

# IF Ingegneria Ferroviaria

**CIFI** COLLEGIO INGEGNERI  
FERROVIARI ITALIANI

Anno LXXIX

n. 5

Maggio 2024



*la passion du rail*



**Saremo presenti a InnoTrans  
24-27 settembre 2024  
Berlino**

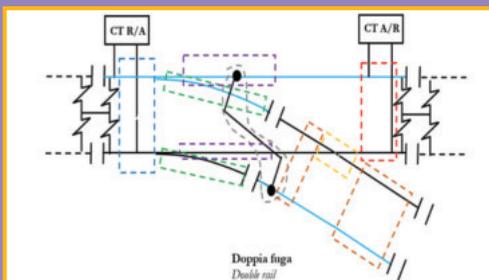
MATISA S.p.A  
Via Ardeatina Km 21  
IT-00071 Pomezia  
Santa Palomba (RM)  
Tel.: +39-06-918 291  
Email: [matisa@matisa.it](mailto:matisa@matisa.it)

INGEGNERIA FERROVIARIA - Maggio 2024

ISSN: 0020 - 0856

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in abbonamento postale - d.l. 353/2003 (conv. in l. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1 - DCB Roma

**In questo numero  
In this issue**



Modellistica e simulazione  
dei circuiti di binario  
*Modeling and simulation  
of track circuits*



Consumi ed impatti  
degli impianti a fune urbani  
*Consumption and impacts  
of cable-driven people movers*

1

## ESPERTO TECNICO GARE D'APPALTO DI FERROVIE

Durata del corso: 35 ore



2

## GARE D'APPALTO - CRITERI DI AGGIUDICAZIONE. OFFERTA ECONOMICAMENTE PIÙ VANTAGGIOSA (OEPV) FERROVIE E IMPIANTI FISSI

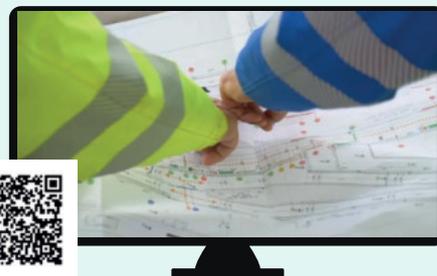
Durata del corso: 8 ore



3

## CODICE APPALTI 2023 GESTIONE PROGETTI E LAVORI FERROVIE, STRADE E AEROPORTI

Durata del corso: 38 ore



4

## RISERVE DELL'APPALTATORE

Durata del corso: 26 ore



TUTTE LE INFORMAZIONI SU

[www.ferrovie.academy.it](http://www.ferrovie.academy.it)

[www.cifi.it](http://www.cifi.it)

## I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

A.M.T. - GENOVA  
 A.T.M. S.p.A. - MILANO  
 AI2 S.r.l. - APPLICAZIONI DI INGEGNERIA S.r.l. - BARI  
 AIAS - ASS.NE ITALIANA AMBIENTE E SICUREZZA - SESTO SAN GIOVANNI (MI)  
 AKKA ITALIA S.r.l. - BOLOGNA  
 ALSTOM FERROVIARIA S.p.A. - SAVIGLIANO (CN)  
 ALTEN ITALIA SPA - MILANO  
 ANCEFERR - ROMA  
 ANIAF - ASSOCIAZIONE NAZIONALE IMPRESE ARMAMENTO FERROVIARIO - ROMA  
 ANSFISA - FIRENZE  
 ANTIFERR - ASS.NE NAZIONALE TECNOLOG. DEL SETTORE FERROVIARIO - ROMA  
 ARMAFER S.r.l. - LECCE  
 ARST S.p.A. TRASPORTI REGIONALI DELLA SARDEGNA - CAGLIARI  
 ASS.TRA - ASSOCIAZIONE TRASPORTI - ROMA  
 ASSIFER - ASSOCIAZIONE INDUSTRIE FERROVIARIE - MILANO  
 ATAC S.p.A. - ROMA  
 AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE ADRIATICO ORIENTALE - TRIESTE  
 B. & C. PROJECT S.r.l. - SAN DONATO MILANESE (MI)  
 BITECNO S.r.l. - BOLOGNA  
 BONOMI EUGENIO S.p.A. - MONTICHIARI (BS)  
 BOSCH SECURITY SYSTEMS S.p.A. - MILANO  
 BRESCIA INFRASTRUTTURE S.r.l. - BRESCIA  
 BUREAU VERITAS ITALIA S.p.A. - MILANO  
 C.E.M.E.S. S.p.A. - PISA  
 C.L.F. COSTRUZIONI LINEE FERROVIARIE S.p.A. - BOLOGNA  
 CAPTRAIN ITALIA S.r.l. - PIOSSASCO (TO)  
 CARROZZERIA NUOVA S. LEONARDO S.r.l. - SALERNO  
 CAVUOTO INGEGNERIA DELLE STRUTTURE S.p.A. - NAPOLI  
 CEIE CLAMPS S.r.l. - CHIETI  
 CEMBRE S.p.A. - BRESCIA  
 CEPAV DUE - MILANO  
 CEPRINI COSTRUZIONI S.r.l. - ORVIETO (TR)  
 CIRCET ITALIA S.p.A. - SAN GIOVANNI TEATINO (CH)  
 COET S.r.l. - SAN DONATO MILANESE (MI)  
 COLAS RAIL ITALIA S.p.A. - SAN DONATO MILANESE (MI)  
 COMESVIL S.p.A. - VILLARICCA (NA)  
 COMMEL S.r.l. - ROMA  
 CONSORZIO SATURNO - ROMA  
 COSTRUIRE ENERGIE S.r.l. - GUIDONIA MONTECELIO (RM)  
 COSTR. MECC. FERR. CO.ME.F. S.r.l. - ROMA  
 CRONOS SISTEMI FERROVIARI S.r.l. - CAIRO MONTENOTTE (SV)  
 CZ LOKO ITALIA S.r.l. - PORTO MANTOVANO (MN)  
 D&T S.r.l. - MILANO  
 D'ADDETTA S.p.A. - BERCETO (PR)  
 D'ADIUTORIO COSTRUZIONI S.p.A. - MONTORIO AL VOMANO (TE)  
 DINAZZANO PO - REGGIO NELL'EMILIA  
 DITECFER - PISTOIA  
 DUCATI ENERGIA S.p.A. - BOLOGNA  
 DYNASTES S.r.l. - ROMA  
 ELEN MACHINES S.r.l. - ALBANO LAZIALE (RM)  
 EMMEFER SRL - MONTEMILETTO (AV)  
 ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. - NAPOLI  
 EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. - NAPOLI  
 ESERCIZIO RACCORDI FERROVIARI - VENEZIA  
 ETS SRL SOCIETÀ DI INGEGNERIA - LATINA  
 EUROS SRL - QUAGLIANO (NA)  
 FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. - PIOSSASCO (TO)  
 FER S.r.l. - FERROVIE EMILIA ROMAGNA - FERRARA  
 FERONE PIETRO & C. S.r.l. - NAPOLI  
 FERROTRAMVIARIA S.p.A. - BARI  
 FERROTRAMVIARIA ENGINEERING S.p.A. - NAPOLI  
 FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. - BARI  
 FERROVIE DEL GARGANO S.r.l. - BARI  
 FERROVIE DEL SUD EST - BARI  
 FERROVIE DELLA CALABRIA S.r.l. - CATANZARO  
 FERROVIE DELLO STATO S.p.A. - ROMA  
 FERROVIENORD S.p.A. - MILANO  
 FONDAZIONE FS ITALIANE - ROMA  
 FOR.FER S.r.l. - ROMA  
 G.C.F. GEN.LE COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A. - ROMA  
 G.T.T. - GRUPPO TRASPORTI TORINESE S.p.A. - TORINO  
 GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO BBT SE - BOLZANO  
 GECO S.r.l. - GALLIATE (NO)  
 GEISMAR ITALIA S.p.A. - POGGIORE (RE)  
 GEOSINTESI S.p.A. - GOZZANO (NO)  
 GESTIONE GOVERNATIVA FERROVIA CIRCUMETNEA - ROMA  
 GILARDONI S.p.A. - MANDELLO DEL LARIO (LC)  
 GRANDI STAZIONI RAIL S.p.A. - ROMA  
 GROUND TRANSPORTATION SYSTEMS ITALIA S.r.l. - SESTO FIORENTINO (FI)  
 HARPACEAS S.r.l. - MILANO  
 HILTI ITALIA S.r.l. - SESTO SAN GIOVANNI (MI)  
 HIMA ITALIA - MILANO  
 HITACHI RAIL STS S.p.A. - NAPOLI  
 HUPAC S.p.A. - BUSTO ARSIZIO (VA)  
 IKOS CONSULTING ITALIA S.r.l. - MILANO  
 IMATEO ITALIA S.r.l. - RIVALTA SCRIVIA (AL)  
 IMPRESA LUIGI NOTARI S.p.A. - MILANO  
 IMPRESA SILVIO PIEROBON S.r.l. - BELLUNO  
 IMPRESA SIMONE E FIGLI SRL - (NA)  
 INFRARAIL FIRENZE S.r.l. - FIRENZE  
 INFRASTRUTTURE VENETE S.r.l. - PIOVE DI SACCO (PD)  
 INTECS S.p.A. - ROMA  
 ITALCERTIFER S.p.A. - FIRENZE  
 ITALFERR S.p.A. - ROMA  
 ITALO - N.T.V. S.p.A. - MILANO  
 IVECOS S.p.A. - COLLE UMBERTO (TV)  
 KNORR-BREMSE RAIL SYSTEMS ITALIA S.r.l. - CAMPI BISENZIO (FI)  
 KONUX GmbH - MONACO DI BAVIERA  
 KRAIBURG STRAIL GMBH & CO KG - TITTMONING (GERMANIA)  
 LA FERROVIARIA ITALIANA S.p.A. - AREZZO  
 LATERLITE S.p.A. - MILANO  
 LEF S.r.l. - FIRENZE  
 LOTRAS S.r.l. - FOGGIA  
 LUCCHINI RS S.p.A. - LOVERE (BG)  
 M2 RAILTECH S.r.l. - LA VALLE - BOLZANO  
 M. PAVANI SEGNALAMENTO FERROVIARIO S.r.l. - CONCORDIA SULLA SECCHIA (MO)  
 MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. - PONTE SAN GIOVANNI (PG)  
 MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. - CISTERNA DI LATINA (LT)  
 MATISA S.p.A. - SANTA PALOMBA (RM)  
 MER MEC S.p.A. - MONOPOLI (BA)  
 MICOS S.p.A. - LATINA  
 MM METROPOLITANA MILANESE S.p.A. - MILANO  
 MONT-ELE S.r.l. - GIUSSANO (MI)  
 MOSDORFER RAIL S.r.l. - RHO (MI)  
 NICCHERI TITO S.r.l. - AREZZO  
 NIERY INGEGNERIA S.p.A. SOCIETÀ BENEFIT - CASTEL MAGGIORE (BO)  
 NORD-ING S.r.l. - MILANO  
 OPTOTEC S.p.A. - GARBAGNATE MILANESE (MI)  
 PANDROL ITALIA S.r.l. - AGRATE BRIANZA (MB)  
 PLASSER ITALIANA S.r.l. - VELLETRI (RM)  
 POLISTUDIO S.p.A. - MOSCHETTO (VE)  
 PRATI ARMATI S.r.l. - OPERA (MI)  
 PROGETTO BR S.r.l. - COSTA DI MEZZATE (BG)  
 PROGRESS RAIL SIGNALING S.p.A. - SERRAVALLE PISTOIESE (PT)  
 PROJECT AUTOMATION S.p.A. - MONZA (MI)  
 PTF S.r.l. - CARINI (PA)  
 RADIOLAN S.r.l. - ROMA  
 RAIL TRACTION COMPANY - VERONA  
 RAVA - REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA - POLLEIN (AO)  
 R.F.I. S.p.A. - RETE FERROVIARIA ITALIANA - ROMA  
 RINA CONSULTING S.p.A. - GENOVA  
 S.I.C.E. - CHIUSI (PI)  
 S.T.A. S.p.A. - STRUTTURE TRASPORTO ALTO ADIGE - BOLZANO  
 SADEL S.p.A. - CASTEL MAGGIORE (BO)  
 SAFECERTIFIEDSTRUCTURE INGEGNERIA S.r.l. - ROMA  
 SAGA S.r.l. - RAVENNA (RA)  
 SALCEF GROUP S.p.A. - ROMA  
 SATFERR S.r.l. - FIDENZA (PR)  
 SCALA VIRGILIO & FIGLI S.p.A. - MONTEVARCHI (AR)  
 SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. - NOVARA  
 SENAF S.r.l. - SAIE - GLE - MEC SPE - CASTEL MAGGIORE (BO)  
 SICURFERR S.r.l. - CASORIA (NA)  
 SIELTE S.p.A. - ROMA  
 SIEMENS S.p.A. SETTORE TRASPORTI - MILANO  
 SILSUD S.r.l. - FERENTINO (FR)  
 SIMPRO S.p.A. - TORINO  
 SINTAGMA S.r.l. - SAN MARTINO IN CAMPO (PG)  
 SPEKTRA S.r.l. A TRIMBLE COMPANY - VIMERCATE (MB)  
 SPERA S.p.A. - ROMA  
 SPII S.p.A. - SARONNO (MI)  
 SPITEK S.r.l. - PRATO  
 SVECO S.p.A. - BORGO PIAVE (LT)  
 T&T S.r.l. - NAPOLI  
 T.M.C. S.r.l. - TRANSPORTATION MANAGEMENT CONSULTANT - POMPEI (NA)  
 TE.SI.FER. S.r.l. - FIRENZE  
 TEAM ENGINEERING S.p.A. - ROMA  
 TECNOLOGIE MECCANICHE S.r.l. - ARICCIA (RM)  
 TECNOSISTEM S.p.A. - NAPOLI  
 TECNOTEAM ITALIA S.r.l.s. - MERCATALE DI OZZANO DELL'EMILIA (BO)  
 TEKFER S.r.l. - BEINASCO (TO)  
 TEKNO KONS INNOVATION S.r.l. - AVERSA (CE)  
 TELEFIN S.p.A. - VERONA  
 TEORES S.p.A. - TORINO  
 TERMINALI ITALIA - VERONA  
 TESMEC S.p.A. - GRASSOBBIO (BG)  
 THERMIT ITALIANA S.r.l. - RHO (MI)  
 TITAGARH FIREMA S.p.A. - CASERTA  
 TPER S.p.A. - TRASP. PASS. RI EMILIA ROMAGNA - BOLOGNA  
 TRAINING S.r.l. - VERONA  
 TRASPORTO PASSEGGERI EMILIA ROMAGNA - TPER - BOLOGNA  
 TRENITALIA S.p.A. - ROMA  
 TRENITALIA TPER - BOLOGNA  
 TRENORD S.r.l. - MILANO  
 TRENTO TRASP. S.p.A. - TRENTO  
 TUA - SOCIETÀ UNICA ABRUZZESE DI TRASPORTO S.p.A. - CHIETI  
 TX LOGISTIK TRANSALPINE GMBH - BOLZANO  
 ULIXES S.r.l. UNIPERSONALE - FROSINONE  
 URETEK ITALIA S.p.A. - BOSCO CHIESANUOVA (VR)  
 VALTELLINA S.p.A. - GORLE (BE)  
 VERICERT S.r.l. - FORNACE ZARATTINI (RA)  
 VERTIV S.r.l. - ROMA  
 VI.D.R. S.r.l. - CATENANUOVA (EN)  
 VOITH TURBO S.r.l. - REGGIO EMILIA  
 VOSSLOH SISTEMI S.r.l. - CESENA  
 VTG RAIL EUROPE GmbH - SARONNO (VA)  
 WEGH GROUP S.p.A. - FORNOVO DI TARO (PR)  
 Z LAB S.r.l. - VERONA

