del 2021 [12] rispetto al DD. del 2012 [13]
Main Italian technical provisions modified by the DD. of 2021 [12] compared to the DD. of 2012 [13]

Variazioni nelle disposizioni tecniche per impianti a fune aerei adibiti al trasporto delle persone Changes in the Italian technical provisions for aerial cableways used for people transport		
Oggetto Subject	MIT - DD n. 337 del 16/11/2012 [13] DD n. 337 del 16/11/2012 [13]	MIMS – DD. 172 del 18/06/2021 [12] DD. 172 del 18/06/2021 [12]
Velocità massima - Maximum speed	<ul style="list-style-type: none"> – up to 20 m, on sections not exceeding 150 m each, containing not more than 5 vehicles each, for a maximum length per branch equal to 25% of the inclined length of the installation, with not more than 15 vehicles per branch; – up to 25 m, on sections no longer than 25 m each, for a maximum overall inclined length of 50 m. 	<p>3.4.3.2. The value of 15 m can be increased by a maximum of another 10 m on an overall inclined length per branch not greater than:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 200 m, if the length of the plant is less than 1000 m; – 20% of the length of the plant, if this is greater than 1000 m. <p>However, the length of each single section of line with a distance from the ground greater than 15 m or 20 m cannot exceed the length of 100 m or 50 m, respectively.</p>
	<p>Funivie bifune a va e vieni con veicoli presenziati <i>Bicable Cableways come and go, with attended vehicles</i></p> <p>3.5.2.2.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 12,0 m/s nei tratti fra i sostegni; b) 10,0 m/s sui sostegni di linea. <p>3.5.2.2.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 12,0 m/s in the sections between the supports; b) 10,0 m/s on line supports. 	<p>3.5.2.2.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 12 m/s nei tratti fra i sostegni; b) 10,0 m/s sui sostegni di linea con una portante; 12 m/s con due portanti. <p>3.5.2.2.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 12 m/s in the sections between the supports; b) 10,0 m/s on line supports, with one carrying rope; 12 m/s con due portanti.
	<p>Funivie bifune con veicoli NON presenziati <i>Bicable cableways with NOT attended vehicles</i></p> <p>3.5.2.3.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) in linea 7,0 m/s; b) sui sostegni di linea: <ul style="list-style-type: none"> – 6,0 m/s, con una fune portante; – 7,0 m/s, con due funi portanti; c) nelle stazioni valgono i valori di cui al successivo punto 3.5.2.5.b), cioè: <ul style="list-style-type: none"> • per veicoli chiusi: 0,5 m/s, nelle zone d'imbarco e di sbarco; • per veicoli aperti nelle zone d'imbarco e sbarco: <ul style="list-style-type: none"> – di sciatori: 1,3 m/s per l'imbarco e 1,5 m/s per lo sbarco; – di pedoni, in linea col percorso del veicolo: 1,0 m/s; – di pedoni, lateralmente al veicolo: 0,5 m/s <p>3.5.2.3.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) on line 7,0 m/s; b) on line supports: <ul style="list-style-type: none"> – 6,0 m/s, with one carrying rope; – 7,0 m/s, with two carrying ropes; c) in stations, the values referred to in point 3.5.2.5.b) apply, i.e.: <ul style="list-style-type: none"> • with closed vehicles: 0,5 m/s, in boarding and landing areas; • with open vehicles, in boarding and landing areas: <ul style="list-style-type: none"> – for skiers: 1,3 m/s in boarding and 1,5 m/s in landing; – for pedestrians, in line with the vehicle's path: 1,0 m/s; – for pedestrians, sideways to the vehicle: 0,5 m/s 	<p>3.5.2.2. Con moto a vai e vieni</p> <ul style="list-style-type: none"> a) in linea 12,0 m/s; b) sui sostegni di linea: <ul style="list-style-type: none"> – 7,0 m/s, con una fune portante; – 8,0 m/s, con due funi portanti; <p>3.5.2.3. Con moto unidirezionale</p> <ul style="list-style-type: none"> a) In linea: <ul style="list-style-type: none"> – 7,0 m/s, con una fune portante; – 8,0 m/s, con due funi portanti; b) Nelle stazioni: invariata <p>3.5.2.2. with come and go motion</p> <ul style="list-style-type: none"> a) on line 12,0 m/s; b) on line supports: <ul style="list-style-type: none"> – 7,0 m/s, with one carrying rope; – 8,0 m/s, with two carrying ropes; <p>3.5.2.3. with one-way motion</p> <ul style="list-style-type: none"> a) one line: <ul style="list-style-type: none"> – 7,0 m/s, with one carrying rope; – 8,0 m/s, with two carrying ropes; b) in stations: unchanged

(segue - follows: tab. 1)

Principali disposizioni tecniche modificate dal DD. del 2021 [12] rispetto al DD. del 2012 [13]
Main Italian technical provisions modified by the DD. of 2021 [12] compared to the DD. of 2012 [13]

Variazioni nelle disposizioni tecniche per impianti a fune aerei adibiti al trasporto delle persone <i>Changes in the italian technical provisions for aerial cableways used for people transport</i>		
Oggetto <i>Subject</i>	MIT - DD n. 337 del 16/11/2012 [13] <i>DD n. 337 del 16/11/2012 [13]</i>	MIMS – DD. 172 del 18/06/2021 [12] <i>DD. 172 del 18/06/2021 [12]</i>
Velocità massima <i>Maximum speed</i>	<p>Funivie con veicoli aperti a collegam. Permanente <i>Cableways with open vehicles with permanent connection</i></p> <p>3.5.2.6. (non si considerano gli impianti sportivi per sciatori) a) in linea: come al punto 3.5.2.5. b) nelle stazioni: – con veicoli da max 2 posti o con più posti ma utilizzati a 2 posti: 1,5 m/s; – con veicoli con più di 2 posti: 1,0 m/s.</p> <p>3.5.2.6. (sports facilities for skiers are not considered) a) on line: as in point 3.5.2.5. b) in stations: – with vehicles with max 2 seats or with more seats but used with 2 seats: 1.5 m/s; – with vehicles with more than 2 seats: 1.0 m/s.</p>	<p>Nessuna variazione ma è stato aggiunto il tipo pulsé (punto 3.5.2.5. b.3) per il quale è fissata la velocità massima in stazione di 0,5 m/s. <i>No change but the pulsé type has been added (point 3.5.2.5. b.3) for which the maximum speed in the station is set at 0.5 m/s.</i></p>
Intervallo minimo e distanza minima tra i veicoli nelle funivie a moto unidirezionale <i>Minimum gap and minimum distance between vehicles in one-way motion cableways</i>	<p>3.5.3.2. Disposizioni per la sorveglianza automatica nelle stazioni, per i veicoli a collegamento temporaneo disammorsati, durante l'avanzamento in stazione. Condizioni per poter omettere la sorveglianza automatica. <i>3.5.3.2. Provisions for automatic monitoring in stations, for disengaged temporary connection vehicles, during movement in station. Conditions to be able to omit automatic surveillance.</i></p>	<p>Nessuna variazione escluso l'eliminazione della prescrizione che i veicoli in marcia in stazione siano non occupati e l'obbligo di un intervallo nominale minimo, tra i veicoli aperti a collegamento temporaneo, di 5,0 s" (3.5.3.2.). <i>No changes except the elimination of the requirement that the vehicles traveling in the station are unoccupied and the obligation of a minimum nominal gap between temporary connection open vehicles of 5.0 s" (3.5.3.2.).</i></p>
	<p>3.5.3.4 Il valore nominale minimo dell'intervallo nel caso di seggiovie con veicoli a collegamento permanente è 5,0 s. <i>3.5.3.4 The minimum nominal value of the gap in the case of chair lifts with permanently connected vehicles is 5.0 s.</i></p>	<p>L'intervallo minimo dei veicoli chiusi a collegamento permanente viene analizzato con maggiore dettaglio specificando che deve essere non inferiore ai seguenti valori (3.5.3.5.): a) 8 s per gli impianti a cabine monoposto; b) 10 s per gli impianti a cabina biposto. <i>The minimum gap of permanently connected closed vehicles is analyzed in greater detail by specifying that it must be no less than the following values (3.5.3.5.):</i> a) 8 s for installation with single-seater cabins; b) 10 s for two-seat cabin installation.</p>
Recupero ed evacuazione <i>Recovery and evacuation</i>	<p>Da 7.1 a 7.5.4 Vengono illustrati i tempi di recupero, il piano, l'evacuazione verticale e quella mediante veicoli di soccorso. <i>Da 7.1 a 7.5.4</i> <i>The recovery times, the plan, the vertical evacuation and that using rescue vehicles are illustrated.</i></p>	<p>Da 7.1 a 7.7 Non ci sono modifiche in ordine ai tempi di recupero, al piano, all'evacuazione verticale e quella mediante veicoli di soccorso; viene inserito (punto 7.7) il concetto di soccorso integrato. <i>From 7.1 to 7.7</i> <i>There are no changes in terms of recovery times, plan, vertical evacuation and that using rescue vehicles; the integrated rescue concept is introduced (point 7.7).</i></p>

germente più costosa di quella bifune classica, sembra molto promettente anche per l'impiego come trasporto urbano, dove la capacità elevata ed il servizio senza tempi di attesa risultano importanti.

Il sistema Funifor³ è del tipo a vai e vieni con due funi portanti per ciascuna via di corsa, posizionate esternamente alla sagoma della cabina a notevole distanza fra loro. Questa caratteristica conferisce grande stabilità alle cabine rispetto al vento e la possibilità di avere una sospensione molto più corta rispetto ad altre tipologie di impianto e quindi stazioni meno alte con minore impatto sul paesaggio [15]. La movimentazione è assicurata da due sistemi di trazione indipendenti, uno per ciascuna cabina che pertanto può marciare in modo completamente indipendente dall'altra. Ciascuna delle due funi traenti (una per cabina) è avvolta intorno a pulegge verticali, due motrici collocate in una delle due stazioni, e due di rinvio nell'altra; il collegamento del veicolo alla traente è realizzato con quattro pulegge di compensazione portate dal telaio del carrello e complanari al tetto della cabina. La particolarità principale del Funifor riguarda la configurazione dell'anello trattivo (Fig. 1) che in condizioni normali è trainato contemporaneamente da entrambe le pulegge motrici ma in condizioni di blocco di una delle pulegge motrici, causato per esempio dalla rottura di un cuscinetto della stessa o dall'avaria della trasmissione, può movimentare la vettura a velocità ridotta utilizzando la sola puleggia funzionante, comandata dall'azionamento elettrico principale o da quello di recupero. Questo aspetto risulta molto utile in condizioni di evacuazione dell'impianto come discusso a proposito delle innovazioni in ambito operativo. L'altro vantaggio conseguente alla indipendenza degli azionamenti delle due cabine si traduce nella possibilità di realizzare un impianto con una sola cabina su una sola via di corsa risparmiando sensibilmente sui costi di costruzione qualora la domanda sia bassa.

Per migliorare l'accessibilità al sistema a fune, spesso condizionata dalla posizione obbligata delle stazioni, sono state recentemente messe a punto tecnologie intermodali in cui le cabine, una volta raggiunte le stazioni e sganciate dalla fune, possono completare il percorso muovendosi a terra con un vincolo del tipo tram-bus o su una specifica rotaia in alto o in basso (tipo monorotaia), generalmente con marcia completamente automatica realizzando un *Automatic People Mover* (APM). Si tratta di sistemi attualmente realizzati al più come prototipi sperimentali che tuttavia si presentano promettenti nell'impiego in numerosi contesti specifici. Le considerazioni sviluppate in proposito si basano sulla conoscenza che gli scriventi hanno potuto maturare studiando la documentazione pubblica disponibile. Per questi sistemi bimodali, in assenza di specifiche disposizioni, le norme a cui attenersi sono quelle relative al tipo di sistema a cui sono assimilabili durante

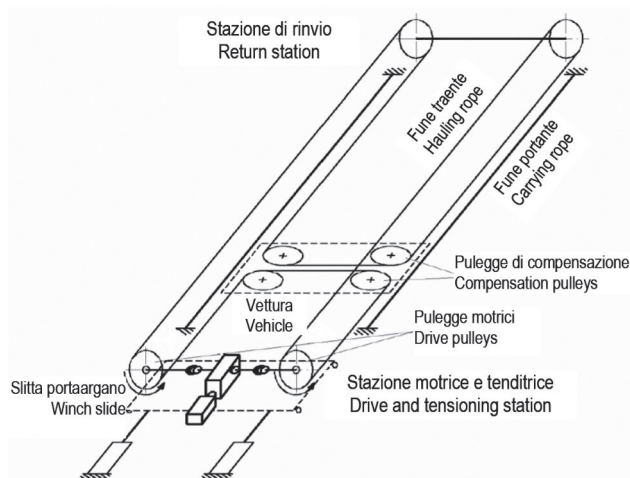


Figura 1 – Configurazione dell'anello trattivo del sistema Funifor [15].

Figure 1 – Layout of the hauling-rope ring of the Funifor system [15].

shape of the cabin at a considerable distance from each other. This feature gives the cabins great stability with respect to the wind and the possibility of having a much shorter suspension than other types of plant and therefore less high stations with less impact on the landscape [15]. Movement is ensured by two independent traction systems, one for each cabin which can therefore operate completely independently of the other. Each of the two hauling ropes (one for each cabin) is wound around vertical pulleys, two driving ones placed in one of the two stations, and two return ones in the other; the connection of the vehicle to the hauling rope is made with four compensation pulleys carried by the chassis of the trolley and coplanar to the roof of the cab. The main peculiarity of the Funifor concerns the configuration of the traction ring (Fig. 1) which in normal conditions is pulled simultaneously by both driving pulleys but in conditions of blockage of one of the driving pulleys, caused for example by the breakage of a bearing of the same or transmission failure, it can move the car at reduced speed using only the functioning pulley, controlled by the main electric drive or by the recovery drive. This aspect is very useful for the evacuation of the facility as discussed in relation to the innovations in the operational field. The other advantage resulting from the independence of the drives of the two cabins implies the possibility of creating a system with a single cabin on a single runway, significantly saving on construction costs if demand is low.

To improve accessibility to the cableway system, often conditioned by the forced position of the stations, intermodal technologies have recently been developed. In the latter, the cabins, once they have reached the stations and released from the cable, can complete the route by moving on the ground with a constraint of the tram-bus type or on a specific rail at the top or bottom (monorail type). The cabins, in general, run fully automatically following this path, as an

³ <https://www.doppelmayr.com/it/prodotti/funifor/>.

le fasi di utilizzo e quindi, nella fattispecie, agli impianti a fune quando le cabine viaggiano sulla fune e alle normative della specifica tecnologia utilizzata per il movimento, una volta lasciata la fune.