## INDICE DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

MATISA S.p.A. – Santa Palomba – Pomezia (RM)	I copertina
CIFI Servizi S.r.l. – Roma	II copertina
ISOIL S.p.A. - Cinisello Balsamo (MI)	pagina 384
CLF – Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. – Bologna	pagina 415
SALCEF GROUP S.p.A. – Roma	pagina 416
KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. – Tittmoning (Germania)	pagina 426
PLASTIROMA S.r.l. – Guidonia Montecelio (RM)	pagina 445
PLASSER Italiana S.r.l. – Velletri (RM)	III copertina
“Una Stagione Straordinaria” – Atti del convegno del 20 aprile 2021	IV copertina

### CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE AL CIFI QUOTE SOCIALI ANNO 2024

- Soci <b>Ordinari e Aggregati</b> con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (cartaceo oppure online)	€/anno	85,00
- Soci <b>Ordinari e Aggregati under 35</b> con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (cartaceo oppure online). <i>I nuovi soci under 35 (neolaureati oppure neoassunti nell'anno in corso di soci collettivi) beneficeranno per 3 anni o fino al compimento del 35° anno di età della quota dei Soci Juniores</i>	€/anno	60,00
- Soci <b>Juniores</b> con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (solo online)	€/anno	25,00

Tutti i Soci hanno diritto ad avere uno sconto del 20% sulle pubblicazioni edite dal CIFI, ad usufruire di eventuali convenzioni con Enti esterni ed a partecipare alle varie manifestazioni (convegni, conferenze, corsi) organizzati dal Collegio.

Il modulo di associazione è disponibile sul sito internet [www.cifi.it](http://www.cifi.it) alla voce “COME ASSOCIARSI” e l’iscrizione decorre dopo il versamento tramite le seguenti modalità:

- Conto corrente postale n. **31569007** intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani – Via Giolitti Giovanni, 46 – 00185 Roma.

- Bonifico bancario sul conto: **Codice IBAN: IT29 U 02008 05203 000101180047** – Codice BIC/SWIFT: UNCRITM 1704, intestato a Collegio Ferroviari Italiani, presso UNICREDIT BANCA – Ag. 704 – ROMA ORLANDO.

- Carta di credito/prepagata sul sito [www.cifi/shop/](http://www.cifi/shop/).

Per il personale FSI, RFI, TRENITALIA, FERSERVIZI e ITALFERR è possibile versare la quota annuale, con trattenuta a ruolo compilando il modulo per la delega disponibile sul sito.

Il rinnovo della quota va effettuato entro i termini previsti dallo Statuto ovvero entro il **31 dicembre** dell’anno precedente.

Per ulteriori informazioni: Segreteria Generale – tel. 06/4882129 – FS 26825 – E mail: [areasoci@cifi.it](mailto:areasoci@cifi.it)

**Contatti - Contacts**

Tel. 06.4742987

E-mail: [redazioneif@cifi.it](mailto:redazioneif@cifi.it) - [notiziari.if@cifi.it](mailto:notiziari.if@cifi.it) - [direttore.if@cifi.it](mailto:direttore.if@cifi.it)**Servizio Pubblicità - Advertising Service**Roma: 06.47307819 - [areasoci@cifi.it](mailto:areasoci@cifi.it)Milano: 02.63712002 - 339.1220777 - [segreteria@cifimilano.it](mailto:segreteria@cifimilano.it)**Direttore - Editor in Chief**

Stefano RICCI

**Vice Direttore - Deputy Editor in Chief**

Valerio GIOVINE

**Comitato di Redazione - Editorial Board**

Benedetto BARABINO  
Massimiliano BRUNER  
Maurizio CAVAGNARO  
Giuseppe CAVALLERI  
Federico CHELI  
Maria Vittoria CORAZZA  
Biagio COSTA  
Bruno DALLA CHIARA  
Massimo DEL PRETE  
Salvatore DI TRAPANI  
Anders EKBERG  
Alessandro ELIA  
Luigi EVANGELISTA  
Carmen FORCINITI  
Attilio GAETA  
Federico GHERARDI  
Ingo HANSEN  
Marino LUPI  
Adoardo LUZI  
Gabriele MALAVASI  
Giampaolo MANCINI  
Vito MASTRODONATO  
Enrico MINGOZZI  
Elena MOLINARO  
Francesco NATONI  
Umberto PETRUCCELLI  
Luca RIZZETTO  
Stefano ROSSI  
Francesco VITRANO  
Dario ZANINELLI

**Consulenti - Consultants**

Giovannino CAPRIO  
Paolo Enrico DEBARBIERI  
Giorgio DIANA  
Antonio LAGANÀ  
Emilio MAESTRINI  
Mauro MORETTI  
Silvio RIZZOTTI  
Giuseppe SCIUTTO

**Redazione - Editorial Staff**

Massimiliano BRUNER  
Ivan CUFARI  
Francesca PISANO



Associazione NO PROFIT con personalità giuridica (n. 645/2009)  
iscritta al Registro Nazionale degli Operatori della Comunicazione  
(ROC) n. 33553 - Poste Italiane SpA - Spedizione in abbonamento  
postale - d.l. 353/2003

(conv. In l. 27/02/2004 n. 46) art. 1 - DBC Roma  
Via Giovanni Giolitti, 46 - 00185 Roma  
E-mail: [info@cifi.it](mailto:info@cifi.it) - u.r.l.: [www.cifi.it](http://www.cifi.it)  
Tel. 06.4742986

Partita IVA 00929941003  
Orario Uffici: lun.-ven. 8.30-13.00 / 13.30-17.00  
Biblioteca: lun.-ven. 9.00-13.00 / 13.30-16.00

# Indice

Anno LXXIX | **Maggio 2024** | 5**Condizioni di Associazione al CIFI** **350****MODELLISTICA E SIMULAZIONE DEI CIRCUITI DI BINARIO  
MODELING AND SIMULATION OF TRACK CIRCUITS**Giuliano MARANO **353****CONSUMI ED IMPATTI DEGLI IMPIANTI A FUNE URBANI:  
COMPARAZIONE MODALE E TENDENZE MODERNE  
CONSUMPTION AND IMPACTS OF CABLE-DRIVEN  
PEOPLE MOVERS: MODAL COMPARISON  
AND MODERN TRENDS**Stefano BAZZOLO **385****Notizie dall'interno** **417****Notizie dall'estero  
News from foreign countries** **427****Vita del CIFI - Inaugurazione della Sede CIFI Sezione di Napoli** **439****IF Biblio** **443****Condizioni di Abbonamento a IF - Ingegneria Ferroviaria  
Terms of subscription to IF - Ingegneria Ferroviaria** **444****Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI** **446****Fornitori di prodotti e servizi** **450**

## LINEE GUIDA PER GLI AUTORI

*(Istruzioni su come presentare un articolo per la pubblicazione su "IF - Ingegneria Ferroviaria")*

### **La collaborazione è aperta a tutti.**

Gli articoli possono essere proposti per la pubblicazione in lingua italiana e/o inglese. La pubblicazione è comunque bilingue.

L'ammissione di uno scritto alla pubblicazione non implica, da parte della Rivista, riconoscimento o approvazione delle teorie sviluppate o delle opinioni manifestate dall'Autore.

La Direzione della rivista si riserva il diritto di utilizzare gli articoli ricevuti anche per la loro pubblicazione su altre riviste del settore edite da soggetti terzi, sempre a condizione che siano indicati la fonte e l'autore dell'articolo.

Al fine di favorire la presentazione degli articoli, la loro revisione da parte del Comitato di Redazione e di agevolare la trattazione tipografica del testo per la pubblicazione, si ritiene opportuno che gli Autori stessi osservino gli standard di seguito riportati.