Il Connx⁴ (Fig. 2) nasce dalla combinazione di una cabinovia con un minibus elettrico a guida autonoma. È costituito da una cabinovia a doppio monofune i cui veicoli, una volta entrati in stazione, vengono trasferiti su un carrello gommato elettrico che poi prosegue autonomamente il proprio percorso su strada avvalendosi di una guida vincolata realizzata con una rotaia centrale. Il sistema consente di superare barriere urbanistiche e infrastrutturali senza rotture di carico lungo il percorso dalla partenza all'arrivo, lasciando i viaggiatori nella stessa cabina sia che questa si muova agganciata alla fune, sia che viaggi a terra. Il limite di capienza delle cabine è in linea di principio quello delle funivie e in particolare della specifica tecnologia funiviaria che si sceglie. I limiti del sistema sono individuabili essenzialmente nei tempi di trasferimento della cabina sul veicolo, che tuttavia sembrano decisamente ridotti, e nella necessità di disporre di una infrastruttura dedicata o di una parte, larga almeno quanto il veicolo. Non si può escludere la possibilità (seppure non contemplata) di far marciare la cabina su una strada aperta al traffico ma ciò implica la necessità del conducente e di un posto di guida a bordo del veicolo, il che farebbe venir meno i vantaggi, in termini di regolarità di marcia e di costo di esercizio, ottenibili con la guida com-

Automatic People Mover (APM). These systems are currently made mostly as experimental prototypes which, however, are promising for use in numerous specific contexts. The considerations developed in this regard are based on the knowledge that the writers have been able to develop by studying the available public documentation. For these bi-modal systems, in the absence of specific provisions, the standards to be followed are those relating to the type of system to which they can be assimilated during the phases of use and therefore, in this case, to cableway installations when the cabins travel on the cable and to regulations of the specific technology used for the movement, once they leave the rope.

The Connx⁴ (Fig. 2) was born from the combination of a gondola lift with a self-driving electric minibus. It consists of a double monicable gondola lift whose vehicles, once they enter the station, are transferred onto an electric tyre wheeled trolley which then autonomously continues its journey on the road using a constrained guide made with a central rail. The system makes it possible to overcome urban and infrastructural barriers without breaking the load along the route from departure to arrival, leaving passengers in the same cabin whether it is moving attached to the rope or traveling on land. The capacity limit of the cabins is in principle that of the cable cars and in particular of the specific cable car technology chosen. The limits of the system can essentially be identified in the transfer times of the cab onto the vehicle, which however seem decidedly short, and in the



Figura 2 – Sistema Connx⁴.
Figure 2 – Connx system⁴.

⁴ <https://www.leitner.com/it/prodotti/sistemi-funiviari/connx/>.

⁴ <https://www.leitner.com/it/prodotti/sistemi-funiviari/connx/>.

pletamente autonoma che invece ad oggi richiede la sede dedicata.

L'APM (Fig. 3) descritto in [1] consiste anch'esso in una cabinovia a doppio monofune, cioè con cabine ad agganciamento temporaneo su due funi, ciascuna con funzione sia portante che traente. La sospensione delle cabine presenta però, oltre alle morse tipiche di questi impianti, un sistema di rodiggio e di trazione nonché di alimentazione elettrica che permette alla stessa cabina di muoversi autonomamente lungo una apposita rotaia posta in alto. Rispetto al Connx (Tab. 2) presenta il vantaggio di non dover sganciare la cabina dalla sospensione e riagganciarla al veicolo su ruote, permettendo probabilmente un passaggio più rapido fra il movimento a fune e quello su ruote. Per contro il fatto di non poter disaccoppiare la cabina dalla sospensione in testa (dove è presente il rodiggio per la marcia su rotaia) comporta lo svantaggio di richiedere, anche durante la marcia a terra, un ingombro di notevole altezza. Naturalmente questo svantaggio potrebbe essere contenuto utilizzando una tecnologia funiviaria diversa che permetta di ridurre l'altezza della sospensione, per esempio aumentando sensibilmente la distanza fra le due funi ma ciò obbligherebbe probabilmente a realizzare un diverso rodiggio per la marcia a terra e quindi a riprogettare il sistema.

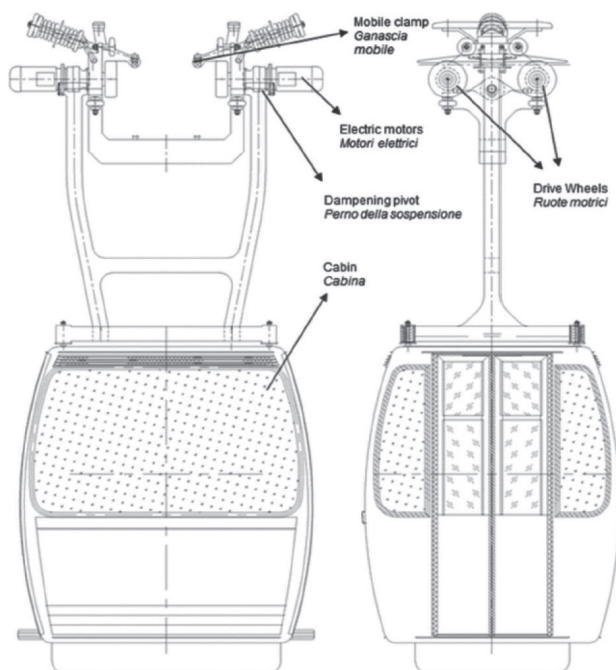


Figura 3 – L'APM descritto in [1].
Figure 3 – The APM proposed in [1].

Tabella 2 – Table 2

Raffronto fra le tecnologie innovative
Comparison of innovative technologies

Tipo Type	Numero di funi per via di corsa Number of ropes for each runway			Moto Motion	Colleg. cabine Cabins connection	V _{max} sulla fune On rope (m/s)	Capacità Capacity (p/h)	BM	Particolarità Specificity
	P	T	P/T						
Doppio monofune (tipo Funitel) Double monocable (like Funitel)			2	Cn	Tm	7,0	4.000	No	Stabilità e semplicità Stability and simplicity
Cabinovia "3S" Gondola lift "3S"	2	1		Cn	Tm	8,5	5.500	No	Ibrido fra bifune e monofune Hybrid between monocable and bicable
Tipo Funifor (Doppelmayr) Funifor (Doppelmayr) type	2	1		Vv	Pr	12,0	Var.	No	Veicoli indipendenti e stabilità Independent vehicles and stability
Tipo Connx (Leitner) Connx (Leitner) type			2	Cn	Tm	7,0	4.000	Si	Bimodale fune - strada guidata Bimodal rope - guided road
Tipo APM Dimensione Ingenierie APM engineering dimension type			2	Cn	Tm	7,0	4.000	Si	Bimodale fune – monorotaia Bimodal rope-monorail
Legenda - Legend: P = Numero di funi portanti per via di corsa - Number of carrying ropes for each runway T = Numero di funi traenti per via di corsa - Number of hauling ropes for each runway P/T = Numero di funi con doppia funzione portante/traente per via di corsa Number of ropes with double carrying/hauling function for each runway Collegamento cabine - Vehicles connection = Pr / Tm = Permanente/Temporaneo - Permanent / Temporary Moto - Motion = Cn/Vv = Continuo / vai e vieni - Continuous / come and go BM = Bimodalità (marcia anche senza agganciamento alla fune) - Bimodality (running also detached from the rope)									

4. Aggiornamenti riguardanti le modalità operative

4.1. L'evacuazione dell'impianto

L'evacuazione di un impianto a fune consiste nell'insieme delle operazioni, svolte ove necessario anche con mezzi esterni, finalizzate a ricondurre in un luogo sicuro i passeggeri rimasti sulla linea a causa di un blocco totale dell'impianto non ripristinabile in tempi accettabili. L'impianto in blocco rappresenta una condizione in cui sono fuori servizio gli azionamenti principali, di riserva e di recupero dei veicoli. In presenza di una fune di soccorso oppure utilizzando la stessa fune portante l'evacuazione può avvenire utilizzando veicoli di soccorso automotori o mossi da un ulteriore azionamento a fune in grado di raggiungere i veicoli bloccati e permettere così il trasbordo dei viaggiatori presenti. In alternativa, dove le altezze da terra lo consentano, si possono calare verticalmente a terra i viaggiatori e successivamente farli camminare lungo il sentiero di soccorso fino ad un luogo sicuro. Si tratta di operazioni particolari, che richiedono tempo per essere completate, che possono coinvolgere in modo attivo i viaggiatori e che non sono prive di rischi aggiuntivi rispetto al trasporto ordinario. La complessità ed i rischi connessi al soccorso e all'evacuazione hanno condotto la tecnica funiviaria ad evolvere verso soluzioni capaci di ridurre o escludere le procedure di evacuazione; in tale ottica si è sviluppato ed è in continua evoluzione il concetto di Soccorso Integrato (SI) in cui l'impianto a fune contiene già al suo interno tutti gli elementi che permettono in ogni caso il recupero dei viaggiatori nelle stazioni; in particolare il SI richiede soluzioni costruttive e ridondanze di elementi di alimentazione ed azionamento che rendono pressoché impossibile il blocco dell'impianto e quindi superflua l'evacuazione.

Negli impianti a vai e vieni con movimentazione indipendente delle due cabine (come il Funifor), qualora presenti entrambe, è possibile utilizzarne una per l'evacuazione dell'altra, nel caso in cui quest'ultima sia bloccata in linea. Le due cabine di questo sistema presentano infatti lo schema funzionale di due ascensori affiancati, indipendenti l'uno dall'altro ma all'occorrenza comunicanti, che consentono il trasbordo dei passeggeri da una cabina all'altra. Naturalmente la soluzione delle cabine indipendenti implica, in assenza di uno specifico contrappeso, la necessità di uno sforzo di trazione maggiore e quindi di maggiore energia rispetto alla soluzione classica con due cabine mosse dallo stesso anello trattivo nella quale una cabina fa da contrappeso all'altra. La Commissione per le funicolari aeree e terrestri (FAT), dopo approfondita analisi, ha espresso parere favorevole all'ammissibilità di impianti della tipologia in questione, con voto n. 1/2019 [15].

La ditta costruttrice del Funifor ha richiesto alla Commissione FAT una valutazione tecnica in merito alla possibilità di adottare il SI e omettere il freno sulla portante anche per impianti di questo tipo a una sola via di corsa (e quindi con una sola cabina). Nella Relazione istruttoria

need to have a dedicated infrastructure or a part of it, at least as wide as the vehicle. The possibility (although not contemplated) of driving the cabin on a road open to traffic cannot be excluded, but this implies the need for a driver and a driving position on board the vehicle and would negate the benefits, in terms of running regularity and operating cost, obtainable with fully autonomous driving which today requires a reserved path.

Also the APM (Fig. 3) proposed in [1] consists of a double monocable gondola lift, i.e. with cabins temporarily coupled to two cables, each with both carrying and hauling functions. However, the suspension of the cabins has, in addition to the clamps typical of these systems, a running gear and traction system as well as an electrical power supply which allows the cabin itself to move autonomously along a special rail placed at the top. Compared to the Connx (Tab. 2), it has the advantage of not having to unhook the cab from the suspension and rehook it to the wheeled vehicle, probably allowing a quicker transition between rope and wheeled movement. On the other hand, the fact of not being able to decouple the cab from the suspension at the head (where the wheel arrangement for travel on the rail is present) entails the disadvantage of requiring, even when traveling on the ground, a space of considerable height. Of course, this disadvantage could be contained by using a different ropeway technology that allows the height of the suspension to be reduced, for example by significantly increasing the distance between the two ropes, but this would probably force to create a different wheel arrangement for running on the ground and therefore to redesign the system.

4. Updates about operating modes

4.1. Facility evacuation

The evacuation of a cableway facility consists of all the operations, carried out also with external means if necessary, aimed at bringing the passengers left on the line to a safe place due to a total stop of the installation which cannot be restored in acceptable times. Lockout is a condition in which the vehicle's main, backup and recovery drives are out of service. In the presence of a rescue rope or using the same carrying rope, the evacuation can take place using self-propelled rescue vehicles or moved by an additional rope drive capable of reaching the blocked vehicles and thus allowing the passengers to be transferred. Alternatively, where the height from the ground permits, travelers can be lowered vertically to the ground and then made to walk along the rescue path to a safe place. These are particular operations, which require time to be completed, can actively involve travelers and are not without additional risks compared to ordinary transport. The complexity and risks associated with rescue and evacuation have led cableway technology to evolve towards solutions capable of reducing or excluding evacuation procedures; with this in mind, the concept of Integrated Rescue (IR) has developed and is constantly evolving, in which the cableway installation already

[15] viene evidenziato che le operazioni di recupero dei veicoli sono sempre possibili muovendo l'anello trattivo; nel progetto sottoposto alla Commissione FAT si sono previsti due azionamenti di recupero completamente indipendenti agenti sulle due pulegge motrici (a differenza del Funifor standard in cui i due azionamenti hanno elementi in comune) che permettono di riportare la cabina in stazione anche se uno degli azionamenti è fuori uso. L'elemento di maggiore attenzione ha riguardato la sicurezza: attraverso un procedimento di comparazione, è stato dimostrato che la soluzione Funifor ad una sola via di corsa è equivalente in termini di sicurezza ad una funivia bifune a va e vieni con impianto di soccorso presa come riferimento. Il raffronto del livello di rischio si è avvalso del procedimento FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), nel quale viene esaminata la modalità con cui il guasto o difetto si manifesta nel processo e l'impatto che esso produce sul sistema. Le cause potenziali di eventi che richiedono l'evacuazione che si sono portate in conto sono state:

- a) accavallamenti, impigliamenti, scarrucolamenti delle funi di traenti;
- b) rottura di cuscinetti delle pulegge, siano esse motrici, di rinvio o compensazione;
- c) rottura dell'anello trattivo (con intervento del freno sulla fune portante);
- d) azioni esterne (cadute di alberi, impatto di aerei, impigliamento di oggetti volanti, incendi nelle stazioni etc.);
- e) mancata riapertura del freno sulla fune portante chiusi per malfunzionamento o per intervento intempestivo.

Inoltre si sono considerati i guasti di componenti elettrici in genere, rottura o guasto dei componenti d'organo, assenza di energia elettrica, esaurimento della carica dei generatori elettrici e mancanza di carburante del gruppo elettrogeno. La Commissione FAT, dopo un iter durato circa due anni, ha espresso parere favorevole introducendo tuttavia prescrizioni di dettaglio rivolte prevalentemente al controllo dei componenti critici d'impianto e all'efficacia applicativa del piano di soccorso ultimo (PU). Ha infatti evidenziato la necessità di procedere ad un più efficace controllo prestazionale dei componenti su cui si fonda il SI attraverso un monitoraggio con finalità predittive in grado di trarre indicazioni sulla vita utile residua dei componenti critici d'impianto (ad esempio cuscinetti, pulegge, funi, etc.) specificando procedure di verifica quali analisi del grasso, sonde termiche, rilievo mediante accelerometri o termografi, oltre che di introdurre la video sorveglianza continua (con adeguati campo e risoluzione) delle funi e degli organi di linea nei punti significativi in linea e nel passaggio sui sostegni. Nel PU l'analisi delle necessità tecniche, logistiche e dei potenziali metodi di intervento, in situazioni eccezionali e non prevedibili, di soccorso dei passeggeri in linea anche con apprestamenti particolari deve essere sottoposta a verifica di efficacia attraverso l'effettuazione di un'esercitazione generale prima dell'eserci-

contains all the elements that allow in any case to recovery the travelers in stations; in particular, the IR requires constructive solutions and redundancies of power supply and drive elements which make it almost impossible for the system to crash and therefore evacuation is unnecessary.

In come-and-go installations with independent movement of the two cabins (such as the Funifor), if both are present, one can be used to evacuate the other, if the latter is blocked in line. In fact, the two cabins of this system have the functional scheme of two lifts side by side, independent of each other but communicating if necessary, which allow passengers to be transferred from one lift to another. Naturally, the solution of the independent cabins implies, if there is no appropriate counterweight, the need for a greater traction effort and therefore more energy compared to the classic solution with two cabins moved by the same traction ring in which one cabin acts as a counterweight to the other. The Italian Commission for aerial and terrestrial funiculars (FAT), after in-depth analysis, expressed a favorable opinion on the admissibility of installations of the type in question, with vote no. 1/2019 [15].

The Funifor manufacturer asked the Italian FAT Commission for a technical evaluation regarding the possibility of adopting the IR and omitting the brake on the carrying rope also for installations of this type with only one runway (and therefore with only one cabin). In the preliminary investigation report [15] it is highlighted that vehicle recovery operations are always possible by moving the hauling ring; the project submitted to the FAT Commission envisaged two completely independent recovery drives acting on the two driving pulleys (unlike the standard Funifor in which the two drives have elements in common) which allow the car to be brought back to the station even if one of the drives is down. The topic of greatest attention concerned safety: through a comparison procedure, it was demonstrated that the Funifor solution with a single runway is equivalent in terms of safety to a two-way cableway with rescue system taken as reference. The comparison of the risk level made use of the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) proceeding; by this method the modality through which the failure or defect manifests itself in the process and the impact it produces on the system is examined. The potential causes of events requiring evacuation that were taken into account were:

- a) *overlapping, entanglement, unraveling of the hauling ropes;*
- b) *breakage of pulley bearings, whether they are driving, deflection or compensation;*
- c) *breaking of the traction ring (with actuation of the brake on the carrying rope);*
- d) *external actions (falling trees, impact of aircraft, entanglement of flying objects, fires in stations, etc.);*
- e) *failure to reopen the brake on the carrying rope, closed due to malfunction or untimely actuation.*

zio dell'impianto ed esercitazioni periodiche. Particolare attenzione va posta alle attrezzature per raggiungere le cabine, aprire il freno sulla portante (quando presente) e permettere ai passeggeri di raggiungere un luogo sicuro.

Il parere espresso dalla Commissione FAT [15] ha posto le basi per l'evoluzione normativa rispetto ai temi del recupero ed evacuazione che hanno portato all'approvazione della [12]. Dalla procedura di approvazione si individua In particolare il percorso metodologico da seguire per la dimostrazione della sicurezza:

- a) definire un sistema di riferimento che, nella pratica, ha presentato un livello di sicurezza accettabile;
- b) valutare, attraverso specifiche metodologie di analisi (FMEA, FTA, Affidabilità/Disponibilità, etc), l'accettabilità dei rischi derivanti dal nuovo sistema soggetto a valutazione verificando che il rischio sia comparabile con quello del sistema preso come riferimento.

4.2. Il freno sulla fune portante

In Italia, le normative riguardanti l'esercizio, tra cui il [16], prevedono per le funivie tre sistemi di frenatura: ordinario, di emergenza e di blocco sulla fune portante; quest'ultimo consiste in una ganasce che blocca la cabina sulla fune portante nel caso di rottura della traente.

L'attivazione del freno sulla fune portante è comunque un evento dannoso per la stessa fune in quanto l'energia cinetica dissipata nella frenata genera calore da attrito che può provocare la formazione di martensite sulla superficie dei fili esterni delle funi. Questo fenomeno è stato indagato dall'Ufficio Federale dei Trasporti UFT della Svizzera che ha prodotto, nel 2013, un rapporto di indagine su 115 funivie a va e vieni dotate di freni sulla portante [4]. Da questo documento è emerso che, in 27 di questi impianti, il freno in questione era entrato in funzione una o più volte: in 6 casi (22% del totale) l'azionamento plurimo del freno sulla portante ha reso necessari onerosi lavori di bonifica delle funi; la riduzione di sezione riscontrata a seguito dell'asportazione di materiale dalla superficie delle funi portanti è risultata compresa tra lo 0,3% e il 2,5%. Ne consegue che l'azionamento del freno sulla portante può influire in modo negativo sulla gestione dell'impianto riducendo la vita utile della fune e rendendo necessari costosi interventi di bonifica o addirittura la sostituzione, nel momento in cui la sezione utile residua della fune non sia più sufficiente a dare garanzie di tenuta.

Per evitare le conseguenze dell'azionamento inappropriato del freno sulla portante, i produttori di sistemi di trasporto a fune, a partire dal 2017, hanno chiesto agli organi competenti l'autorizzazione a costruire impianti privi del freno sulla portante ricorrendo all'implementazione di tutti gli accorgimenti previsti nelle norme di dettaglio. Il [12] ha regolamentato compiutamente il tema all'articolo 14 "Funivie bifune senza freno sulla portante". In particolare, al punto 14.1. La norma detta specifiche prescrizioni integrative da applicare alle funivie bifuni con movimento a va e

Furthermore, failures of electrical components in general were considered, breakage or failure of winch components, absence of electricity, exhaustion of the charge of the electric generators and lack of fuel in the generating set. The FAT Commission, after a process that lasted about two years, expressed a favorable opinion, however introducing detailed prescriptions mainly aimed at the control of critical plant components and the application effectiveness of the ultimate rescue plan (UR). Indeed, it highlighted the need to carry out a more effective performance control of the components on which the IR is based, through monitoring with predictive purposes. This monitoring must be capable of obtaining indications on the residual useful life of critical plant components (for example bearings, pulleys, ropes, etc.) specifying verification procedures such as fat analysis, thermal probes, surveys using accelerometers or thermographs, as well as introducing continuous video surveillance (with adequate range and resolution) of the ropes and line components at significant points along the line and on the supports. In the UR, the analysis of the technical and logistic needs and of the potential methods of intervention, in exceptional and unforeseeable situations, for the rescue of passengers in line even with particular preparations must be subjected to verification of effectiveness through the execution of a general exercise before plant operation and periodic exercises. Particular attention must be paid to the equipment for reaching the cabins, opening the brake on the carrying rope (when present) and allowing passengers to reach a safe place.

The opinion expressed by the FAT Commission [15] laid the foundations for the regulatory evolution with respect to the issues of recovery and evacuation which led to the approval of [12]. In particular, the methodological path to be followed for the demonstration of safety is identified from the approval procedure:

- a) *define a reference system which, in practice, has an acceptable level of security;*
- b) *evaluate, through specific analysis methodologies (FMEA, FTA, Reliability/Availability, etc), the acceptability of the risks resulting from the new system subject to evaluation, verifying that the risk is comparable with that of the system taken as a reference.*

4.2. Brake on carrying rope

In Italy, the regulations concerning the operation, including [16], provide for three braking systems for cableways: ordinary, emergency and blocking on the carrying rope; the latter consists of a jaw which blocks the car on the carrying rope in the event of breakage of the hauler.

The activation of the brake on the carrying rope is in any case a harmful event for the rope itself, since the kinetic energy dissipated in braking generates heat from friction which can cause the formation of martensite on the surface of the outer wires of the ropes. This phenomenon was investigated by the Federal Office of Transport UFT of Switzer-

viene senza freno sulla portante e riassume, in due tabelle (Tab. 3 e Tab. 4), gli eventi principali che possono mettere in pericolo l'integrità dell'anello trattivo o che comunque possono costituire pericolo per un impianto senza freno sulla portante anche in presenza di anello trattivo integro.

Di seguito sono richiamati i provvedimenti da adottare, secondo la norma, per garantire la sicurezza in assenza del freno sulla portante:

- 1) il sistema della fune traente deve essere realizzato come un "anello trattivo chiuso" (cioè senza teste fuse) e con diametro minimo di 20 mm che garantisce una maggiore resistenza rispetto a danneggiamenti superficiali;
- 2) l'integrità della fune traente e del sistema di supporto deve essere assicurata in ogni condizione di esercizio;
- 3) la verifica dell'anello trattivo deve essere effettuata, in conformità alla EN 12930 "Requisiti di sicurezza per impianti a fune destinati al trasporto di persone - Calcoli", assumendo il grado di sicurezza a trazione almeno pari a 4,5 ma non maggiore di 20 nella zona di impalmatura;
- 4) il grado di sicurezza a trazione deve soddisfare anche i valori che risultano dall'ammettere o meno uno scorrimento della fune traente nel dispositivo di fissaggio dopo l'urto del veicolo contro un ostacolo fisso di linea o di stazione (come emerge dai documenti di certificazione), e precisamente:
 - in assenza di scorrimento, un grado di sicurezza a trazione pari almeno a 2,0 per l'intera durata fino all'arresto;
 - in presenza di scorrimento, un grado di sicurezza a trazione rispettivamente almeno 2,5 e almeno 2,0, a seconda che si faccia riferimento alla resistenza allo scorrimento calcolata oppure misurata.
- 5) i movimenti dell'anello trattivo e le sollecitazioni su di esso e sui componenti connessi, risultanti dalle precedenti verifiche, non devono causare situazioni pericolose;
- 6) al raggiungimento di un valore di oscillazione trasversale corrispondente al 50% di quella libera richiesta, rilevata mediante inclinometri, deve essere emesso un segnale ottico e acustico presso la postazione di controllo e nei veicoli, se presidiati, per l'intervento del macchinista o del conducente; con

land which produced, in 2013, a survey report on 115 come-and-go cableways equipped with brakes on the carrying rope [4]. From this document it emerged that, in 27 of these plants, the brake in question had come in action one or more times: in 6 cases (22% of the total) the multiple actuation of the brake on the carrier made it necessary to carry out onerous reclamation work of the ropes; the section reduction found following the removal of material from the surface of the carrying ropes was between 0.3% and 2.5%. It follows that the actuation of the brake on the carrier can have a negative effect on the management of the system, reducing the useful life of the rope and making costly reclamation interventions or even replacement necessary, when the residual useful section of the rope is not more sufficient to give guarantees of tightness.

To avoid the consequences of inappropriate action of the brake on the carrying rope, starting from 2017 the manufacturers of cableway systems have asked the competent bodies

Tabella 3 – Table 3

Principali eventi che possono mettere in pericolo l'integrità dell'anello trattivo (tavola 1 EN 12929-2; 2015)
Main events that can endanger the integrity of the hauling ring (table 1 EN 12929-2; 2015)

Scenario di possibili pericoli <i>Scenario of possible dangers</i>	Altre norme o capitoli di riferimento <i>Other reference standards or chapters</i>
Rottura della fune traente <i>Breaking of the hauling rope</i>	EN 12930, EN12927; ch.14
Scarrucolamento dell'anello trattivo <i>Derailment of the hauling ring</i>	EN 12929; ch.3 D.I.
Riduzione inammissibile della tensione della fune <i>Impermissible reduction in rope tension</i>	EN 1908
Incremento inammissibile della tensione dell'anello <i>Impermissible increase in tension of hauling ring</i>	EN 1908
Accavallamento della fune traente <i>Crossing of the hauling rope</i>	EN 12929-1 D.I. ch.6
Contatto con funi diverse dalla fune portante <i>Contact with ropes other than the carrying rope</i>	
Cedimento del sistema portante dell'anello della fune <i>Failure of the rope ring bearing system</i>	EN 13223 – ch.5
Effetti di aeromobili <i>Aircraft effects</i>	EN 12929-1 D.I. ch.9
Torsione della fune traente <i>Torsion of the hauling rope</i>	
Danneggiamento della fune traente a causa di atmosferici (ad esempio fulminazione, corrosione) <i>Damage to the hauling rope due to atmospheric causes (e.g. lightning, corrosion)</i>	EN 13243 – D.I. ch.6

Tabella 4 – Table 4

Principali eventi che possono costituire pericolo per un impianto senza freno sulla portante, con anello trattivo integro (tavola 1 EN 12929-2)
Main events that can constitute a danger for a system without a brake on the carrier, with an intact traction ring (table 1 EN 12929-2)

Scenario di possibili pericoli <i>Scenario of possible dangers</i>	Altre norme o capitoli di riferimento <i>Other reference standards or chapters</i>
Cedimento del collegamento del veicolo alla fune traente <i>Failure of the connection of the vehicle to the hauling rope</i>	EN 13796-1
Guasto della sorveglianza in ingresso stazione <i>Failure of entrance surveillance of the station</i>	EN 13243 – D.I. ch. 3
Perdita di aderenza sulla puleggia motrice <i>Loss of grip on the driving pulley</i>	EN 12929-1, EN 12930, EN 13223; D.I. ch.5, ch.6
Scarrucolamento del veicolo ad impianto fermo in condizioni estreme <i>Derailment of the vehicle with stationary plant in extreme conditions</i>	EN 13796-1
Ostacolo in linea <i>Obstacle in line</i>	D.I. cap. 3
Ostacolo in area stazione <i>Obstacle in the station area</i>	EN 13223 – D.I. ch. 3
Movimento del veicolo durante una procedura <i>Vehicle movement during a procedure</i>	D.I. ch. 7
Torsione della fune <i>Torsion of the hauling rope</i>	D.I. ch. 14
Difficoltà di eliminazione di un accavallamento della fune traente <i>Difficulty in eliminating an overlapping of the hauling rope</i>	

for authorization to build plants without brakes on the carrier by implementing all the precautions provided for in the detailed rules. [12] fully regulated the subject in article 14 “Bi-cable cable cars without brakes on the carrier”. In particular, in point 14.1. The standard dictates specific supplementary prescriptions to be applied to bi-cable cable cars with come-and-go movement without brakes on the carrier and summarizes, in two tables below (Tab. 3 and Tab. 4), the main events that can endanger the integrity of the hauling rope ring or which in any case can constitute a danger for a system without brake on the carrier even in the presence of an intact hauling ring.