- 1) L'articolo dovrà essere necessariamente fornito in formato WORD per Windows, via e-mail, CD-Rom, DVD o pen-drive.
- 2) Tutte le figure (fotografie, disegni, schemi, ecc.) devono essere fornite complete di didascalia, numerate progressivamente e richiamate nel testo. Queste devono essere fornite in formato elettronico (e-mail, CD-Rom, DVD o pen-drive) e salvate in formato TIFF o EPS ad alta risoluzione (almeno 300 dpi). E' inoltre richiesto l'invio delle stesse immagini in formato compresso JPG (max. 50 KB/immagine). E' inoltre possibile includere, a titolo di bozza d'impaginazione, una copia cartacea che comprenda l'inserimento delle figure nel testo.
- 3) Nei testi presentati dovranno essere utilizzate rigorosamente le unità di misura del Sistema Internazionale (SI) e le relative regole per la scrittura delle unità di misura, dei simboli e delle cifre.
- 4) Tutti i riferimenti bibliografici dovranno essere richiamati nel testo con numerazione progressiva riportata in [ ].

All'Autore di riferimento è richiesto di indicare un indirizzo di posta elettronica per lo scambio di comunicazioni con il Comitato di Redazione e, a tutti gli autori, di sottoscrivere una dichiarazione liberatoria riguardo al possesso dei diritti di pubblicazione.

**Per eventuali ulteriori informazioni sulle modalità di presentazione degli articoli contattare la Redazione della Rivista. – Tel: +39.06.4742986 – e-mail: [redazioneif@cifi.it](mailto:redazioneif@cifi.it)**

## GUIDELINES FOR THE AUTHORS

*(Instructions on how to present a paper for the publications on "IF - Ingegneria Ferroviaria")*

### **The collaboration is open to everyone.**

*The articles can be presented both in English and/or Italian language. The publication is anyway bilingual. The admission of a paper does not imply acknowledgment or approval by the journal of theories and opinions presented by the Authors.*

*The Direction of the journal reserves the right to use the received papers for the publication on other journals under condition to provide the source citation.*

*In order to simplify the papers' presentation, their review by the Editorial Board and their typographic handling for the publication, the Authors are required to comply with the standards below.*

- 1) *The paper must be presented in WORD for Windows, by e-mail, CD-Rom, DVD or pen-drive.*
- 2) *All figures (pictures, drawings, schemes, etc.) must include a caption, must be progressively numbered and recalled in the text. They must be presented in a high resolution (min. 300 dpi) electronic format (TIFF or EPS) by e-mail, CD-Rom, DVD or pen-drive). Moreover, it is required to send them in a compressed JPG format (max. 50 kB/figure). It is additionally possible to include a printed draft copy as an editorial example.*
- 3) *In the texts must be rigorously used the SI units only.*
- 4) *All the bibliographic references must be recalled in the text with progressive numbering in [ ].*

*It is required to the corresponding Author to provide with a reference e-mail address for the communications with the Editorial Board and, to all Authors, to sign a discharge declaration concerning the rights of publication.*

**For any further information about the paper presentation, you can contact the editorial staff. – Phone: +39.06.4742986 – e-mail: [redazioneif@cifi.it](mailto:redazioneif@cifi.it)**



# Modellistica e simulazione dei Circuiti di Binario

## *Modeling and simulation of Track Circuits*

Giuliano MARANO<sup>(\*)</sup>

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.05.2024.ART.1>)

**Sommario** – I Circuiti di Binario (CdB) sono particolari circuiti elettrici composti in parte dalle rotaie dei binari. In essi vengono fatti circolare segnali elettrici tramite i quali è possibile determinare lo stato di libero (assenza rotabile) o occupato (presenza rotabile) all'interno di una porzione di binario controllato. Essi pertanto rappresentano un fondamentale elemento del Sotto-sistema Strutturale Comando Controllo e Segnalamento (CCS) il cui funzionamento ha un notevole impatto sulla sicurezza e sulla regolarità dell'esercizio ferroviario. Nel presente articolo verrà affrontato il problema di una corretta modellizzazione matematica del CdB e dell'impostazione di una corretta simulazione ai fini delle problematiche di interesse da analizzare. La trattazione analizzerà diversi casi studio di interesse per i sistemi di Classe B rimandandone ulteriori a successive pubblicazioni dell'autore.

Il metodo qui esposto, esclusa la parte di modellistica elettrica del binario, consiste in un metodo generale messo a punto dall'autore durante la sua esperienza sull'argomento.

### 1. Modellistica e simulazione elettrica del binario

#### 1.1. Cenni sui Circuiti di Binario

Il Circuito di Binario è un circuito elettrico in parte costituito dal binario stesso, o meglio dalle rotaie che compongono questo. Ad un CdB si associa una sezione di binario di una data lunghezza chiamata "sezione controllata"; tale sezione è delimitata (per i CdB in bassa frequenza) da giunti isolanti. Questi altro non sono che spessori di 4 mm costituiti da materiale isolante interposto sulla rotaia i quali permettono la separazione elettrica tra i CdB limitrofi. In corrispondenza di questi due estremi fanno capo due coppie di terminali che afferiscono a due cassette terminali, una indicata con "A" che sta per alimentazione, e un'altra indicata con "R" che sta per ricezione. All'interno delle cassette terminali vi sono dei trasformatori che permettono l'adattamento delle grandezze elettriche al binario, oltre che componenti necessari alla taratura del CdB.

**Summary** - Track circuits (TC) are special electrical circuits composed in part of the rails of the tracks, Electrical signals are circulated in them by which it is possible to determine the status of free (no rolling stock) or occupied (rolling stock presence) within a controlled portion of track can be determined. They therefore represent a fundamental element of the Control command and Signalling Sub-System (CCS) whose operation has a significant impact on the safety and regularity of railway operations. In this paper, the problem of proper TC modeling and simulation setup for the purposes of the issues of interest to be analyzed will be addressed. The discussion will analyze several case studies of interest for Class B systems referring further ones to subsequent publications.

The method presented here, excluding the electrical modeling part of the track, consists of a generic method developed by the author during his experience on the topic.

### 1. Electrical Modeling and Simulation of the Track

#### 1.1. Track Circuits

The Track Circuit is an electrical circuit partly constituted by the track itself, or rather by the rails that compose it. To a Track Circuit a section of track of a given length is associated, called the 'controlled section.' This section; is delimited (for low-frequency Track Circuits) by insulating joints. These are simply 4 mm thick isolating materials placed on the rail, allowing electrical separation between adjacent Track Circuits. At the two ends of these isolating joints, two pairs of terminals lead to two terminal boxes, one labeled 'A' for power supply, and another labeled 'R' for reception. Inside these terminal boxes, there are transformers that adapt electrical parameters to the track, as well as components necessary for the calibration of the Track Circuit.

Therefore, an electrical signal  $v(t)$  will reach terminal box A. In conditions of a track section free of vehicles, it will propagate to terminal box R. After being adapted by the transformer in the latter, it will reach a receiving device that, by detecting it, will determine the free status of the Track

<sup>(\*)</sup> Giuliano MARANO, RFI - Direzione Tecnica - Standard Technologie - Prodotti CCS.

<sup>(\*)</sup> Giuliano MARANO, RFI - Technical department - Technology Standard - CCS Products.

Alla cassetta A dunque giungerà un segnale elettrico  $v(t)$ , esso in condizioni di sezione libera da rotabili si propagherà sino alla cassetta R, e dopo essere adattato dal trasformatore di questa raggiungerà un dispositivo ricevitore che rilevandolo decreterà lo stato di libero del CdB. In Fig. 1 è mostrato un generico CdB libero indicando in motivo tratteggiato blu la circolazione della corrente di binario che si richiude nel trasformatore della cassetta R.

Se almeno un asse di un treno entra nella sezione controllata (Fig. 2) muterà l'equilibrio elettrico del CdB per via dell'effetto di partizione di corrente introdotto da questo.

Dati i ridotti valori ohmici dell'asse esso tenderà a ridurre la tensione, e quindi la corrente, sull'avvolgimento del trasformatore della cassetta R, e dunque sul ricevitore. Il ricevitore rilevando l'abbassamento di tale tensione al di sotto di una ben determinata soglia individuerà la presenza del rotabile e di conseguenza decreterà lo stato di occupato del CdB. L'azione dell'asse è detta "azione di shunt" ed il CdB ne deve assicurare il rilevamento in sicurezza.

1.2. Modello del binario

I Circuiti di Binario possono essere lunghi (a seconda del tipo) da un minimo di 36 m ad un massimo di 2000 m; le estensioni in gioco rendono semplice comprendere che per la modellistica elettrica ci si può rifare per similitudine al ben noto modello della linea di trasmissione ("equazioni dei telegrafisti") di cui al rif. [2].

Data una linea di trasmissione di lunghezza "L" che si estende lungo una ascissa "x" da un punto di partenza "p" ad uno di arrivo "a", si può vedere questa come una successione di celle elementari di lunghezza infinitesima (Fig. 3) a cui si associano le equazioni (1).

$$\begin{cases} -\frac{\partial E(x,t)}{\partial x} = r \cdot I(x,t) + l \cdot \frac{\partial I(x,t)}{\partial t} \\ -\frac{\partial I(x,t)}{\partial x} = g \cdot E(x,t) + c \cdot \frac{\partial E(x,t)}{\partial t} \end{cases} \quad (1)$$

Il modello rappresentativo della trasmissione di segnali lungo il binario consiste dunque in un modello a parametri distribuiti sorretto dai seguenti parametri per unità di lunghezza:<sup>1</sup>

- r: Resistenza elettrica per unità di lunghezza (Ω/km);
- l: coefficiente di auto-induzione per unità di lunghezza (H/km);
- g: conduttanza elettrica per unità di lunghezza (S/km);
- c: capacità elettrica per unità di lunghezza (F/km);
- r e l vengono detti "parametri longitudinali" mentre "parametri trasversali".

Si definiscono le seguenti grandezze:

- $E_p(t)$ : Tensione nel punto di partenza di partenza e all'istante t;

<sup>1</sup> I parametri per unità di lunghezza per una linea bifilare sono da intendersi rappresentativi di entrambi i conduttori

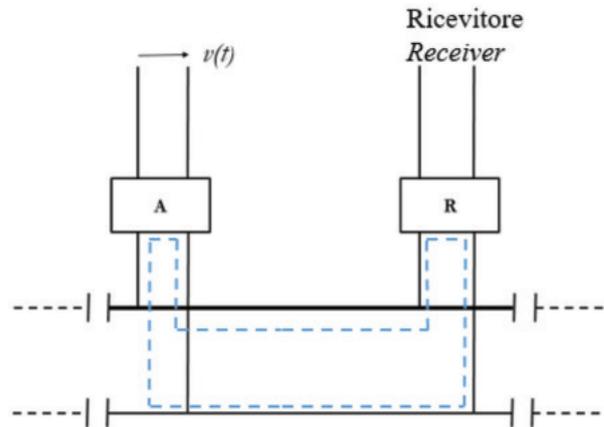


Figura 1 - Circuito di Binario libero. Figure 1 - Free status of the Track Circuit.

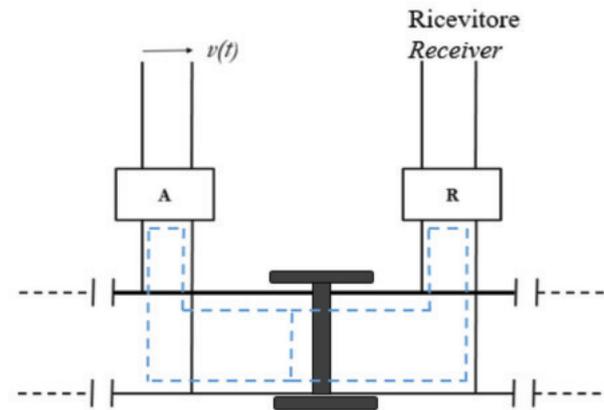


Figura 2 - Circuito di binario occupato. Figure 2 - Occupied status of the Track Circuit.