The measures to be adopted, according to the standard, to guarantee safety in the absence of the brake on the carrier are recalled below:

- 1) the hauling rope system must be made as a “closed traction ring” (i.e. without fused heads) and with a minimum diameter of 20 mm which guarantees greater resistance with respect to surface damage;
- 2) the integrity of the hauling rope and the support system must be ensured in all operating conditions;
- 3) the check of the traction ring must be carried out, in compliance with EN 12930 “Safety requirements for cableway installations intended for the transport of people - Calculations”, assuming the degree of traction safety at least equal to 4.5 but not greater by 20 in the splicing area;

veicoli non presidiati, al raggiungimento del valore limite indicato, la velocità di marcia si deve ridurre automaticamente;

- 7) al raggiungimento di un valore di oscillazione trasversale pari al 75% di quella libera richiesta, l'impianto si deve arrestare automaticamente e la corsa deve poter essere ripresa solo con il comando di marcia da stazione a cura del macchinista.

Il rispetto delle indicazioni precedenti consente di definire uno scenario di anello trattivo integro. In questo scenario, in un impianto senza freno sulla portante, vanno rispettate inoltre misure preventive consistenti in:

- limite minimo dell'angolo di oscillazione libero longitudinale b rispetto alle strutture di linea e ad altri componenti di linea (funi, cavallotti di linea etc.): detto an-

- 4) the degree of traction safety must also satisfy the values which result from admitting or not a sliding of the hauling rope in the fixing device after the collision of the vehicle against a fixed line or station obstacle (as emerges from the documents of certification), namely:
 - in the absence of slip, a tensile safety degree of at least 2.0 for the entire duration up to the stop;
 - in the presence of sliding, a degree of tensile strength of at least 2.5 and at least 2.0 respectively, depending on whether the calculated or measured sliding resistance is referred to.
- 5) the movements of the traction ring and the stresses on it and on the connected components, resulting from previous checks, must not cause dangerous situations;
- 6) upon reaching a transverse oscillation value correspond-

golo deve essere almeno pari a 0,34 rad e comunque superiore al valore relativo all'equazione

$$\tan \beta \geq \frac{3a \cdot \cos \alpha}{g}$$

In cui:

a = decelerazione massima per scatto non controllato dei freni d'argano;

β = angolo tra la tangente alla traiettoria della fune portante e l'orizzontale;

g = accelerazione di gravità.

- assenza di accavallamenti: occorre escludere l'accavallamento delle funi traenti sulle funi portanti e di soccorso (se presenti) mediante verifiche teoriche in tutte le condizioni di carico di servizio incluse le possibili frenate che si possono avere durante il servizio anche a seguito di un primo guasto ed in ogni caso devono essere presenti dei dispositivi che consentano lo scavallamento delle funi traenti; quest'ultimo è verificato attraverso calcoli indicando le prestazioni necessarie (ad esempio coppia motrice ed aderenza della puleggia motrice) con assenza di pericoli per l'impianto.

4.3. Il soccorso integrato ed il piano ultimo

Il [12], al punto 7.7. "Soccorso integrato", riporta il cosiddetto Piano Ultimo (PU) specificando che per lo stesso non vanno applicate le prescrizioni dei punti 7.4. (Percorsi di evacuazione) e 7.5. (Evacuazione verticale). Il PU, nel caso di impianto a Soccorso Integrato (SI), è il piano di intervento che consente il raggiungimento delle vetture da parte delle squadre di soccorso specializzate. Nel [12] non si riscontrano indicazioni operative per la redazione del PU mentre è possibile trarre suggerimenti in tal senso dalle prescrizioni a corredo del parere favorevole della Commissione F.A.T. Voto n. 1 del 2019 - Soccorso integrato per funivie tipo Funifor [15]. Da questo documento si rileva che il PU è un'analisi preliminare delle necessità tecniche, logistiche e dei potenziali metodi di intervento nel caso in cui si verifichi, in situazioni eccezionali e non prevedibili, la necessità di soccorrere i passeggeri in linea, con tempi e modalità differenti da quelli previsti dalla normativa funiviaria, con eventuale trasporto di viveri o apprestamenti particolari. Il PU deve essere redatto tenendo conto degli scenari riconducibili alla morfologia del terreno, alle condizioni metereologiche, a valanghe, frane, alluvioni ed ulteriori possibili eventi esterni. Occorre individuare metodi di raggiungimento del veicolo e di evacuazione nonché modalità di raggiungimento dei luoghi sicuri; deve inoltre essere assicurata in modo concreto l'attuazione del piano definendo anche forme di coordinamento tra i soggetti preposti. L'esercizio di un impianto a SI è subordinato alla verifica di esecuzione del PU. Quest'ultimo impone vincoli e prescrizioni, similmente al piano di evacuazione previsto nel soccorso tradizionale, che condizionano le scelte

ing to 50% of the required free one, measured by inclinometers, an optical and acoustic signal must be emitted at the control station and in the vehicles, if manned, for the intervention of the driver; with unmanned vehicles, when the indicated limit value is reached, the speed must be reduced automatically;

- 7) upon reaching a transversal oscillation value equal to 75% of the required free one, the lift must stop automatically and the run must be able to be resumed only with the start command from the station by the driver.

Compliance with the previous indications allows for the definition of an intact traction loop scenario. In this scenario, in a system without a brake on the carrier, preventive measures must also be complied with, consisting of:

- minimum limit of the free longitudinal oscillation angle β with respect to the line structures and other line components (cables, line U-bolts, etc.): said angle must be at least equal to 0.34 rad and in any case greater than the value relating to the equation

$$\tan \beta \geq \frac{3a \cdot \cos \alpha}{g}$$

In which:

a = maximum deceleration due to uncontrolled release of the winch brakes;

β = angle between the tangent to the trajectory of the carrying rope and the horizontal;

g = acceleration due to gravity.

- absence of overlapping: it is necessary to exclude the overlapping of the hauling ropes on the carrying and rescue ropes (if present) by means of theoretical checks in all service load conditions including possible braking that may occur during service, even following a first fault, and in any case there must be devices that allow the unrevealing of the hauling ropes; this unraveling is verified through calculations indicating the necessary performance (for example driving torque and adherence of the driving pulley) without dangers for the system.

4.3. Integrated rescue and ultimate plan

In [12], in point 7.7. "Integrated rescue", reports the so-called Ultimate Plan (UP) specifying that, for the same, the prescriptions of points 7.4. (Evacuation routes) and 7.5. (Vertical evacuation) are not to be applied. The UP, in the case of an Integrated Rescue system (IR), is the intervention plan that allows the specialized rescue teams to reach the vehicles. In [12] there are no operational indications for the preparation of the UP while it is possible to draw suggestions in this sense from the prescriptions accompanying the favorable opinion of the Italian F.A.T. Commission Vote no. 1 of 2019 - Integrated rescue for Funifor-type cable cars [15]. From this document it is noted that the UP is a preliminary analysis of the technical and logistical needs and

progettuali. In particolare, nel SI la necessità di disporre di un percorso a terra facilmente accessibile condiziona maggiormente l'andamento del percorso planimetrico delle vie di corsa piuttosto che l'altimetria dal momento che non è necessario rispettare limiti di altezza della cabina dal suolo. Si specifica che i vincoli planimetrici del PU non sono dissimili da quelli previsti da una corretta progettazione della via di corsa dell'impianto e che prevedono un'analisi multi-criteriale che, sovrapponendo diversi tematismi (instabilità del terreno, propensione all'innesco di valanghe, alluvioni, uso del suolo, edificato sparso e nuclei) consente di delineare le superfici planimetriche a maggiore propensione per la costruzione dell'impianto.

5. I costi aggiornati

5.1. Costo di realizzazione

La Provincia Autonoma di Bolzano con il Decreto del Presidente della Provincia (DPP) n.61/2006 [9] ha determinato delle formule regressive per stimare il costo di realizzazione degli impianti a fune. Questo decreto è stato successivamente aggiornato (DPP n.44/2012) [8] e modificato nell'anno 2020 (DPP n.41) [7]. I diagrammi sviluppati in [6] sulla base del DPP n.61/2006 [9] permettevano di confrontare il costo di realizzazione dell'epoca, riferito alle principali tipologie di impianti, al variare della capacità e della lunghezza inclinata.

Applicando il DPP n.41/2020 [7] è stato possibile aggiornare i costi di realizzazione per le tipologie di impianti più comuni e costruire i diagrammi riportati in Fig. 4. La formula fornita dal DPP in questione per le funivie bifuni a due vie di corsa tiene conto anche del numero di sostegni intermedi il cui costo è quindi conglobato nel costo complessivo dell'impianto così calcolato mentre andava aggiunto al valore ottenuto dalle formulazioni proposte dai due precedenti DPP nella misura di Euro 700.000 per ciascun sostegno.

of the potential methods of intervention in the event that, in exceptional and unforeseeable situations, the need arises to rescue passengers on the line, with times and methods other than those envisaged by the cableway regulations, with the possible transport of food or special arrangements. The UP must be drawn up taking into account the scenarios attributable to the morphology of the land, the weather conditions, avalanches, landslides, floods and other possible external events. It is necessary to identify methods of reaching the vehicle and of evacuation as well as ways of reaching safe places; the implementation of the plan must also be ensured in a concrete way, also defining forms of coordination between the persons in charge. The operation of an IR plant is subject to the verification of the execution of the UP. The latter imposes constraints and prescriptions, similar to the evacuation plan envisaged in traditional rescue, which condition the design choices. In particular, in the IR the need to have an easily accessible ground path affects more the progress of the planimetric path of the runways rather than the altimetry, since it is not necessary to respect the height limits of the car from the ground. It is specified that the planimetric constraints of the UP are not dissimilar from those envisaged by a correct design of the installation runway and requiring a multi-criteria analysis which, by superimposing different themes (terrain instability, propensity to trigger avalanches, floods, land use, scattered buildings and nucleuses) allows to outline the planimetric surfaces with the greatest propensity for the construction of the plant.

5. Updated costs

5.1. Construction cost

The Autonomous Province of Bolzano in Italy, with the Decree of the President of the Province (DPP) n.61/2006 [9] has determined a regressive formulas to estimate the construction cost of cableway installations. This decree was

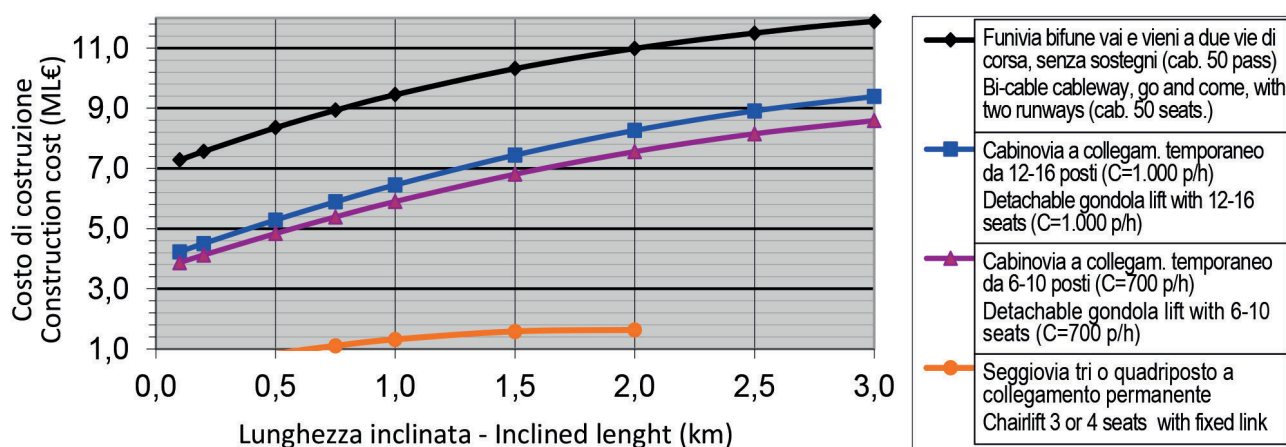


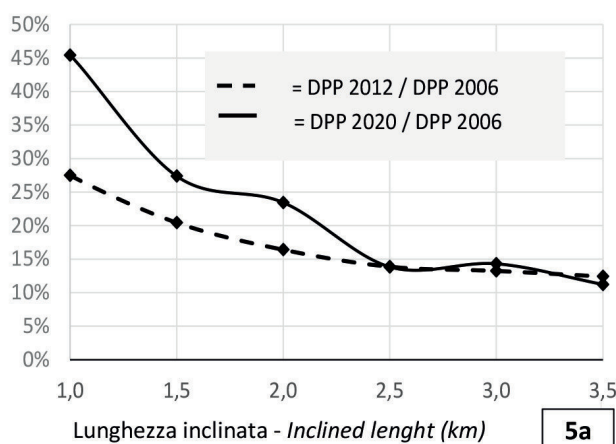
Figura 4 – Costo di realizzazione in funzione della lunghezza inclinata, calcolato in base al DPP. 41/2020.

Figure 4 – Construction cost related to inclined length, based on DPP 41/2020.

La funivia bifune a vai e vieni e la seggiovia monofune ad ammortamento fisso si confermano le tipologie di impianto aereo rispettivamente più costosa e più economica, richiedendo un investimento di ordine decisamente diverso sebbene, come è noto, la differenza in termini di prestazioni sia enorme e di conseguenza il campo di impiego sia differente. Purtroppo la sensibile riduzione di costo della seggiovia in questione rispetto al valore calcolato con il DPP 2006 [9] (diagrammato in [6]) e con il DPP 2012 [8] lascia intuire qualche errore nei coefficienti dettati dal DPP 2020 [7]. Le cabinovie monofune ad ammortamento temporaneo si collocano in una fascia di costo e di prestazioni intermedia.

Con l'obiettivo di verificare le variazioni intercorse nei costi di costruzione dal 2006 ad oggi si sono messi a confronto i risultati ottenuti dalle formulazioni previste nei successivi aggiornamenti della normativa; detto confronto è stato possibile esclusivamente per impianti equivalenti contemplati nei diversi DPP. È da notare che, nella tipologia di funivia bifune a vai e vieni con doppia via di corsa, il [8] comprende anche la tecnologia tipo Funifor, non contemplata nel [9] probabilmente perché all'epoca inesistente; al contrario nel [7] la tipologia Funifor viene contemplata, sia con una sola via di corsa (1 vettura) che con due (2 vetture), ed il costo di realizzazione viene ottenuto moltiplicando, rispettivamente per il coefficiente correttivo 0,69 e 1,08, il costo calcolato per la funivia bifune a vai e vieni.

I diagrammi delle Fig. 5 e Fig. 6 riportano la variazione dei costi di realizzazione rilevabili dall'applicazione dei DPP del 2012 e del 2020 rispetto all'applicazione del DPP 2006.



subsequently updated (DPP n.44/2012) [8] and modified in 2020 (DPP n.41) [7]. The diagrams developed in [6] on the basis of the DPP n.61/2006 [9] made it possible to compare the construction cost at the time, referring to the main types of plants, as the capacity and inclined length varied.