Circuit. Fig. 1 shows a generic free Track Circuit, indicating the circulation of the track current in blue dashed lines that closes in the transformer of box R.

If at least one train axle enters the controlled section (Fig. 2), it will alter the electrical balance of the Track Circuit due to the current partition effect introduced by it. Given the low ohmic values of the axle, it will tend to reduce the voltage and thus the current on the winding of the transformer in box R, and consequently on the receiver. The receiver, detecting the decrease in voltage below a well-defined threshold, will identify the presence of the vehicle and consequently declare the occupied status of the Track Circuit. The action of the axle is called 'shunt action' and the Track Circuit must ensure its detection safely.

1.2. Track Model

The Track Circuits can be of varying lengths (depending on the type) ranging from a minimum of 36 m to a maximum of 2000 m; the considerable lengths involved make it

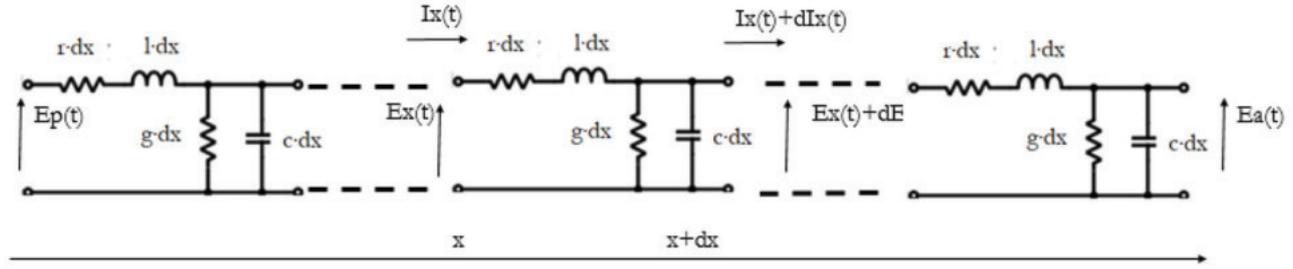


Figura 3 - Linea di trasmissione.  
Figure 3 - Transmission line.

- $I_p(t)$ : Corrente nel punto di partenza e all'istante  $t$ ;
- $E(x,t)$ : Tensione nel punto di ascissa  $x$  e all'istante  $t$ ;
- $I(x,t)$ : Corrente nel punto di ascissa  $x$  e all'istante  $t$ ;
- $E_a(t)$ : Tensione nel punto di arrivo e all'istante  $t$ ;
- $I_a(t)$ : Corrente nel punto di arrivo e all'istante  $t$ ;

Supponendo la sorgente  $E_p(t)$  come segnale sinusoidale, e passando nel dominio dei fasori si ottengono le espressioni (2), dove scompare la dipendenza dal tempo (le derivate parziali diventano derivate semplici). Manipolando queste si ottengono le equazioni in termini di funzioni iperboliche in (3).

$$\begin{cases} -\frac{d^2 \bar{E}_x}{dx^2} = (r + j\omega) \cdot (g + j\omega c) \bar{E}_x = \bar{z} \cdot \bar{y} \cdot \bar{E}_x = \bar{K}^2 \cdot \bar{E}_x \\ -\frac{d^2 \bar{I}_x}{dx^2} = (r + j\omega) \cdot (g + j\omega c) \bar{I}_x = \bar{z} \cdot \bar{y} \cdot \bar{I}_x = \bar{K}^2 \cdot \bar{I}_x \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \bar{E}_x = \bar{E}_p \cdot \cosh(\bar{K}x) - \bar{Z}_0 \cdot \bar{I}_p \cdot \sinh(\bar{K}x) \\ \bar{I}_x = -\frac{\bar{E}_p}{\bar{Z}_0} \cdot \sinh(\bar{K}x) + \bar{I}_p \cdot \cosh(\bar{K}x) \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \bar{z} = r + j\omega \quad \bar{y} = g + j\omega c \quad \bar{K} = \sqrt{(r + j\omega)(g + j\omega c)} \\ \bar{Z} = \bar{z} \cdot L \quad \bar{Y} = \bar{y} \cdot L \quad Z_0 = \sqrt{\frac{r + j\omega l}{g + j\omega c}} \end{aligned} \quad (4)$$

Le equazioni (4) mostrano  $\bar{K}$  e  $Z_0$ .  $\bar{K}$  è la costante di propagazione, che tiene conto di quanto la tensione o la corrente si attenua (tramite la sua parte reale) e si sfasa (tramite il suo coefficiente dell'immaginario) via via che si prosegue dal punto di partenza a quello di arrivo (si giunge infatti alla conclusione che i fasori di tensione e corrente compiono una traiettoria elicoidale via via che si prosegue dal punto "p" al punto "a").

$Z_0$  invece è l'impedenza caratteristica, ed è il parametro della linea tale per cui, posto nel punto di arrivo la linea si dice "adattata" ed il suo regime elettrico è dato solo da onde progressive, ovvero non vi è fenomeno di riflessione.

Ponendo  $x$  nel punto di arrivo (dove  $L =$  la lunghezza della linea) e definiti i seguenti coefficienti in (5) si ottengono le equazioni in (6).

$$\begin{cases} A = D = \cosh(KL) \\ \bar{B} = \bar{Z}_0 \cdot \sinh(\bar{K}L) \\ \bar{C} = \frac{\sinh(\bar{K}L)}{\bar{Z}_0} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} E_p = E_a \cdot A + B \cdot I_a \\ \bar{I}_p = \bar{E}_a \cdot \bar{C} + \bar{D} \cdot \bar{I}_a \end{cases} \quad (6)$$

Quest'ultime equazioni richiamano quelle di un dop-

easy to comprehend that, for electrical modeling, one can draw parallels to the well-known model of a transmission line ("telegrapher's equations") as referred to in [2].

Given a transmission line of length "L" extending along an abscissa "x" from a starting point "p" to an endpoint "a", it can be viewed as a sequence of infinitesimally small elementary cells (Fig. 3), each associated with equations (1).

$$\begin{cases} -\frac{\partial E(x,t)}{\partial x} = r \cdot I(x,t) + l \cdot \frac{\partial I(x,t)}{\partial t} \\ -\frac{\partial I(x,t)}{\partial x} = g \cdot E(x,t) + c \cdot \frac{\partial E(x,t)}{\partial t} \end{cases} \quad (1)$$

The representative model of signal transmission along the track consists of a distributed parameter model supported by the following parameters per unit length:<sup>1</sup>

- $r$ : Electrical resistance per unit length ( $\Omega/\text{km}$ );
- $l$ : Coefficient of self-inductance per unit length ( $\text{H}/\text{km}$ );
- $g$ : Electrical conductance per unit length ( $\text{S}/\text{km}$ );
- $c$ : Electrical capacitance per unit length ( $\text{F}/\text{km}$ );
- $r$  e  $l$  are referred to as "longitudinal parameters", while  $g$  e  $c$  as "transverse parameters".

The following quantities are defined:

- $E_p(t)$ : Voltage at the starting point at time  $t$ ;
- $I_p(t)$ : Current at the starting point at time  $t$ ;
- $E(x,t)$ : Voltage at the point with abscissa  $x$  at time  $t$ ;
- $I(x,t)$ : Current at the point with abscissa  $x$  at time  $t$ ;
- $E(a,t)$ : Voltage at the end point at time  $t$ ;
- $I(a,t)$ : Current at the end point  $x$  at time  $t$ .

Assuming that the source  $E_p(t)$  is a sinusoidal signal and transitioning to the phasor domain, expressions (2) are obtained, where the time dependency disappears (partial derivatives become ordinary derivatives). Manipulating these expressions yields the equations in terms of hyperbolic functions in (3).

$$\begin{cases} -\frac{d^2 \bar{E}_x}{dx^2} = (r + j\omega) \cdot (g + j\omega c) \bar{E}_x = \bar{z} \cdot \bar{y} \cdot \bar{E}_x = \bar{K}^2 \cdot \bar{E}_x \\ -\frac{d^2 \bar{I}_x}{dx^2} = (r + j\omega) \cdot (g + j\omega c) \bar{I}_x = \bar{z} \cdot \bar{y} \cdot \bar{I}_x = \bar{K}^2 \cdot \bar{I}_x \end{cases} \quad (2)$$

<sup>1</sup> The parameters per unit length for a two-wire line are intended to be representative of both conductors

pio bipolo rappresentabili in generale attraverso un circuito equivalente a "π" o a "T" riportati in Fig. 4.

Se si opta per la seconda opzione, sviluppando in serie di Taylor le funzioni iperboliche contenute in A, B, C e D, troncando al primo termine lo sviluppo di B e C (operazione sempre lecita per linee di lunghezza minore a 100 km per frequenze dell'ordine di quella industriale) e al secondo termine quello di A e D (per evitare l'annullamento di  $\bar{Z}_1$  e  $\bar{Z}_2$  a causa dell'approssimazione di A e D pari a 1) si ottengono i parametri del doppio bipolo dalle espressioni (7):

$$\begin{aligned} \bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \frac{\bar{A}-1}{\bar{C}} &= \frac{\cosh(\bar{K}L)-1}{\frac{\sinh(\bar{K}L)}{Z_0}} \approx \frac{1+\frac{(\bar{K}L)^2}{2}-1}{\frac{\bar{K}L}{Z_0}} = \frac{\bar{K}L}{2} \cdot \frac{L}{Z_0} = \frac{L}{2} \sqrt{\bar{Z} \cdot \bar{Y}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{Z}}{\bar{Y}}} = \frac{\bar{Z}}{2} \\ \bar{Y}_0 = \bar{C} &= \frac{\sinh(\bar{K}L)}{Z_0} \approx \frac{\bar{K}L}{Z_0} = L \cdot \frac{\sqrt{\bar{Z} \cdot \bar{Y}}}{\sqrt{\bar{Z}}} = L \cdot \bar{Y} = \bar{Y} \end{aligned} \quad (7)$$

Il termine  $\frac{1}{2}$  di  $\bar{Z}_1$  e  $\bar{Z}_2$  tiene conto della forma fisica del circuito a "T", se si dividono ulteriormente per due  $\bar{Z}_1$  e  $\bar{Z}_2$  è possibile ricavare il circuito equivalente in Fig. 5 che tiene conto dei parametri per ogni rotaia

Dove con le espressioni (8) si definiscono i valori delle grandezze elettriche del circuito.

$$\begin{aligned} R_p &= r \cdot L \\ L_p &= l \cdot L \\ G_p &= g \cdot L \\ C_p &= c \cdot L \end{aligned} \quad (8)$$

Il ricorrere a tale circuito equivalente altro non è che la riduzione di un sistema a parametri distribuiti in uno a parametri concentrati; ciò è possibile se il sistema ricade nel modello quasi stazionario dell'elettromagnetismo, ovvero se è possibile trascurare i fenomeni legati alla propagazione di onde elettromagnetiche. Ciò succede quando l'estensione del sistema è molto contenuta rispetto alla lunghezza d'onda del segnale da trasmettere, così da trascurare la dipendenza di questo dallo spazio. Tale concetto si riassume a livello matematico con la disequazione (9).

$$\lambda = \frac{v}{f} \gg L \quad (9)$$

- $\lambda$  = lunghezza d'onda;
- $f$  = frequenza;
- $v$  = velocità di propagazione  $\cong$  velocità di propagazione della luce nel vuoto.

Buona norma è quella che  $\lambda$  sia maggiore di almeno 2 o 3 ordini di grandezza di  $L$ , talvolta dunque è possibile che sia necessario modellare la linea di trasmissione tramite una successione di più celle elementari di lunghezza P così come rappresentato in Fig. 6.