By the DPP n.41/2020 [7] we have updated the construction costs for the most common types of systems and built the diagrams shown in Fig. 4. The formula provided by this DPP for two runway cableways also takes into account the number of intermediate supports, the cost of which is therefore included in the total cost of the system calculated in this way, while it had to be added to the value obtained from the formulations proposed by the two previous DPPs in the amount of Euro 700,000 for each support.

The come-and-go two-cable cable car and the fixed-link single-cable chairlift are confirmed as the most expensive and cheapest types of aerial systems respectively, requiring a decidedly different investment although, as is known, the difference in terms of performance is huge and consequently the field of use is different. Unfortunately, the significant cost reduction of the chairlift in question, compared to the value calculated with the DPP 2006 [9] (diagrammed in [6]) and with the DPP 2012 [8], suggests some errors in the coefficients dictated by the DPP 2020 [7]. Detachable single-cable gondola lifts are placed in an intermediate cost and performance range.

With the aim of verifying the variations in construction costs from 2006 to today, the results obtained from the formulations envisaged in the subsequent updates of the legislation were compared; this comparison was possible only for equivalent plants contemplated in the various DPPs. It

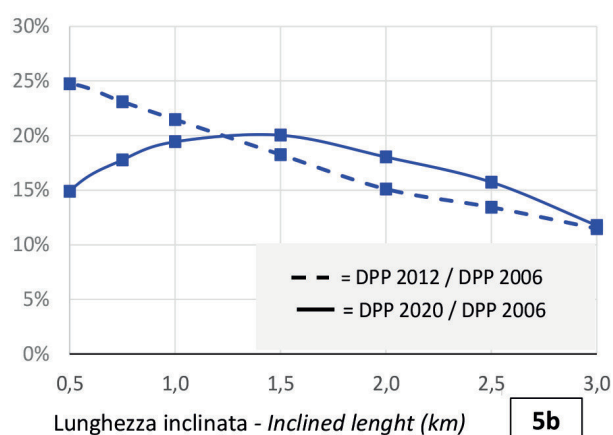


Figura 5a e Figura 5b – Variazione percentuale negli anni, secondo i DPP della Provincia di Bolzano, del costo di realizzazione, in funzione della lunghezza inclinata, di una funivia bifune a vai e vieni, con due vie di corsa e cabine da 50 posti e campate di lunghezza massima 1 km (Fig. 5a) e di una cabinovia ad ammortamento automatico da 12-15 posti con capacità di 1.000 pass./h (Fig. 5b).

Figure 5a and Figure 5b – Percentage variation over the years, according to the DPP of the Province of Bolzano, of the construction cost as a function of the inclined length, of a two-cable come-and-go two runways and 50-seater cabins cable car and spans with a maximum length of 1 km (Fig. 5a) and a detachable gondola lift for 12-15 seats with a capacity of 1.000 passes/h (Fig. 5b).

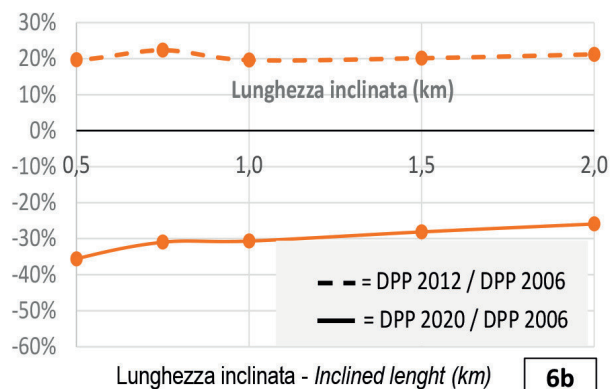
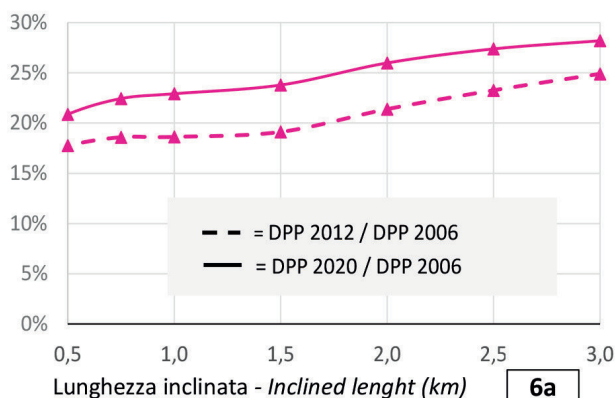


Figura 6a e Figura 6b – Variazione percentuale negli anni, secondo i DPP della Provincia di Bolzano, del costo di realizzazione, in funzione della lunghezza inclinata, di una cabinovia ad ammortamento automatico da 6-11 posti con capacità di 700 pass./h (Fig. 6a) e di una seggiovia tri o quadri-posto ad ammortamento fisso, con capacità di 500.pass./h (Fig. 6b).

Figure 6a and Figure 6b – Percentage variation over the years, according to the DPP of the Province of Bolzano, of the construction cost, as a function of the inclined length, of a detachable gondola lift from 6 to 11 seats with a capacity of 700 passes/h (Fig. 6a) and a three- or four-seater fixed-link chairlift, with a capacity of 500 passes/h (Fig. 6b).

Relativamente alle funivie bifune è da notare che i DPP 2006 e 2012 prevedevano un costo convenzionale, da aggiungere al costo risultante dall'applicazione della formula data, di 700.000 Euro per ogni sostegno intermedio. Questa indicazione è sparita dal DPP 2020 lasciando intendere che il costo dei sostegni sia già compreso nel valore che si ottiene dalla formula. Pertanto per costruire i diagrammi di Fig. 5a è stato necessario, nella determinazione del costo al 2006 e al 2012, assumere la presenza di sostegni intermedi in numero conseguente all'aver accettato campate di lunghezza inferiore a 1.500 m; è conseguita la necessità di prevedere 1, 2 o 3 sostegni per lunghezze dell'impianto uguali o superiori rispettivamente a 1.500, 2.500 e 3.500 m. Invece nella determinazione del costo al 2020 non sono stati considerati i sostegni il cui costo è già compreso nella formula. Ciò spiega l'ondulazione del diagramma di Fig. 5a riferito al rapporto percentuale fra i costi riferiti al 2020 ed al 2006.

I diagrammi della variazione del costo di realizzazione delle funivie bifuni presentano un andamento decrescente con la lunghezza, evidenziando sensibili aumenti rispetto al 2006 per le lunghezze minori e che raggiungono il minimo per uno sviluppo di circa 3,5 km. Ciò lascia intravedere un incremento dell'incidenza dei costi delle stazioni. In particolare per la lunghezza di 1 km si rilevano incrementi di costo, rispetto al 2006, di oltre il 25% nel 2012 e di circa il 45% nel 2020 che vanno a ridursi a circa il 10-12% in corrispondenza di una lunghezza di 3,5 km. Poiché, come è noto, l'indice di crescita dei prezzi al consumo per famiglie di operai e impiegati (FOI) registrato dall'Istat dal 2006 al 2020 è intorno all'11%, si è propensi a credere ad una sottostima dei valori calcolati in base al DPP 2006 oppure ad una sovrastima di quelli risultanti dal DPP 2020.

should be noted that, in the typology of two-cable cableway with double travel path, [8] also includes the Funifor-type technology, not contemplated in [9], probably because it did not exist at the time; on the contrary in [7] the Funifor typology is contemplated, both with a single runway (1 car) and with two ones (2 cars), and the construction cost is obtained by multiplying, by the corrective coefficient respectively 0.69 and 1,08, the cost calculated for the two-cable cableway.

The diagrams in Fig. 5 and Fig. 6 show the variation in construction costs obtainable by the application of the 2012 and 2020 DPPs compared to the application of the 2006 DPP.

With regard to bicable cableways, it should be noted that the 2006 and 2012 DPPs envisaged a conventional cost, to be added to the cost resulting from the application of the given formula, of 700,000 Euros for each intermediate support. This indication has disappeared from the DPP 2020, suggesting that the cost of the supports is already included in the value obtained from the formula. Therefore, in order to construct the diagrams in Fig. 5a, in determining the cost for 2006 and 2012, it was necessary to assume the presence of intermediate supports in number resulting from having accepted spans shorter than 1,500 m; the need to provide 1, 2 or 3 supports for system lengths equal to or greater than 1,500, 2,500 and 3,500 m respectively was achieved. On the other hand, in determining the cost in 2020, the supports whose cost is already included in the formula were not considered. This explains the undulation of the diagram in Fig. 5a referring to the percentage ratio between the costs referring to 2020 and 2006.

The diagrams showing the variation in the construction cost of the bi-cable cableways show a decreasing trend with

Per quanto attiene alle cabinovie ad ammortamento automatico l'andamento della variazione di costo per quelle da 12-15 posti risulta difficilmente interpretabile. Più regolare è l'andamento della variazione di costo per le cabinovie di questo tipo con 6-10 posti che tuttavia mostra valori del 2020 rispetto al 2006 crescenti con la lunghezza, e pertanto non chiaramente motivabili, e compresi fra circa il 16% ed il 27%, quindi ben oltre il tasso di inflazione.

In ultimo, i diagrammi rappresentativi della variazione di costo delle seggiovie tri o quadriposto ad ammortamento fisso sembrano poco rappresentativi della realtà dal momento che riportano complessivamente una forte riduzione del costo nel 2020 rispetto al 2006 con un valore medio di circa il -30% per una lunghezza inclinata di 1 km.

È comunque da considerare che le formulazioni ed i relativi coefficienti stabiliti dai DPP della Provincia di Bolzano sono ricavati da regressioni su data base riferiti ad impianti esistenti i cui costi reali possono essere influenzati anche sensibilmente dal contesto territoriale, orografico e geologico delle realizzazioni nonché dalle soluzioni architettoniche adottate per le stazioni e infine dal numero molto ridotto di imprese partecipanti alla gara per l'affidamento dei lavori di costruzione.

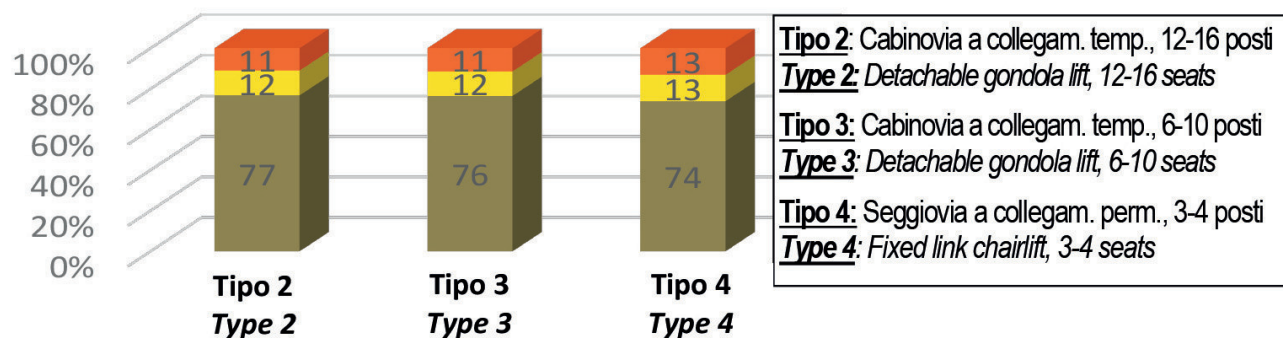
Per quanto attiene la ripartizione del costo di realizzazione fra le categorie di opere necessarie, aspetto trattato in tutti e tre i DPP, è da rilevare una sostanziale invarianza di questi dati. La Fig. 7 rappresenta la ripartizione dei costi per alcune tipologie di impianti più comuni secondo quanto stabilito nel DPP del 2020. Rispetto ai due DPP precedenti viene omessa la funivia classica bifune a vai e vieni a due vie di corsa, per la quale quindi non resta che fare riferimento ai due DPP meno recenti. Come è da at-

length, highlighting significant increases compared to 2006 for the shorter lengths and which reach the minimum for a length of about 3.5 km. This suggests an increase in the incidence of station costs. In particular, for the length of 1 km there were cost increases, compared to 2006, of more than 25% in 2012 and about 45% in 2020 which decrease to about 10-12% in correspondence with a length of 3.5km. Since, as is known, the consumer price growth index for families of workers and employees (FOI) recorded by Istat - Italian institute of statistics from 2006 to 2020 is around 11%, one is inclined to believe in an underestimation of the values calculated based on the 2006 DPP or an overestimation of those resulting from the DPP. 2020.

As regards the detachable gondola lifts, the trend in the change in cost for those with 12-15 seats is difficult to interpret. The cost variation trend for gondola lifts of this type with 6-10 seats is more regular; however it shows values, in 2020 compared to 2006, increasing with length (therefore not clearly explainable) and included in a range between approximately 16% and 27%, so well above the inflation rate.

Lastly, the diagrams representing the variation in cost of the three or four-seater chairlifts with fixed link seem little representative of reality since they report a strong reduction in cost overall in 2020 compared to 2006 with an average value of around -30% for a inclined length of 1 km.

However, it should be considered that the formulations and the relative coefficients established by the DPPs of the Province of Bolzano are obtained from regressions on a database referring to existing plants whose real costs can also be significantly influenced by the territorial, orographic and geological context of the constructions as well as by the



- **A** = Opere elettromeccaniche franco ditta costruttrice - Electromechanical works ex works manufacturer
- **B** = Opere edili strettamente indispensabili - Essential building works
- **C** = Trasporto, montaggi, allacciamenti, rilievi, direzione lavori, progettazione architettonica, collaudi, ecc. Transport, assembly, connections, reliefs, works management, architectural design, tests, etc.

Figura 7 – Ripartizione percentuale del costo di realizzazione fra le diverse categorie di opere, per alcune tipologie di impianti, in base al DPP della Provincia di Bolzano del 2020.

Figure 7 – Percentage share-out of the construction cost between the different categories of works, for some types of installations, based on the 2020 PPD of the Province of Bolzano.

tendersi, le opere elettromeccaniche hanno un peso appena di poco inferiore nelle seggiovie (74%) rispetto alle cabinovie (76 e 77%).

Infine si è ritenuto utile riportare, in Fig. 8, la media dei valori forniti dai tre DPP che uniforma le variazioni registrate nel tempo. Naturalmente, per le funivie bifune a vai e vieni a 2 vie di corsa i valori medi sono calcolati solo con riferimento ai DPP del 2006 e del 2012, dato che il DPP del 2020 non riporta l'incidenza delle categorie di opere per questo tipo di impianto.