In realtà i segnali di funzionamento dei CdB di Classe B in bassa frequenza hanno frequenze in gioco relativamente basse (50 Hz, 83,3 Hz e 178 Hz con lunghezze d'onda rispettivamente di 6000 km, 3600 km e 1685 km) ed essendo la lunghezza di un CdB limitata a 2 km si comprende che ai fini de-

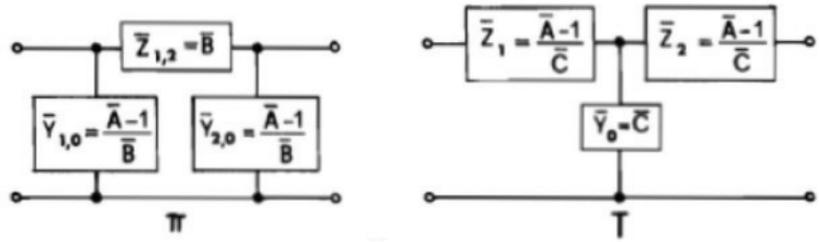


Figura 4 - Circuiti equivalenti a "π" o a "T".  
Figure 4 - Equivalent circuit in a "π" or "T".

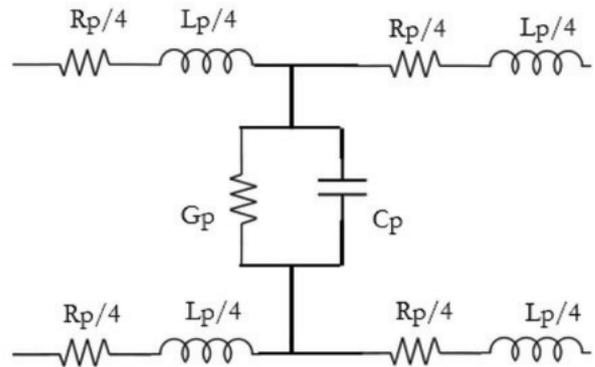


Figura 5 - Circuito equivalente.  
Figure 5 - Equivalent circuit.

$$\begin{cases} \bar{E}_x = \bar{E}_p \cdot \cosh(\bar{K}x) - \bar{Z}_0 \cdot \bar{I}_p \cdot \sinh(\bar{K}x) \\ \bar{I}_x = -\frac{\bar{E}_p}{Z_0} \cdot \sinh(\bar{K}x) + \bar{I}_p \cdot \cosh(\bar{K}x) \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \bar{z} = r + j\omega l & \quad \bar{y} = g + j\omega c & \quad \bar{K} = \sqrt{(r + j\omega l)(g + j\omega c)} \\ \bar{Z} = \bar{z} \cdot L & \quad \bar{Y} = \bar{y} \cdot L & \quad Z_0 = \sqrt{\frac{r+j\omega l}{g+j\omega c}} \end{aligned} \quad (4)$$

Equations (4) depict  $\bar{K}$  and  $Z_0$ .  $\bar{K}$  is the propagation constant, taking into account how voltage or current attenuates (through its real part) and phase shifts (through its imaginary coefficient) as one progresses from the starting point to the endpoint. It is concluded that the voltage and current phasors trace a helical path as one moves from point "p" to point "a."

$Z_0$  on the other hand, is the characteristic impedance and is the parameter of the line for which, when placed at the endpoint, the line is said to be "matched", and its electrical behavior is determined only by progressive waves, meaning there is no reflection phenomenon.

By setting  $x$  at the endpoint (where  $L$  is the length of the line) and defining the coefficients in (5), the equations in (6) are obtained.

$$\begin{cases} A = D = \cosh(KL) \\ B = Z_0 \cdot \sinh(KL) \\ \bar{C} = \frac{\sinh(KL)}{Z_0} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} E_p = E_a \cdot A + B \cdot I_a \\ I_p = E_a \cdot \bar{C} + D \cdot I_a \end{cases} \quad (6)$$

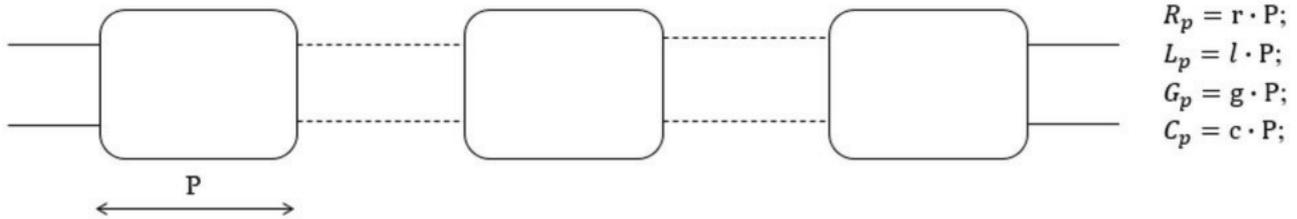


Figura 6 - Modello elettrico del binario.  
Figure 6 - Electric track model.

gli errori di modellazione basterebbe una sola cella, tuttavia per le analisi di interesse relativamente ai CdB (squilibri tra le rotaie, azione dello *shunt* ecc..) interessa conoscere le grandezze elettriche in più punti di esso, pertanto il CdB viene modellato come una successione di celle elementari di lunghezza "P" in funzione della risoluzione che si vuole ottenere.

A questo punto serve conoscere soltanto i valori dei parametri elettrici del binario per unità di lunghezza; dalla Fig. 7 è facile comprendere che *r* è la resistenza per unità di lunghezza offerta dalla rotaia al passaggio della corrente, *l* è il coefficiente di auto induzione per unità di lunghezza che tiene conto delle linee di flusso generate da questa corrente e che si concatenano nella spira formata dalle due rotaie, *g* e *c* sono invece la conduttanza e la capacità per unità di lunghezza e tengono conto rispettivamente dell'effetto conduttivo e di dielettrico tra le rotaie (pietrisco e traverse).

Per la determinazione di questi parametri viene in aiuto lo studio al Rif. [1], ove sono riportate curve in scala logaritmica che tengono conto della variazione di *r* e *l* in funzione della frequenza e di *g* e *c* in funzione della frequenza e dell'umidità.

In alternativa alla lettura visiva dei grafici è possibile interpolare i punti di questi (metodo di Gauss-Newton) ottenendo le seguenti equazioni:<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} r &= (K \cdot \sqrt{\omega}) \cdot 10^{-3} \text{ in } \Omega/\text{km}; \\ l &= \left( A + \frac{B}{\sqrt{\omega}} \right) \cdot 10^{-3} \text{ in } \frac{\text{H}}{\text{km}}; \\ c &= \begin{cases} D \cdot \omega^E & \text{umido/wet} \\ C \cdot \omega^F & \text{secco/dry} \end{cases} \text{ in } \frac{\text{F}}{\text{km}}; \end{aligned} \quad (10)$$

Con  $K=19.6$ ,  $A=1.32$ ,  $B=18,94$ ,  $D=1,1320 \cdot 10^{-2}$ ,  $C=7,2300 \cdot 10^{-5}$ ,  $E=-0,909$  e  $F=-0,5301$

Per la conduttanza in realtà (che sempre dal citato studio risulta essere costante al variare della frequenza) è pratica adottare valori diversi da quelli dello studio che tengono maggiormente conto delle moderne traverse in cemento armato e dell'esperienza di esercizio, si ha per un minimo di 0,05

*These final equations resemble those of a double pole, generally representable through an equivalent circuit in a "π" or "T" configuration, as shown in Fig. 4.*

*If the second option is chosen and the hyperbolic functions in A, B, C, and D are Taylor-expanded, truncating the expansion of B and C to the first term (a valid operation for lines shorter than 100 km at frequencies on the order of industrial frequencies) and limiting the expansion of A and D to the second term (to avoid the nullification of  $\bar{Z}_1$  and  $\bar{Z}_2$  due to the approximation of A and D equal to 1), the parameters of the double pole can be obtained from expressions (7).*

$$\begin{aligned} \bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \frac{\bar{A}-1}{\bar{C}} &= \frac{\cosh(\bar{K}L)-1}{\frac{\sinh(\bar{K}L)}{\bar{Z}_0}} \approx \frac{1+\frac{(\bar{K}L)^2}{2}-1}{\frac{\bar{K}L}{\bar{Z}_0}} = \frac{\bar{K}L}{2} \cdot \bar{Z}_0 = \frac{L}{2} \sqrt{\bar{z} \cdot \bar{y}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{z}}{\bar{y}}} = \frac{L}{2} \bar{z} = \frac{\bar{Z}}{2} \\ \bar{Y}_0 = \bar{C} &= \frac{\sinh(\bar{K}L)}{\bar{Z}_0} \approx \frac{\bar{K}L}{\bar{Z}_0} = L \cdot \frac{\sqrt{\bar{z} \cdot \bar{y}}}{\bar{Z}_0} = L \cdot \bar{y} = \bar{Y} \end{aligned} \quad (7)$$

*The term 1/2 of  $\bar{Z}_1$  and  $\bar{Z}_2$  takes into account the physical shape of the "T" circuit. If these are further divided by two  $\bar{Z}_1$  and  $\bar{Z}_2$ , it is possible to derive the equivalent circuit shown in Fig. 5, which accounts for the parameters for each rail.*

*Using expressions (8), the values of electrical quantities in the circuit are defined:*

$$\begin{aligned} R_p &= r \cdot L \\ L_p &= l \cdot L \\ G_p &= g \cdot L \\ C_p &= c \cdot L \end{aligned} \quad (8)$$

*Resorting to such an equivalent circuit is essentially the*

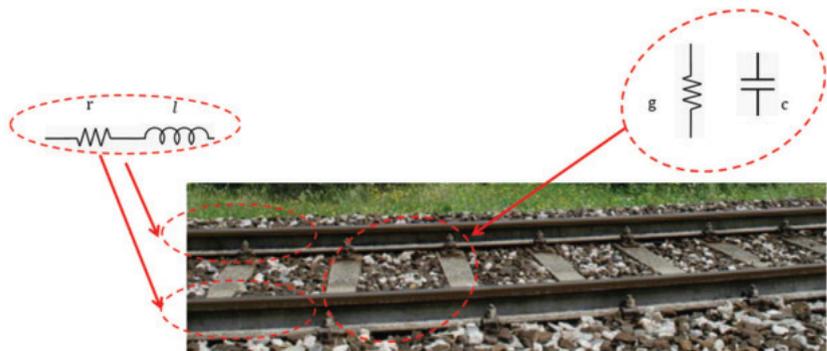


Figura 7 - Parametri elettrici del binario.  
Figure 7 - Electrical parameters of the track.

<sup>2</sup> Anche lo studio ORE al [1] definisce *r* e *l* come rappresentativi di ambo i conduttori, ovvero di ambo le rotaie, in serie.

S/km in condizioni di secco e un massimo di 0,5 S/km in condizioni di bagnato.

1.3. Implementazione in Simulink di MATLAB

Il modello del binario presentato al precedente paragrafo si adatta facilmente al linguaggio a blocchetti di numerosi SW di simulazione presenti sul mercato, nel presente lavoro sarà presentata l'implementazione in ambiente Simulink di MATLAB ma il metodo è applicabile in generale.

Tutte le simulazioni del presente articolo sono state svolte utilizzando libreria *Sim Power Systems* di Simulink per i blocchi di potenza dei segnali di binario (CdB, trasformatori ecc.), mentre per i blocchi logici di acquisizione dei segnali sono stati utilizzati i blocchi della libreria generale di MATLAB (filtri di acquisizione, REDI ecc.). Ciò ha consentito di separare galvanicamente la parte di trasmissione da quella dell'elaborazione dei segnali portando a separare elettricamente i blocchi a tempo discreto (elaborazione) da quelli a tempo continuo (trasmissione). Ciò come si vedrà al §6, consente in alcuni casi di applicare la sovrapposizione degli effetti per segnali non isofrequenziali applicati al binario.