5.2. Costo d'esercizio

Il costo di esercizio di un impianto funiviario è influenzato da diversi fattori, quali il personale, l'energia, gli ammortamenti, le manutenzioni, le concessioni. L'ufficio funivie dell'Istituto Provinciale di Statistica della Provincia Autonoma di Bolzano, produce annualmente il rapporto "Impianti a fune in Alto Adige" [10] con cui analizza in modo articolato le caratteristiche strutturali degli impianti di risalita (tipologia, lunghezza e utilizzo) ed i dati relativi agli aspetti economici (investimenti, personale, consumi, ecc.). Per le finalità del presente lavoro sono risultati di particolare interesse i dati relativi alla consistenza numerica dei differenti tipi di impianti installati ed ai bilanci economici degli stessi. Dai primi, diagrammati in Fig. 9, è possibile rilevare delle tendenze nella realizzazione di queste attrezzature, indicazione che, sebbene limitata all'Alto Adige, è comunque riferita ad una regione che al 2020 contava oltre 350 impianti in esercizio, contro i poco più di 100 della Valle d'Aosta, regione comunque fra le più dotate di queste attrezzature.

architectural features of the stations and finally by the very small number of companies participating in the tender for the assignment of the construction works.

As regards the share-out of the construction cost among the categories of works, an aspect dealt with in all three DPPs, a substantial invariance of these data should be noted. Fig. 7 represents the breakdown of costs for some types of more common systems according to the provisions of the 2020 DPP. Compared to the two previous DPPs, the classic two-way bi-cable cableway is omitted, for which therefore we have to refer to the two older DPPs. As is to be expected, the electromechanical works weigh just slightly less in chairlifts (74%) than in cabins (76 and 77%).

Finally, we deemed useful to report, in Fig. 8, the average (which standardizes the variations recorded over time) of the values provided by the three DPPs which. Of course, for come-and-go bi-cable cableways with two runways, the average values are calculated only with reference to the 2006 and 2012 DPPs, given that the 2020 DPP does not report the incidence of the categories of works for this type of installations.

5.2. Operating cost

The operating cost of a cableway system is influenced by various factors, such as personnel, energy, depreciation, maintenance, concessions. The cableway office of the Provincial Institute of Statistics of the Autonomous Province of Bolzano, in Italy, annually produces the report "Cableways in South Tyrol" [10] in which it distinctly analyzes the features of the cableways (type, length and use) and their economic data (investments, personnel, consumption, etc.). For

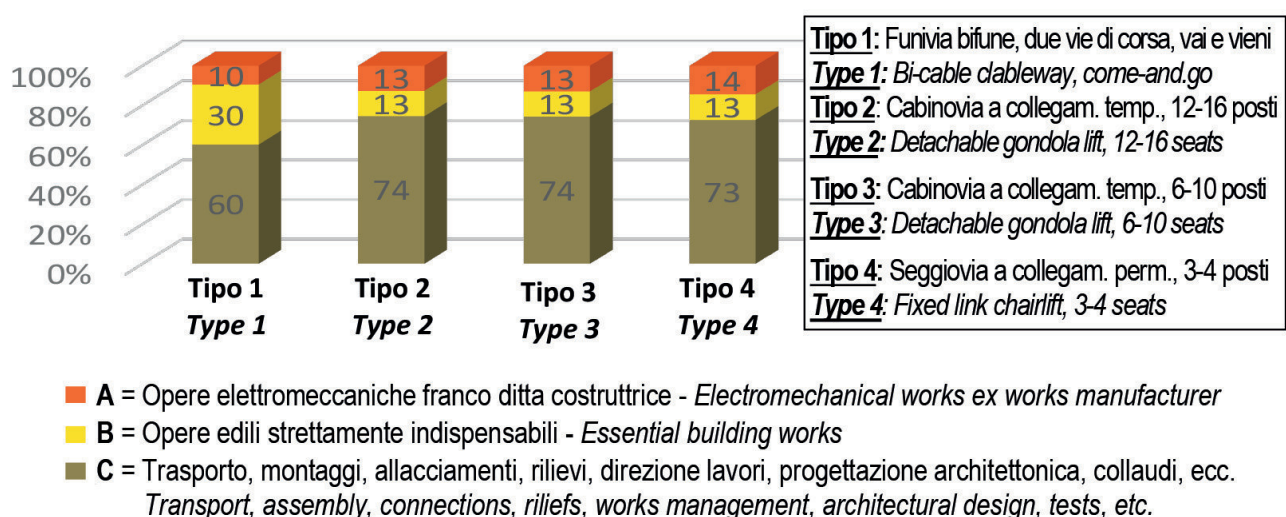


Figura 8 – Valori medi, fra i DPP, 2006, 2012 e 2020, della ripartizione percentuale del costo di realizzazione fra le diverse categorie di opere, per alcune tipologie di impianti.

Figure 8 – Average values, between the DPPs, 2006, 2012 and 2020, of the percentage share-down of the construction cost between the different categories of works, for some types of installations.

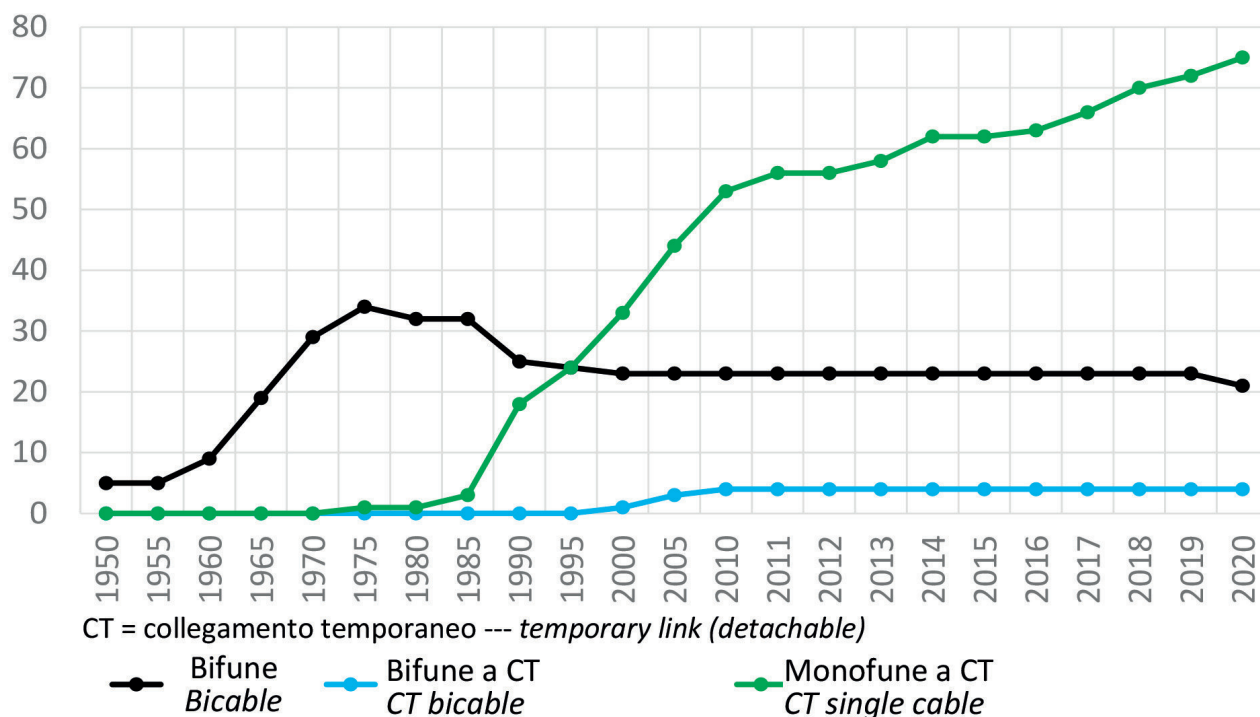


Figura 9 – Andamento negli anni del numero di alcune tipologie di impianti in Alto Adige.
 Figure 9 – Trend over the years of the number of some types of Installation in Alto Adige (Italy).

Risulta evidente il consenso sempre maggiore ottenuto, dalla metà degli anni '80 in poi, dalle cabinovie monofune con collegamento temporaneo che nel 2020 hanno superato il 70% del totale degli impianti esistenti, grazie al fatto di coniugare la semplicità ed economicità del monofune ad una velocità accettabile.

Dai dati economici è stato invece possibile ricavare l'incidenza percentuale dei vari fattori che concorrono a determinare il costo di esercizio annuale nel periodo 2010-2019, secondo quanto riportato in Tab. 5.

Si tratta purtroppo di dati aggregati riferiti alla totalità degli impianti realizzati, fra i quali sono compresi anche funicolari ed ascensori inclinati e nei quali risultano prevalenti installazioni di modesta importanza quali sciovie e seggiovie per sciatori. Pertanto con questi valori non è possibile supportare stime sul costo di esercizio di una definita tipologia di impianto dato che l'incidenza di ciascuna voce del costo di esercizio per una specifica tipologia può discostarsi sensibilmente dal valore medio calcolato su un insieme eterogeneo in cui prevalgono alcune tipologie sulle altre. Per esempio, dalla colonna relativa al costo del personale, si evidenzia un peso troppo modesto dell'incidenza di questa voce sul totale, evidentemente dovuta al peso che nella media hanno i numerosissimi piccoli impianti per sciatori che prevedono un esercizio quasi del tutto automatico. L'andamento dei diversi valori nel periodo considerato fa rilevare scostamenti annuali non significativi.

Il costo del personale dipende dal numero di addetti

the purposes of this work, the number of the various types of installed systems and their economic balances were of particular interest. From the former, diagrammed in Fig. 9, it is possible to detect trends in the choice of the installation type. These data, although limited to Alto Adige region, are significant because refers to a region which in 2020 had over 350 operation plants, against just over 100 of the Valle d'Aosta that is however one of the Italian region most equipped with these installations.

The ever-increasing consensus obtained, from the mid-1980s onwards, by single-cable gondola lifts with temporary link is evident, which in 2020 exceeded 70% of the total existing installations, thanks to the combination of simplicity and economy with a good speed.

From the economic data, however, it was possible to obtain the percentage incidence of the various factors that affected to the annual operating cost in the period 2010-2019, as shown in Tab. 5.

Unfortunately, these are aggregated data referring to all the installations built, also including funiculars, inclined lifts, ski lifts and chair lifts for skiers with an obvious numerical prevalence of small ones. Therefore, these values cannot support estimates of the operating cost of a specific type of plant, given that the incidence of each item for a specific type can differ significantly from the average value calculated on a heterogeneous group in which some types prevail over others. For example, the column relating to personnel costs shows that the incidence of this item on the

Tabella 5 – Table 5

Suddivisione percentuale per anno (decennio 2010-2019) dei costi di produzione dei concessionari degli impianti a fune
Percentage share-down by year (decade 2010-2019) of the production costs of cableway concessionaires

			Consumi per funzionamento Consumption for operation									
Anno Year	Costi personale Staff costs (%)	Ammorta- menti e svalutazioni Depreciation and write-downs (%)	Carburanti Fuels (%)	Lubrificanti Lubricants (%)	Energia per trazione Energy for traction (%)	Ricambi Spare parts (%)	Materiali vari Various materials (%)	Manutenzioni esterne External maintenance (%)	Assicuraz. Insurance (%)	Altre prestazioni di servizi Other services provided (%)	Oneri diversi di gestione Various management charges (%)	Varie Various (%)
2019	25,50%	25,91%	2,57%	0,11%	7,65%	1,73%	2,48%	5,98%	1,72%	17,83%	3,55%	4,97%
2018	26,32%	25,55%	2,56%	0,13%	7,48%	1,61%	2,67%	6,06%	1,61%	17,12%	4,09%	4,82%
2017	26,40%	25,86%	2,48%	0,15%	7,50%	1,37%	2,54%	6,33%	1,68%	18,01%	2,68%	5,00%
2016	25,82%	27,93%	2,56%	0,19%	7,40%	1,14%	2,52%	5,96%	1,67%	17,14%	2,82%	4,84%
2015	25,50%	30,26%	2,46%	0,18%	7,29%	1,25%	2,17%	5,08%	1,69%	16,97%	2,36%	4,79%
2014	25,54%	28,64%	2,97%	0,19%	6,87%	1,42%	2,19%	5,11%	1,68%	16,87%	3,53%	4,99%
2013	26,07%	28,38%	3,27%	0,23%	7,57%	1,27%	2,33%	5,28%	1,83%	15,33%	3,11%	5,32%
2012	25,50%	28,86%	3,03%	0,21%	7,77%	1,42%	2,39%	5,85%	1,66%	15,87%	2,02%	5,41%
2011	26,33%	29,37%	2,94%	0,16%	6,65%	1,42%	2,22%	5,38%	1,62%	16,19%	1,94%	5,78%
2010	26,01%	30,26%	2,45%	0,18%	6,37%	1,55%	2,45%	5,10%	1,67%	16,27%	2,51%	5,18%
MEDIA AVERAGE 2010- 2019	25,90%	28,10%	2,73%	0,17%	7,26%	1,42%	2,40%	5,61%	1,68%	16,76%	2,86%	5,11%
			13,97%						21,31%			

(*) sommatoria di accantonamenti per rischi, variazioni di rimanenze di materie sussidiarie, di consumo e merci e per il godimento di beni di terzi.

(*) *sum of provisions for risks, changes in inventories of ancillary materials, consumables and goods and for the use of third party assets.*

chiamati a svolgere ruoli operativi per la conduzione e la sicurezza durante il servizio. Le indicazioni sul numero di addetti per tipologia d'impianto sono contenute nel [14]; in particolare il punto 2.3⁵ specifica che la consistenza minima del personale è definita con esattezza nel Regolamento di esercizio dell'impianto. Inoltre al punto 3.23⁶ viene introdotto l'esercizio automatico dell'impianto, cioè una modalità di conduzione senza il presenziamento del

total is too modest, evidently due to the average weight of the very numerous small ski lifts which provide for almost entirely automatic operation. The trend of the various values in the period considered reveals insignificant annual differences.

The cost of personnel depends on the number of employees called to carry out operational roles for management and safety during the service. The indications on the number of employees by type of plant are contained in [14]; in particular, point 2.3⁵ specifies that the minimum number of personnel is precisely defined in the plant's Operating Regu-

⁵ D.D. 11 maggio 2017, n. 86, punto 2.3 (Numero di addetti per tipologia di impianto): "Nel Regolamento di esercizio di ciascun impianto è definita la consistenza minima del personale presente sull'impianto per garantire lo svolgimento dell'esercizio in sicurezza; variazioni della consistenza minima possono essere previste per eventuali occasioni di servizio ridotto o particolare....".

⁶ D.D. 11 maggio 2017, n. 86, punto 3.23 (Esercizio automatico): "L'esercizio automatico dell'impianto è effettuato senza il presenziamento del macchinista ed eventualmente degli agenti, affidando le funzioni di comando, regolazione e controllo dell'impianto a dispositivi automatici e la vigilanza da remoto a personale all'uopo preposto....".