Per l'implementazione si è optati per un modello a parametri concentrati composto da 20 celle elementari in cascata come rappresentato in Fig. 8.

La scelta del modello a parametri concentrati permette di ridurre il tempo di simulazione che è una cosa auspicabile soprattutto in analisi dove bisogna simulare più CdB (è da tener presente che il CdB è composto da molti altri componenti oltre al binario che aumentano di per sé il tempo di simulazione), la scelta di 20 celle è dovuta alla volontà di avere una risoluzione di almeno 100 m per il

reduction of a system with distributed parameters to one with concentrated parameters; this is possible if the system falls within the quasi-stationary model of electromagnetism, meaning that phenomena related to the propagation of electromagnetic waves can be neglected. This occurs when the system's extension is much smaller than the wavelength of the signal to be transmitted, allowing the space dependence to be neglected. This concept is mathematically summarized by the inequality (9):

$$\lambda = \frac{v}{f} \gg L \tag{9}$$

Where:

- $\lambda$ : wavelength;
- $f$ : frequency;
- $v$ : propagation velocity  $\cong$  (approximately equal to the speed of light in a vacuum).

A common practice is for  $\lambda$  to be at least 2 or 3 orders of magnitude larger than  $L$ . Sometimes, it might be necessary to model the transmission line as a sequence of multiple elementary cells of length  $P$ , as depicted in Fig. 6.

Actually, the operating signals of Class B Track Circuits at low frequency have relatively low frequencies (50 Hz, 83.3 Hz, and 178 Hz with wavelengths of 6000 km, 3600 km, and 1685 km, respectively). Given that the length of a Track Circuit is limited to 2 km, it is evident that, for modeling errors, a single cell would suffice. However, for analyses concerning Track Circuits (rail imbalances, shunt action, etc.), it is crucial to know the electrical quantities at multiple points. Therefore, the Track Circuit is modeled as a sequence of elementary cells of length  $P$  depending on the desired resolution.

At this point, it is important to know only the values of the electrical parameters of the track per unit length. From Fig. 7, it is easy to understand that is the resistance per

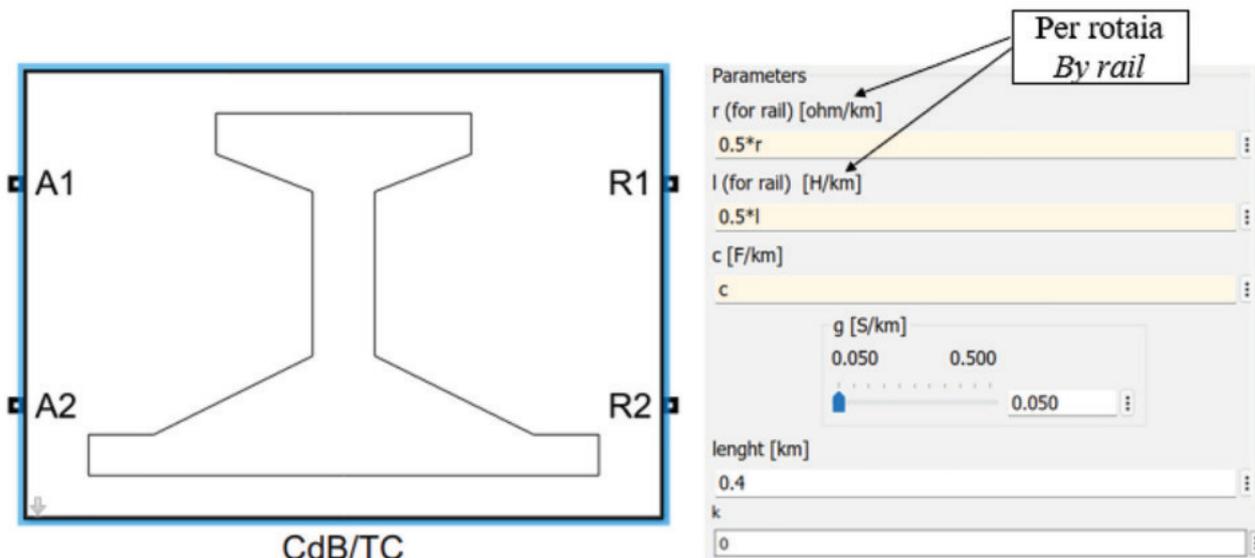


Figura 8 - Modello binario.  
Figure 8 - Track model.

CdB di lunghezza massimo di 2 km. Il numero di celle può essere ovviamente cambiato a patto di modificare correttamente il valore di "L" nelle espressioni dei parametri Rp, Lp, Gp e Cp.

In Fig. 9 è mostrata l'implementazione interna del blocco ove è mostrato il settaggio dei parametri per la singola cella. Per i parametri longitudinali della rotaia di sopra è applicato un parametro k (grado di squilibro) che può aumentare o diminuire l'impedenza complessiva rispetto l'altra rotaia.

E' possibile applicare lo shunt tra una cella e l'altra o all'interno di una cella in corrispondenza del coppia trasversale (la risoluzione dunque è di 50 m). Si fa notare che nonostante i terminali del blocco siano indicati con A1 – A2 e R1 – R2 che sta per "alimentazione" e "ricezione" in realtà il funzionamento del blocco è reversibile.

**2. Modellistica e simulazione dei CdB a singola fuga isolata**

I circuiti di binario a singola fuga sono chiamati in questo modo in quanto tra le due rotaie una sola fa parte del circuito di ritorno della trazione elettrica (che prende il nome di rotaia a terra), l'altra rotaia è detta rotaia isolata. Per brevità ci si riferirà a tale tipologia con il ter-

unit length offered by the rail to the passage of current, is the coefficient of self-inductance per unit length that takes into account the flux lines generated by this current and that concatenate in the loop formed by the two rails, and c are the conductance and capacitance per unit length, respectively, which consider the conductive and dielectric effects between the rails (ballast and sleepers).

In order to determine these parameters, reference [1] provides valuable insights, where logarithmic scale curves are presented that take into account the variation of r e l as a function of frequency, g e c as a function of frequency and humidity. As an alternative to visually reading the graphs<sup>2</sup>, it is possible to interpolate the points of the graphs (Gauss-Newton method), obtaining the following equations:

$$\begin{aligned}
 r &= (K \cdot \sqrt{\omega}) \cdot 10^{-3} \text{ in } \Omega/\text{km}; \\
 l &= \left( A + \frac{B}{\sqrt{\omega}} \right) \cdot 10^{-3} \text{ in } \frac{\text{H}}{\text{km}}; \\
 c &= \begin{cases} D \cdot \omega^E & \text{umido/wet} \\ C \cdot \omega^F & \text{secco/dry} \end{cases} \text{ in } \frac{\text{F}}{\text{km}};
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

With  $K=19.6$ ,  $A=1.32$ ,  $B=18,94$ ,  $D=1,1320 \cdot 10^{-2}$ ,  $C=7,2300 \cdot 10^{-5}$ ,  $E= -0,909$  e  $F= -0,5301$ . For conductance g

<sup>2</sup> The ORE study at [1] also defines r and l as representing both conductors, i.e., both rails, in series.

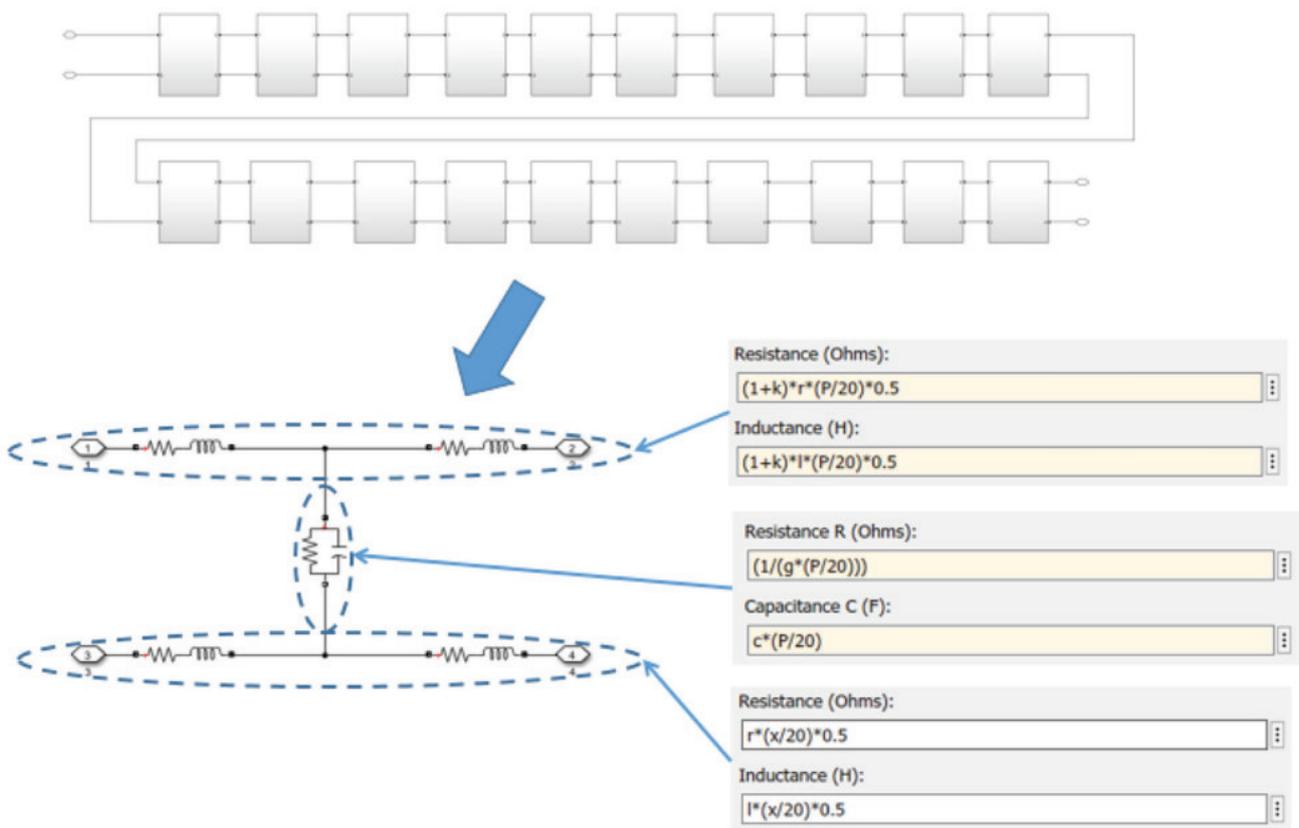


Figura 9 - Implementazione del modello elettrico del binario.  
 Figure 9 - Implementation of the electrical model of the track.

mine “singola fuga”. Tali CdB vengono adoperati nelle stazioni ad eccezione dei binari di corsa adibiti per la ripetizione segnali a bordo o in quelli più lunghi di 700 m. La schematizzazione della versione più moderna del CdB a singola fuga è riportata in Fig. 10. Nel seguito verrà mostrato come modellare completamente tale CdB.

**2.1. Modello del CdB a singola fuga**

Il modello complessivo del CdB è dato dalla connessione del modello del binario con quello dei seguenti componenti.

*2.1.1. Modello dei trasformatori*

I CdB a singola fuga utilizzano due tipi di trasformatori di alimentazione (TA) uno da 50 VA e l'altro da 100 VA, il secondo viene utilizzato ove sussistano correnti di trazione intense tale da poter provocare la saturazione del nucleo con conseguenti problemi di disponibilità. Il trasformatore di ricezione (TR) invece è di taglia pari a 4 VA.