⁵ D.D. 11 May 2017, n. 86, par. 2.3 (Number of employees by type of installation): "The minimum number of personnel present on the installation is set in the Operating Regulations of each installation to ensure that operations are carried out in safety; variations of the minimum consistency can be foreseen for any occasions of reduced or particular service....".

macchinista ed eventualmente degli agenti in stazione, affidando le funzioni di comando, regolazione e controllo dell'impianto a dispositivi automatici e la vigilanza da remoto a personale all'uopo preposto. Questa modalità può essere autorizzata solamente sugli impianti i cui veicoli effettuano fermata in corrispondenza delle stazioni di imbarco e sbarco; non può quindi essere autorizzata su impianti a moto continuo con veicoli permanentemente agganciati.

La Tab. 6 rappresenta un aggiornamento della omologa tabella di [6] che era stata compilata su dati di base medi forniti da una primaria ditta costruttrice di impianti di trasporto a fune nel 2012. In particolare vengono ripresi ed aggiornati i costi di realizzazione (diversi da quelli calcolabili con i DPP della provincia di Bolzano) ed il numero minimo di unità di personale necessario per l'esercizio. Quest'ultimo certamente invariato dal 2012 ad oggi è stato estrapolato per adattarlo al caso della funivia automatica (non considerata in [6]) che prevede il solo personale addetto al telecontrollo.

È da evidenziare che l'art.31 bis della L.164/2014 [17] ha previsto di fatto la eliminazione della scadenza per la vita tecnica degli impianti a fune precedentemente stabilita dal D.M. 1533/1985 [18] e già abrogata dal D.Lgs. 210/2003 [11] per i soli impianti provvisti del marchio CE. Ciò influisce sull'ammortamento e sull'interesse del capitale investito, voci che tuttavia sono state trascurate nella determinazione del costo complessivo di esercizio, nell'ipotesi che la realizzazione goda di finanziamenti pubblici a fondo perduto, come spesso accade.

I valori assunti per aggiornare il contenuto della Tab. 6 sono:

- l'indice FOI di rivalutazione dei prezzi al consumo dal 2012 al 2022 che è di circa il 7% (fonte Istat);
- il prezzo dell'energia, assunto prudenzialmente pari 0,30 €/kw h, che naturalmente risente in parte della momentanea instabilità dello specifico mercato ma che non sembra possa scendere sensibilmente nel prossimo futuro;
- la potenza assorbita mediamente da ciascuna tipologia di impianto, assunta pari ai valori più frequenti riscontrati nelle realizzazioni, che tuttavia può variare anche in modo marcato in funzione della lunghezza dell'impianto e del dislivello superato, nonché della velocità di marcia e del numero di persone presenti su ciascun ramo; pertanto il valore utilizzato è solo orientativo e di conseguenza lo è anche l'incidenza della voce energia sul totale dei costi di esercizio;
- le ore annue di funzionamento; dato che si fa qui riferimento ad impianti di trasferimento, questo valore è stato assunto pari a circa 16 ore e mezza al giorno per 365 giorni all'anno, in modo da considerare 2,5 turni di lavoro al giorno da 6 ore e 40 minuti ciascuno per il personale addetto. Il costo annuo medio per ciascun addetto è stato assunto pari a Euro 45.000 con un im-

lazioni. Furthermore, point 3.23⁶ introduces the automatic operation of the plant, i.e. a mode of operation without the presence of the driver and possibly station agents, entrusting the functions of command, regulation and control of the plant to automatic devices and supervision by remote to designated personnel. This mode can only be authorized on installations whose vehicles stop at the boarding and landing stations; it cannot therefore be authorized on continuous motion systems with permanently coupled vehicles.

Tab. 6 is an update of the equivalent table of [6] which had been compiled on average basic data provided by a leading manufacturer of cableway systems in 2012. In Tab. 6, indeed, we have resumed and updated the construction costs (different from those calculable with the DPP of the province of Bolzano) and the minimum number of personnel necessary for the operation. The latter, certainly unchanged from 2012 to today, has been adapted to the case of the automatic cableway (not considered in [6]) which only requires remote control personnel.

It should be noted that Article 31 bis of Law 164/2014 [17] actually provided for the elimination of the deadline for the technical life of cableway installations previously established by the Ministerial Decree 1533/1985 [18] and already repealed, only for systems with the CE mark, by Legislative Decree 210/2003 [11]. This affects the depreciation and interest on invested capital, items which however have been neglected in determining the overall cost of operation, in the event that the construction is financed by non-repayable public funding, as often happens.

The values assumed to update the contents of Tab. 6 are:

- the FOI (families of workers and employees) consumer price revaluation index from 2012 to 2022 which is approximately 7% (source: Istat Italian Statistic Institute);
- the price of energy, prudently assumed to be 0.30 €/kw h, which is naturally partly affected by the current instability of the specific market but which does not seem likely to drop significantly in the near future;
- the average power absorbed by each type of system, assumed to be equal to the most frequent values found in constructions, which however can also vary markedly according to the length of the system and the height difference overcome, as well as the running speed and the number of people present on each branch; therefore the value used is only indicative and consequently so is the impact of the energy item on total operating costs;
- the annual hours of operation; since here we refer to transfer facilities, we assumed this value equal to ap-

⁶ D.D. 11 May 2017, n. 86, par. 3.23 (Automatic operation): "The automatic operation of the installation is carried out without the presence of the driver and possibly of the agents, entrusting the driving, regulation and control functions of the installation to automatic devices and remote supervision to personnel in charge for this purpose"

Tabella 6 – Table 6

Stima delle voci del costo medio di esercizio per alcune tipologie di impianto in base a determinate caratteristiche tecniche e di servizio

Assessment of the items of the average operating cost for some types of installations on the basis of their technical and service features

Sistema System	Seggiovia Chairlift fixed link	Seggiovia Chairlift detachable	Cabinovia Gondola lift detachable	Funivia Come and go Cableway	Funivia automatica Automatic cableway
	CLF	CLD	MGD	ATW	ATW
Principio Type	Monofune Single rope	Monofune Single rope	Monofune Single rope	Bifune Double rope	Bifune Double rope
Ammorsamento Clamping	Fisso Fixed	Temporaneo Detachable	Temporaneo Detachable	Fisso Fixed	Fisso Fixed
Movimentazione Motion	Continua Continuous	Continua Continuous	Continua Continuous	Va e vieni Come and go	Va e vieni Come and go
Costo totale 2022 per impianto escluso sostegni (ML€) Total cost 2022 for each plant excluding supports (ML€)	3,3	5,4	8,8	12,9	12,95
Lunghezza inclinata campione (km) Sample inclined lenght (km)	1	1	1	1	1
A. Forniture elettromecc. (incid. media 2006/12/20 - ML€) A. Electromech. supplies (average rate 2006/12/20 - ML€)	2,5	4,2	6,6	8,1	8,1
B. Opere edili (incid. media 2006/12/20 - ML€) B. Building works (average rate 2006/12/20 - ML€)	0,4	0,5	0,9	2,1	2,1
C. Trasporti, montaggi, etc. (incid media 2006/12/20 - ML€) C. Transportation, assembly, etc. (average rate 2006/12/20 - ML€)	0,4	0,8	1,2	2,7	2,7
Personale minimo per turno di lavoro Minimum staff per shift	4	6	6	6	2
Manut. Ordinaria (% annua del costo di realizzazione) Ordinary maintenance (annual % of the construction)	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Manut. Straordinaria (% annua del costo di realizzazione) Extraordinary maint. (annual % of the construction cost)	0,8%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Prima revisione generale (anni) First general overhaul (years)	15	20	20	20	20
Seconda revisione generale (anni) Second general overhaul (years)	30	30	30	40	40
Vita economica per ammortamento (anni) Economic life for depreciation (years)	40	40	40	60	60
Personale complessivo (3 turni / g) Overall staff (3 shift / day)	11	16	16	16	6
Costo complessivo del personale (€/anno) Total staff cost (€/year)	495000	720000	720000	720000	270000
Costo orario complessivo del personale (€/ora) Total staff hourly cost (€/hour)	81	118	118	118	44
Costo manutenzione ordinaria (€/anno) Ordinary maintenance cost (€/year)	49000	81000	132000	194000	194000
Costo manutenzione straordinaria (€/anno) Extraordinary maintenance cost (€/year)	26000	54000	88000	129000	129000
Costo orario manutenzione ordinaria (€/ora) Ordinary maintenance hourly cost (€/hour)	8	13	22	32	32
Costo orario manutenzione straordinaria (€/ora) Extraordinary maintenance hourly cost (€/hour)	4	9	14	21	21
Potenza media assorbita (kW) Average absorbed power (kW)	150	250	350	500	500
Costo orario dell'energia consumata (€/ora) Hourly cost of consumed energy (€/hour)	45	75	105	150	150
Costo di esercizio compless. (€/ora) Total operating cost (€/hour)	139	216	260	321	247
Incidenza personale Staff cost rate	58,7%	54,9%	45,6%	36,8%	17,9%
Incidenza manutenzione ordinaria Ordinary maintenance cost rate	5,8%	6,2%	8,4%	9,9%	12,9%
Incidenza manutenzione straordinaria Extraordinary maintenance cost rate	3,1%	4,1%	5,6%	6,6%	8,6%
Incidenza energia Energy rate	32,4%	34,8%	40,5%	46,7%	60,6%

pegno annuo medio effettivo di 1700 ore lavorate. Le unità di personale necessarie sono state incrementate del 20% con il minimo di una unità.

Le percentuali di incidenza delle diverse voci di costo calcolate nella Tab. 6 sono evidentemente condizionate dal peso del fattore energia, che può assumere un'ampia gamma di valori, in conseguenza della potenza media assorbita, a cui si è già accennato, e del prezzo dell'energia. Quest'ultima è la voce di costo di maggiore incidenza dopo quella del personale. Le manutenzioni, sebbene abbastanza onerose incidono per una percentuale non elevata, compresa fra il 9 ed il 21% circa, che può assumersi nella sostanza della stessa entità anche per la funivia automatica, sia in conseguenza del livello di approssimazione dei dati qui riportati, sia per la scarsa incidenza dei costi di manutenzione delle apparecchiature di controllo della marcia che devono gestire un sistema di trasporto per sua natura già orientato all'automazione, quale è l'impianto a fune. Non stupisce quindi che la funivia automatica, che richiede la presenza del solo personale addetto al telecontrollo qui assunto in numero di 2 unità, possa presentare un abbattimento dell'incidenza dei costi del personale e di conseguenza una riduzione consistente del costo complessivo di esercizio.

Ne consegue l'importanza di realizzare impianti automatici la cui sostenibilità economica nel lungo periodo compensa certamente eventuali complicazioni impiantistiche necessarie per il telecontrollo e dispositivi di sicurezza aggiuntivi. L'automazione non implica la scelta di una particolare tecnologia funiviaria ma, dovendosi rispettare l'esigenza imposta dalla normativa di effettuare l'imbarco e lo sbarco delle cabine o seggiole da ferme, obbliga ad escludere gli impianti a moto continuo con collegamento permanente dei veicoli. In quelli a moto continuo con collegamento temporaneo per realizzare l'automazione è necessario attrezzare le stazioni in modo da consentire ai veicoli una volta scollegati dalla fune di fermarsi completamente durante le operazioni di imbarco e sbarco. Ciò aumenta i tempi di permanenza delle cabine in stazione e obbliga ad aumentare l'intervallo minimo fra i veicoli successivi con conseguente leggera riduzione della capacità di trasporto.

6. Riflessioni conclusive

Il presente lavoro si presta ad alcune considerazioni sull'importanza e gli effetti di alcune innovazioni presentate.

Le disposizioni normative hanno subito nel tempo modifiche anche sostanziali spesso finalizzate ad accompagnare e regolamentare le innovazioni tecnologiche e operative proposte dai produttori di sistemi di trasporto a fune. Le variazioni sostanziali hanno riguardato il tema della sicurezza di impianto da cui sono scaturite indicazioni e prescrizioni vincolanti per le scelte progettuali. Nel confronto tra la [12] e la [13] emerge una sostanziale corrispondenza nelle indicazioni relative alle funicolari e alle

proximately 16 and a half hours a day for 365 days a year, so as to consider 2.5 work shifts per day of 6 hours and 40 minutes each, for the assigned staff. Furthermore we took the average annual cost for each employee equal to Euro 45,000 and an effective average annual commitment of 1700 hours worked. The required personnel units have been increased by 20% with the minimum of one unit.

The percentage rate of the various cost items calculated in Tab. 6 are evidently conditioned by the weight of the energy factor, which can take on a wide range of values, as a consequence of the average absorbed power, which has already been mentioned, and the price of the 'power. The latter is the cost item with the greatest incidence after that of staff. Maintenance, although quite onerous, does not account for an high percentage, between about 9 and 21%. This item can essentially be assumed to be of the same amount also for the automatic cable car, both as a consequence of the level of approximation of the data here used, and due to the low incidence of the maintenance costs of the movement control devices required to manage a transport system by its nature already oriented towards automation such as the cableway installation. It is therefore not surprising that the automatic cable car, which requires the presence of only 2 remote control personnel hired here, can present a reduction in the incidence of personnel costs and consequently a substantial reduction in the overall operating cost.

Hence the importance of creating automatic systems whose long-term economic sustainability certainly compensates for any system complications necessary for remote control and additional safety devices. Automation does not imply the choice of a particular cableway technology but, having to comply with the requirement imposed by the legislation to carry out the boarding and landing of cabins or chairs while stationary, it obliges to exclude the continuous motion systems with permanent connection of the vehicles. In installations with continuous motion and temporary connection, in order to create the automation, it is necessary to equip the stations so as to allow the vehicles, once disconnected from the rope, to stop completely during boarding and landing operations. This causes an increase of the permanence time of the cabins in the station and forces to increase the minimum interval between successive vehicles with a consequent slight reduction in the transport capacity.

6. Final remarks

This work arises some considerations on the importance and effects of some here discussed innovations.

Regulatory provisions have undergone substantial changes over time, often aimed at accompanying and regulating the technological and operational innovations proposed by manufacturers of cableway transport systems. The substantial changes concerned the issue of facility safety which gave rise to indications and binding standards for design choices. In the comparison between [12] and [13] a

funivie con veicoli aperti; differenze significative sono invece rilevabili per le funivie con veicoli chiusi per la possibilità di applicazione del Soccorso Integrato (SI) che consente di evitare l'evacuazione tradizionale lungo la fune o per calata verticale. Ancora più significativa appare la possibilità per gli impianti bifune di evitare il freno sulla portante applicando prescrizioni aggiuntive finalizzate a garantire l'integrità dell'anello trattivo ed a prevenire incidenti con anello integro. Anche la definizione del Piano Ultimo (PU), ovvero di piano di intervento che consente il raggiungimento delle vetture da parte di squadre di soccorso specializzate, rappresenta un elemento di novità.

Una riflessione attenta merita la rimozione del freno sulla portante negli impianti bifune con conseguente rinuncia all'unica possibilità di intervento nell'eventualità, seppur remota, di rottura dell'anello trattivo per cause impreviste ed imprevedibili. Come è noto, l'assenza del freno sulla portante non rappresenta di per sé una novità essendo regolamentata, già prima del D.D. 18 Giugno 2021, n. 172, dalla norma UNI-EN12929-2 del 2015 [20] ed anche prevista dall'art.24 comma 10 del D.M. 4 agosto 1998, n. 400 [16] e tuttavia ammessa solo in presenza di specifiche soluzioni costruttive e di controllo volte ad azzerare quasi completamente il rischio di rottura della fune traente. D'altra parte l'assenza del freno sulla portante, certamente opportuna in presenza di pulegge a gola più profonda e vantaggiosa nel preservare la fune da ammaloramenti conseguenti all'azionamento inappropriato, è già da tempo adottata in altri paesi della UE. Nonostante ciò, a parere degli scriventi è auspicabile che, pur nel rispetto delle stringenti prescrizioni volte ad assicurare l'integrità dell'anello trattivo contenute nelle norme in vigore, la ricerca tecnologica possa in futuro perfezionare l'apparato di sicurezza in questione, in modo da superare le criticità che ne rendono talvolta opportuna l'eliminazione.

Riguardo al SI, da un lato risulta semplice sebbene più oneroso soddisfare i requisiti d'impianto che ne permettono l'adozione, dall'altro appare molto più complicata e non scevra di incertezze la corretta predisposizione e la completa operatività del PU. Quest'ultimo infatti rende necessario l'uso di risorse ed apprestamenti non comuni che non sempre sono presenti e disponibili, in particolare negli ambiti in cui è meno radicata la cultura del soccorso in montagna. Questa indeterminazione, unita alla necessaria disponibilità di personale specializzato e di mezzi specifici, finisce per limitare la possibilità di utilizzo del SI. In ogni caso è evidente che la norma regolamenta il SI nel caso in cui lo si voglia applicare e pertanto il proponente dovrà sviluppare opportune valutazioni circa la complessità, le incertezze e le indeterminazioni, anche connesse al contesto, relative alla specifica realizzazione.

Tra le modifiche relative alle norme sui costi di realizzazione si evidenzia che per quasi tutte le tipologie di impianto vi è un aumento sensibile del costo convenzionale dal 2006 al 2020 che spesso supera il tasso dell'inflazione monetaria registrata nello stesso periodo; fa eccezione la seggiovia ad ammassamento fisso per la quale il DPP del

substantial correspondence issues in the indications relating to funiculars and cable cars with open vehicles; conversely, significant differences can be detected for cable cars with closed vehicles due to the possibility of applying the Integrated Rescue (IR) which makes it possible to avoid the traditional evacuation along the cable or by vertical descent. Even more significant is the possibility for bi-cable installations to avoid the brake on the carrier by applying additional prescriptions aimed at guaranteeing the integrity of the hauling loop and preventing accidents with the loop intact. The definition of the Ultimate Plan (UP), i.e. an intervention plan that allows specialized rescue teams to reach the vehicles, also represents a new element.

The removal of the brake on the carrier in bi-cable systems deserves careful consideration, with the consequent renunciation of the only possibility of intervention in the event, albeit remote, of breakage of the hauling ring due to unforeseen and unpredictable causes. As is well known, the absence of the brake on the carrier does not in itself represent a novelty as it was already regulated in Italy, before the D.D. 18 June 2021, no. 172, by the UNI-EN12929-2 standard of 2015 [20] and also provided for by article 24 paragraph 10 of the D.M. 4 August 1998, no. 400 [16] and however allowed only in the presence of specific constructive and control solutions aimed at almost completely eliminating the risk of breakage of the hauling rope. On the other hand, the absence of the brake on the carrier, certainly appropriate in the presence of pulleys with a deeper groove and advantageous in preserving the rope from deterioration resulting from inappropriate operation, has already been adopted for some time in other EU countries. Despite this, in the opinion of the writers, to overcome the critical issues that sometimes make it appropriate to eliminate the safety apparatus in question, it is desirable that, in the future, technological research can perfect it, while respecting the in force stringent standards aimed at ensuring the integrity of the hauling ring.

About the IR, on the one hand it is simple although more onerous to satisfy the system requirements that allow its adoption, on the other hand the correct preparation and complete operation of the UP appears much more complicated and not free from uncertainties. In fact, the latter makes it necessary to use uncommon resources and preparations that are not always present and available, especially in areas where the culture of mountain rescue is less rooted. This vagueness, combined with the necessary availability of specialized personnel and specific means, ends up limiting the possibility of using the IR. In any case it is clear that the standard regulates the IR in the event that it is desired to apply it and therefore the proposer will have to develop appropriate assessments regarding the complexity, uncertainties and indeterminacies, also related to the context of the specific implementation.

Among the changes relating to the rules on construction costs, it should be noted that for almost all types of plant there is a significant increase in the conventional cost from 2006 to

2020 fa emergere una forte riduzione di costo che appare inattendibile. Sull'aggiornamento dei costi di esercizio incidono l'aumento del costo dell'energia e la sensibile riduzione del personale necessario, realizzabile negli impianti impresenziati con funzionamento completamente automatico.

In tema di tecnologia è da rilevare la sensibile crescita negli ultimi trent'anni del numero di cabinovie monofune a collegamento temporaneo che rappresentano oggi, in Alto Adige, la tipologia nettamente prevalente, grazie evidentemente alla più favorevole combinazione di prestazioni e costi garantita da questa tecnologia. Le innovazioni tecnologiche riguardano prevalentemente il raddoppio della fune portante-traente nei monofune e portante nei bifune che migliora sensibilmente la stabilità trasversale alle cabine e permette di realizzare campate più lunghe nonché, nei bifune, di disporre in campata di sostegni per la fune traente con conseguente riduzione del rischio di impigliamento con le altre funi. Detta innovazione applicata alla tradizionale cabinovia monofune dà luogo ad un sistema ibrido (comunemente indicato come 3S) che presenta funi diversificate per sostentazione e trazione, come un bifune, e moto continuo tipico del monofune con conseguente elevata capacità di trasporto anche su percorsi lunghi. Una innovazione associata alla doppia portante nelle funivie e vai e vieni è rappresentata dalle due cabine indipendenti mosse da due anelli trattivi diversi, con azionamenti autonomi che conferiscono all'impianto grande adattabilità alla domanda e la possibilità di utilizzare una cabina per effettuare l'evacuazione dell'altra rimasta bloccata in linea ed evitare così i metodi tradizionali, verticali o orizzontali.

Interessanti e con buone prospettive di impiego si presentano i sistemi bimodali che prevedono la possibilità di distaccare la cabina dall'impianto e farla proseguire come veicolo autonomo a terra lungo una rotaia di guida o sospeso ad una monorotaia. È evidente l'efficacia di questi sistemi nel migliorare l'accessibilità alle stazioni dell'impianto a fune, spesso, per motivi orografici, collocate in posizione decentrata rispetto all'abitato in quota da collegare.

La ricerca è stata finanziata dal Programma MIUR PON R&I 2014-2020 Program (progetto MITIGO, ARS01_00964).

2020 which often exceeds the monetary inflation rate recorded in the same period; an exception is the fixed-grip chairlift for which the 2020 DPP reveals a strong cost reduction that appears unreliable. The update of operating costs is affected by the increase in the cost of energy and the significant reduction in the necessary personnel, which can be achieved in unmanned plants with fully automatic operation.

In terms of technology, it should be noted the significant growth over the last thirty years in the number of single-cable gondolas with temporary connection which today represents the clearly prevalent type in Alto Adige region (Italy), evidently thanks to the more favorable combination of performance and costs guaranteed by this technology. The technological innovations mainly concern the doubling of the carrying-hauling cable in single-cables and carrying-cable in double-cables which significantly improves the transversal stability of the cabins and allows for longer spans to be created as well as, in double-cables, to have supports in the span for the hauling cable with consequent reduction of the risk of entanglement with other ropes. Said innovation applied to the traditional single-cable gondola gives rise to a hybrid system (commonly referred to as 3S) which has ropes diversified in terms of support and traction, like a two-cable, and continuous motion typical of a single-cable and consequently high transport capacity even over long distances. An innovation associated with the double carrying rope in the come-and-go cable cars is represented by the two independent cabins moved by two different hauling rings, with autonomous drives that give the system great adaptability to demand and the possibility of using a cabin to carry out the evacuation of the other stuck online and thus avoid traditional evacuation methods, vertical or horizontal.

Interesting and with good prospects for use are the bi-modal systems which provide for the possibility of detaching the cabin from the system and making it continue the journey as an autonomous vehicle on the ground along a guide rail or suspended from a monorail. The effectiveness of these systems is evident in improving accessibility to the cableway stations which are often, for orographic reasons, decentralized with respect to the area to be connected.

This research has been supported by Italian MIUR PON R&I 2014-2020 Program (project MITIGO, ARS01_00964).

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] AFFATATO M., BLENGINI S., DALLA CHIARA B., VAIR E. (2015), "Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico". Ingegneria Ferroviaria, n. 11, CIFI, Roma.
- [2] ALSHALFAH B., SHALABY A., DALE S., OTHMAN F. M. Y. (2012), "Aerial ropeway transportation systems in the urban environment: state of the art". Journal of Transportation Engineering ASCE 138, pp. 253-262.
- [3] CASERZA S. (2019), "Soccorso nelle funivie a va e vieni: soluzioni tradizionali e proposta di un approccio integrato" - Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile, Relatore prof. B. DALLA CHIARA, Politecnico di Torino. <https://webthesis.biblio.polito.it/11817/1/tesi.pdf>.

- [4] Confederazione Svizzera, Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale dei trasporti UFT _Divisione Sicurezza Funivie a va e vieni, Azionamento dei freni sulla fune portante. RAPPORTO UFT n. registrazione/dossier: 021.58/2013-03-12/192.
https://www.bav.admin.ch/dam/bav/it/dokumente/verkehrstraeger/bericht_einfall_tragseilbremse.pdf.download.pdf/rapporto_azionamentodeifrenisullafuneportantedellefunieavaevie.pdf.
- [5] DALLA CHIARA B., ALBERTO D., ZANOTTI G. (2022), "Impianti a fune per trasporto persone e materiali – Evoluzione, elementi costruttivi, progettazione ed esercizio." EGAF – Forlì (IT).
- [6] PETRUCELLI U. (2013), "Impianti di trasporto a fune ed a nastro: prestazioni e costi conseguenti alle recenti normative tecniche", Ingegneria Ferroviaria, n. 4, CIFI, Roma.
- [7] Provincia autonoma di Bolzano (Italy), Decreto del Presidente della Provincia 12 novembre 2020, n. 41. "Modifica del Decreto del Presidente della Provincia del 13 novembre 2006, n. 61, Regolamento di esecuzione circa la costruzione e l'esercizio di impianti a fune in servizio pubblico".
- [8] Provincia autonoma di Bolzano (Italy), Decreto del Presidente 5 dicembre 2012, n. 44. "Modifiche al regolamento sull'esercizio di linee di trasporto funiviario in servizio pubblico D.P.P. 13 novembre 2006, n. 61" - Allegato A: "Formula di calcolo del costo di costruzione di impianti funiviari in servizio pubblico".
- [9] Provincia autonoma di Bolzano (Italy), Decreto del Presidente 13 novembre 2006, n. 61. "Regolamento di esecuzione circa la costruzione e l'esercizio di impianti a fune in servizio pubblico".
- [10] Provincia autonoma di Bolzano (Italy) - Alto Adige Istituto provinciale di statistica Ufficio Funivie - Impianti a fune in Alto Adige, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010.
<https://www.provincia.bz.it/turismo-mobilita/mobilita/funivie/statistiche-e-altri-pubblicazioni.asp>
esecuzione circa la costruzione e l'esercizio di impianti a fune in servizio pubblico.
- [11] Repubblica Italiana, Decreto Legislativo 12 giugno 2003, n. 210: "Attuazione della direttiva 2000/9/CE in materia di impianti a fune adibiti al trasporto di persone e relativo sistema sanzionatorio".
- [12] Repubblica Italiana, Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, Decreto Dirigenziale 18 Giugno 2021, n. 172. "Disposizioni e specifiche tecniche per le infrastrutture degli impianti a fune adibiti al trasporto di persone".
- [13] Repubblica Italiana, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto Dirigenziale 16 Novembre 2012, n.337. "Disposizioni e prescrizioni tecniche per le infrastrutture degli impianti a fune adibiti al trasporto di persone. Armonizzazione delle norme e delle procedure con il decreto legislativo 12 giugno 2003, n. 210, di attuazione della direttiva europea 2000/9/ce".
- [14] Repubblica Italiana, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto 11 maggio 2017, n. 86. "Impianti aerei e terrestri - Disposizioni tecniche riguardanti l'esercizio e la manutenzione degli impianti a fune adibiti al trasporto pubblico di persone".
- [15] Repubblica Italiana, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Direzione Generale per il trasporto pubblico locale ed i sistemi di trasporto ad impianti fissi Commissione per le funicolari aeree e terrestri - Comitato Relatore Istituto con nota DGTPL STIF RU 1454 del 28/02/2017 per l'esame del progetto Soccorso Integrato per le funivie Funifor - Relazione Istruttoria.
<https://www.mit.gov.it/temi/trasporti/trasporto-pubblico-locale/documentazione?page=3>
- [16] Repubblica Italiana, Ministero dei Trasporti e della Navigazione, Decreto n. 400 del 4 agosto 1998. "Regolamento generale recante norme per le funicolari aeree e terrestri in servizio pubblico destinate al trasporto di persone".
- [17] Repubblica Italiana, Legge 11 novembre 2014, n. 164, articolo 31 bis.
- [18] Repubblica Italiana, Ministero dei Trasporti, Decreto 5 giugno 1985 n. 1533. "Disposizioni per i direttori ed i responsabili dell'esercizio e relativi sostituti e per gli assistenti tecnici preposti ai servizi di pubblico trasporto effettuati mediante impianti funicolari aerei o terrestri".
- [19] SPROULE W. J. (2022), "Automated people movers and automated transit systems 2022" - Proceedings of the 18th international conference on automated people movers and automated transit systems. ASCE (American Society of Civil Engineers).
- [20] UNI EN 12929-2:2015 – "Requisiti di sicurezza per gli impianti a fune progettati per il trasporto di persone - Disposizioni generali - Parte 2: Requisiti addizionali per le funivie bifune a va e vieni con vetture senza freni sul carrello".