Date le ridotte potenze in gioco i trasformatori sono da simulare tramite il circuito equivalente a “T” con l'attenzione per la quale se per i trasformatori è selezionata una presa intermedia i parametri del modello saranno solo una parte di quelli complessivi. Per la determinazione di questi nulla si aggiunge in più rispetto all'ampia letteratura tecnica disponibile riguardo alla determinazione tramite le prove a vuoto e in corto circuito (vedasi ad esempio [3]). I trasformatori sono corredati da una resistenza  $R_a$  per i TA e una  $R_r$  per i TR necessarie per la regolazione del CdB, per la limitazione della corrente di shunt e per la limitazione della corrente di trazione nei trasformatori. Quando vi possono essere correnti di trazione intense oltre al TA da 100 VA si utilizza a corredo del TR un dispositivo a ponte. La modellazione di questi componenti a corredo dei trasformatori non vede particolari complessità. I modelli dei trasformatori sono mostrati in Fig. 11. Per la taratura di questi e delle resistenze vedasi [4].

*2.1.2. Modello del circuito di trazione*

Tra i CdB a singola fuga vicini viene attuata una inversione tra rotaia a terra e isolata, in tal modo collegando gli stessi terminali dei trasformatori alle stesse rotaie si applica in automatico l'alimentazione in contro fase di questi, ciò permette (come vedremo) una protezione dal fenomeno di perforazione elettrica dei giunti isolanti. Al fine di mantenere la continuità elettrica per la conduzione della corrente di trazione viene disposto un collegamento a “Z” tra le rotaie a terra dei due CdB vicini (vedasi Fig. 10). I conduttori adoperati hanno resistenze per unità di lunghezza di pochi decimi di  $\Omega/\text{km}$ ; essendo le lunghezze del collegamento a Z dell'ordine dei metri si comprende la trascurabilità di questo. Talvolta però se si volesse con-

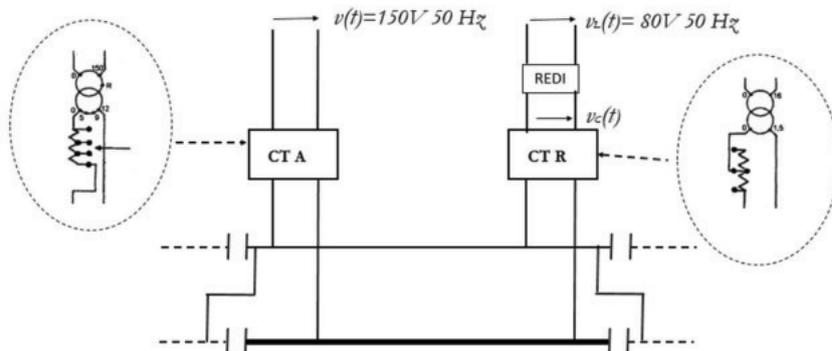


Figura 10 - CdB a singola fuga.  
Figure 10 - TC single rail.

(not assumed frequency-dependent by the mentioned study), a minimum of 0.05S/Km is considered in dry conditions, and a maximum of 0.5S/Km is considered in wet conditions, based on the mentioned study.

**1.3. Implementation in MATLAB Simulink**

The track model presented in the previous section easily adapts to the block-diagram language of various simulation software available on the market. In this work, the implementation is demonstrated using the Simulink environment of MATLAB, but the method is applicable in general.

All simulations in this article were conducted using the Sim Power Systems library in Simulink for the power signal blocks of the track circuits (TC, transformers, etc.). For the logical signal acquisition blocks, the general MATLAB library was employed (acquisition filters, REDI, etc.). This allowed for the galvanic separation of the transmission part from the signal processing part, effectively isolating discrete-time blocks (processing) from continuous-time blocks (transmission). As will be discussed in Section 6, this enables the application of superposition of effects for non-isofrequency signals applied to the track.

For the implementation, a lumped-parameter model consisting of 20 elementary cells in cascade was chosen, as depicted in Fig. 8. The choice of a lumped-parameter model helps reduce simulation time, which is desirable especially in analyses involving multiple Track Circuits (TC). It's important to note that a TC comprises many other components besides the track, and these components inherently increase simulation time. The selection of 20 cells aims to achieve a resolution of at least 100 m for a TC with a maximum length of 2 km. The number of cells can be adjusted, provided that the value of (P) in the expressions for the parameters ( $R_p$ ), ( $L_p$ ), ( $G_p$ ), and ( $C_p$ ) is modified accordingly.

In Fig. 9, the internal implementation of the block is shown, including the parameter settings for a single cell.

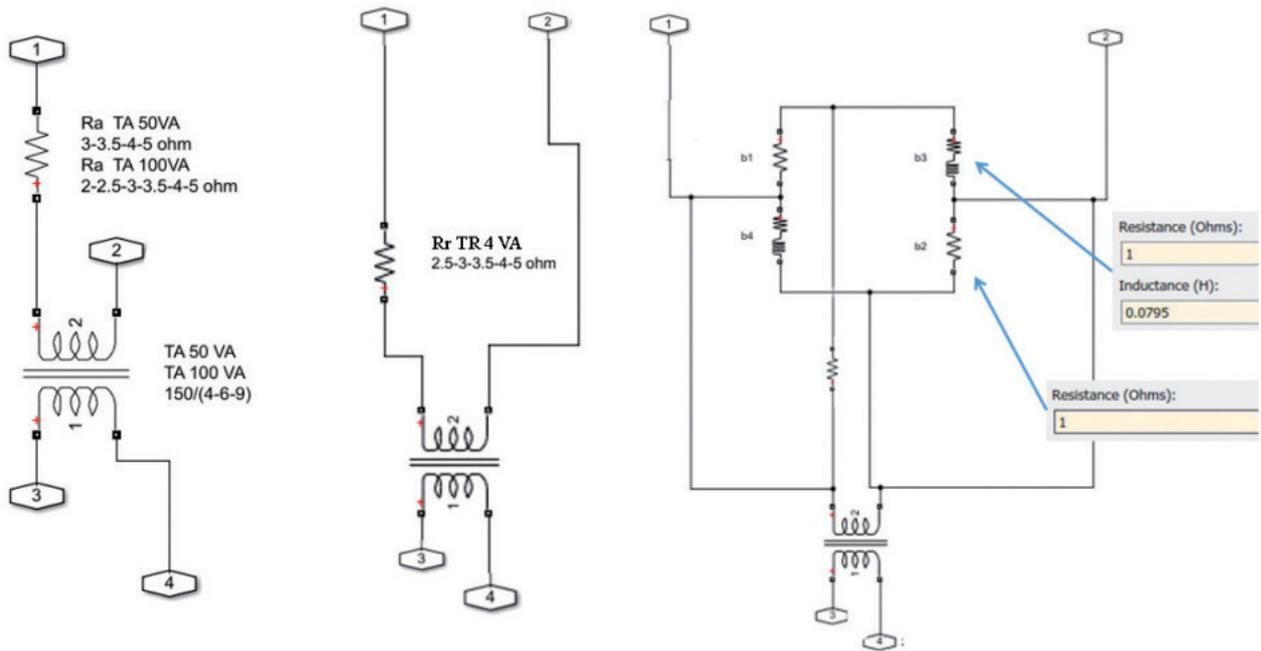


Figura 11 - Trasformatori di binario.  
Figure 11 - Track Transformers.

templarolo (es: valutazione delle CdT in grossi piazzali con molti CdB e forti correnti di trazione), indicando la lunghezza del cavo con W, si può calcolare la resistenza di questo utilizzando la (11).

$$(11) R = 0,18_{\Omega/km} \cdot W$$

Nel presente lavoro sarà omessa tale modellazione in quanto non di interesse per i casi studio presentati.

2.1.3. Modello dei cavi

In Bassa Tensione per le ridotte sezioni in gioco i cavi possono essere simulati semplicemente tramite una resistenza. Dagli schemi di principio vigenti ([5]) si ricava una resistenza massimo di doppino per il singolo cavo di alimentazione o ricezione del CdB di 45 Ω. I cavi normalmente adoperati sono riassunti in Tab. 1. Nel presente articolo si ometterà la presenza dei cavi al fine di simulare condizioni maggiormente conservative nei confronti della sicurezza (maggiore tensione ai binari).

2.1.4. Modello della sorgente

La sorgente di alimentazione per i circuiti di binario è di norma una tensione a 150 V – 50 Hz, essa può variare con una tolleranza di + 10% e -15% in modulo e del ± 2% in frequenza. Nel caso di linee affiancate a quelle con

For the longitudinal parameters of the upper rail, a parameter (k) (unbalanced degree) is applied, which can increase or decrease the overall impedance relative to the other rail.

It is possible to apply the shunt between one cell and another or within a cell at the location of the transverse loop (hence, the resolution is 50 m). Despite the block terminals being labeled as A1-A2 and R1-R2 (indicating “Power” and “Reception”), the operation of the block is reversible.

Tabella 1 – Table 1

Cavi CdB singola fuga Cable of TC single rail			
Sezione (mm <sup>2</sup> )→ Section (mm <sup>2</sup> )→	1	2,5	4
Resistenza massima doppino (Ω/km)→ Maximum pair resistance (Ω/km)→	36	14,40	9,00
Massima lunghezza (km)→ Maximum lenght (km)→	1,25	3,12	5,00
Rapporto di trasformazione TA Transformation ratio TA	Resistenza Ra(Ω) Resistance Ra (Ω)	Rapporto di trasformazione TR Transformation ratio TR	Resistenza Rr(Ω) Resistance Rr (Ω)
150/6	3	1,5/16	2,5

trazione in alternata 2 · 25 KV l'alimentazione è a 170 V – 83,3 Hz con modulazione di tipo PSK.

2.1.5. Modello del ricevitore

Ad oggi il ricevitore moderno dei CdB a singola fuga è il dispositivo Relè a Disco Elettronico chiamato anche REDI (vedi Fig. 12), esso è un componente elettronico con funzioni di sicurezza con grado SIL4 che sostituisce i tradizionali relè a disco a due elementi. Esso presenta due ingressi: C+ e C- sono i terminali di “campagna” attraverso i quali si riceve il segnale dal binario, L+ e L- sono invece i terminali di “locale” attraverso i quali si acquisisce una tensione di 80 V – 50 Hz o 120 V – 83,3 Hz a seconda dei casi. Il segnale di locale rappresenta un riferimento di fase al fine di effettuare un controllo di sicurezza sul segnale proveniente dal binario come protezione ulteriore (oltre al collegamento a Z) dal fenomeno di perforazione dielettrica dei giunti isolanti (i CdB vicini vengono alimentati in controfase tra di loro).

In Fig. 13 è mostrata l'implementazione del REDI a 50 Hz, acquisite le due tensioni “Vc” e “Vl” vengono filtrate le sole componenti a 50 Hz e costruiti i fasori. Il ramo in basso al blocco “AND” finale si occupa di controllare che la differenza di fase dei due segnali rientri nel campo ± 50°, mentre il ramo di sopra si occupa di controllare il livello della tensione del binario rispetto alle soglie di libero (Vd/K) e occupato (Vd). L'impedenza di ingresso dei terminali di campagna può assumere un valore compreso tra 750 Ω e 1200 Ω, in figura si è supposto un'impedenza puramente ohmica. Infine il parametro “q” simula l'azione di rifasamento del REDI.

In Fig. 14 è rappresentato il REDI a 83,3 Hz dove oltre alle differenze di ampiezza e frequenza dei segnali in gioco si aggiunge un terzo controllo effettuato dal dispositivo riguardo alla presenza di una corretta modulazione PSK.

Il REDI infine a seconda dello stato del CdB stabilisce o meno dei contatti alti e bassi di uscita, la modellazione di questo fenomeno vede una trattazione di modellazione elettromeccanica legata alle inerzie delle masse in movimento che esula dallo scopo del presente articolo.

2.1.6. Modello dei giunti isolanti

I giunti isolanti potrebbero essere simulati tramite circuiti aperti in condizioni ideali, tale ipotesi è molto

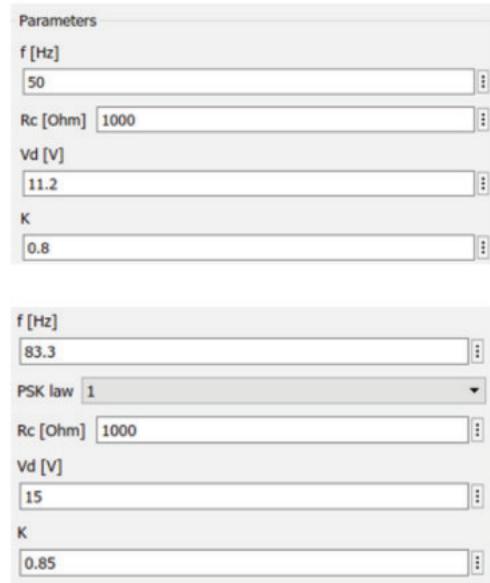
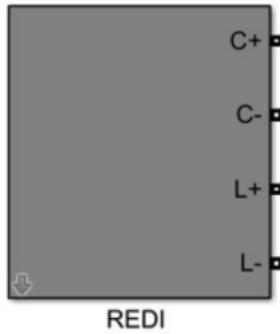


Figura 12 - Settaggio REDI.  
Figure 12 - Setting of REDI.

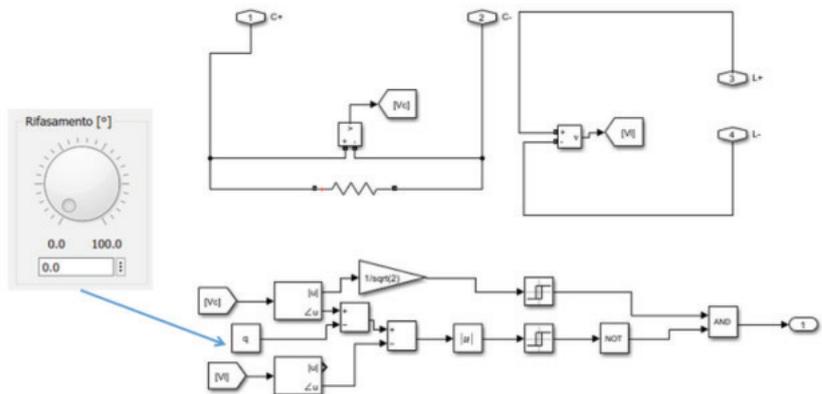


Figura 13 - REDI 50 Hz-.  
Figure 13 - REDI 50 Hz-.

2. Electrical Modeling and Simulation of the Track

Single-rail track circuits are so named because only one rail is part of the return circuit for electric traction (referred to as the “grounded rail”), while the other rail is isolated. To be concise we will refer to this type as “single rail”. These track circuits are used in stations, except for the running tracks used for onboard signal repetition or those longer than 700m. The schematic of the modern version of the single-rail track circuit is shown in Fig. 10. The following will demonstrate how to model this track circuit completely.

2.1. Model of the Single-rail Track Circuit

The overall model of the track circuit is given by connect-

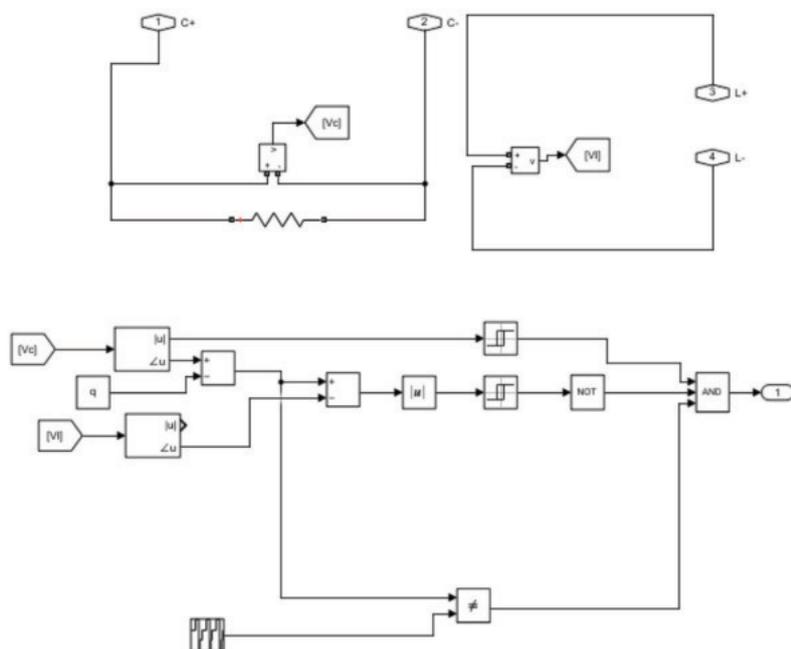


Figura 14 - REDI 83,3 Hz PSK.  
Figure 14 - REDI 83,3 Hz PSK.

vicina alla realtà per climi asciutti, in tale ipotesi infatti la resistenza di isolamento del giunto può raggiungere anche l'ordine del MΩ. In condizioni di clima umido, o di deposito di scorie di frenatura, si manifesta una grossa variabilità di questa grandezza che la porta a raggiungere valori sino alle decine di Ω, i quali sono tuttavia sufficienti a permettere il regolare funzionamento dei CdB. Un valore minimo di resistenza di isolamento al limite dell'integrità può essere assunto pari a 10 Ω, al di sotto dei quali di fatto il giunto si avvia verso la perforazione. Basta pensare che il valore limite posto per i dispositivi di protezione per i CdB in linea del BAcc è di 2,4 Ω. Ovviamente modellare un giunto ha senso qualora si vogliano simulare più CdB limitrofi.

## 2.2. Simulazione del CdB a singola fuga isolata

Interconnettendo tutti i modelli sin ora presentati si ottiene il sistema in Fig. 15. Si noti la corrispondenza di fase tra il generatore e i morsetti di campagna del REDI. Il CdB è supposto di 400 m e supponendo che all'istante 0,040 s sia applicato uno *shunt* di 0,8 Ω all'estremo di ricezione nelle condizioni più ostative nei riguardi della sicurezza (tensione di alimentazione con tolleranza massima e ballast asciutto) si ottengono gli andamenti in Fig. 16 per la tensione e la corrente di binario all'estremità di ricezione (Scope 4). In Fig. 17 invece sono riportati i valori di output del REDI (da cui si nota la diseccitazione del dispositivo) e i segnali di comparazione di ampiezza e fase (da cui si nota che il REDI è diseccitato per via della riduzione dell'ampiezza della tensione provocata dallo *shunt*). I valo-

ing the track model with the following components.

### 2.1.1. Model of Transformers

Single-rail track circuits use two types of power transformers (TA), one with a rating of 50 VA and the other with 100 VA. The latter is used where intense traction currents may cause core saturation, leading to availability issues. The reception transformer (TR) has a rating of 4 VA. Given the limited powers involved, the transformers are simulated using the "T" equivalent circuit, with the consideration that selecting an intermediate tap for the transformers will result in only a part of the model parameters. The determination of these parameters involves standard procedures, such as vacuum and short-circuit tests [3]. The transformers are accompanied by a resistance ( $R_a$ ) for TA and an ( $R_r$ ) for TR, necessary for the regulation of the track circuit, limiting the shunt current and limiting the traction current in the transformers. When there can be intense traction currents, in addition to the 100 VA TA, a bridge device is used in conjunction with TR. Modeling these components accompanying the transformers does not present particular complexities. The transformer models are shown in Fig. 11. For the calibration of these and the resistances, refer to [4].

### 2.1.2. Model of the Traction Circuit

Between adjacent single-rail track circuits, there is a reversal between the grounded and isolated rails. This connects the same terminals of the transformers to the same rails, automatically providing counter-phase power supply to them. This allows, as will be seen, protection against the phenomenon of electrical punching of the insulating joints. To maintain electrical continuity for traction current conduction, a "Z" connection is placed between the grounded rails of the two adjacent track circuits (see Fig. 10). The conductors used have resistances per unit length of a few tenths of ohms per km, and given the lengths of the Z connection on the order of meters, the neglectability of this resistance is understood. However, if desired (e.g., for evaluating currents in large yards with many track circuits and strong traction currents), indicating the length of the cable with ( $W$ ), the resistance can be calculated using Equation (11):

$$(11) R = 0,18_{\Omega/\text{km}} \cdot W \tag{11}$$

In this work, this modeling will be omitted as it is not relevant for the presented case studies.

### 2.1.3. Model of Cables

In Low Voltage, for the small cross-sections involved, cables can be simulated simply using a resistance. From ex-

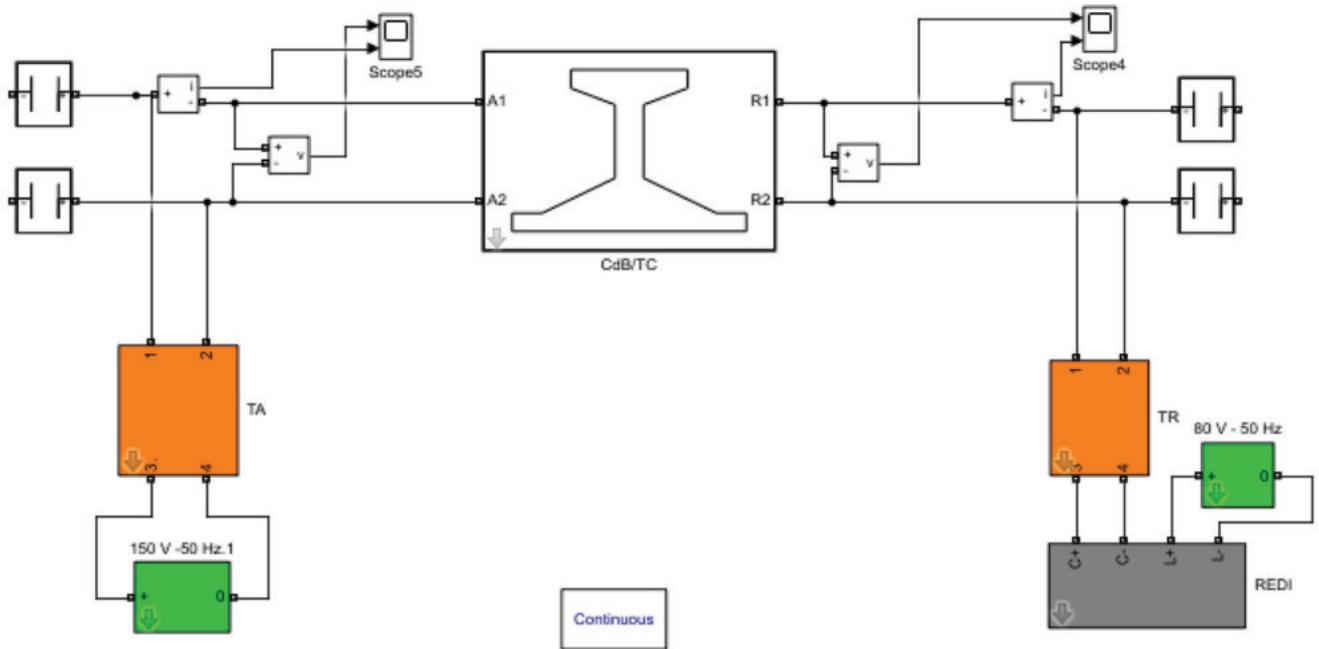


Figura 15 - Modello CdB singola fuga.  
 Figure 15 - Model of TC single rail.

ri di taratura sono quelli in Tab. 2 determinati seguendo la procedura di taratura riportata al [4] tramite l'esecuzione di simulazioni preliminari.

isting schematics [5], a maximum resistance of  $45 \Omega$  for a pair for the individual power or reception cable of the track circuit is derived. The cables typically used are summarized in Tab. 1. In this article, the presence of cables will be omitted to simulate conditions that are more conservative regarding safety (higher voltage at the tracks).

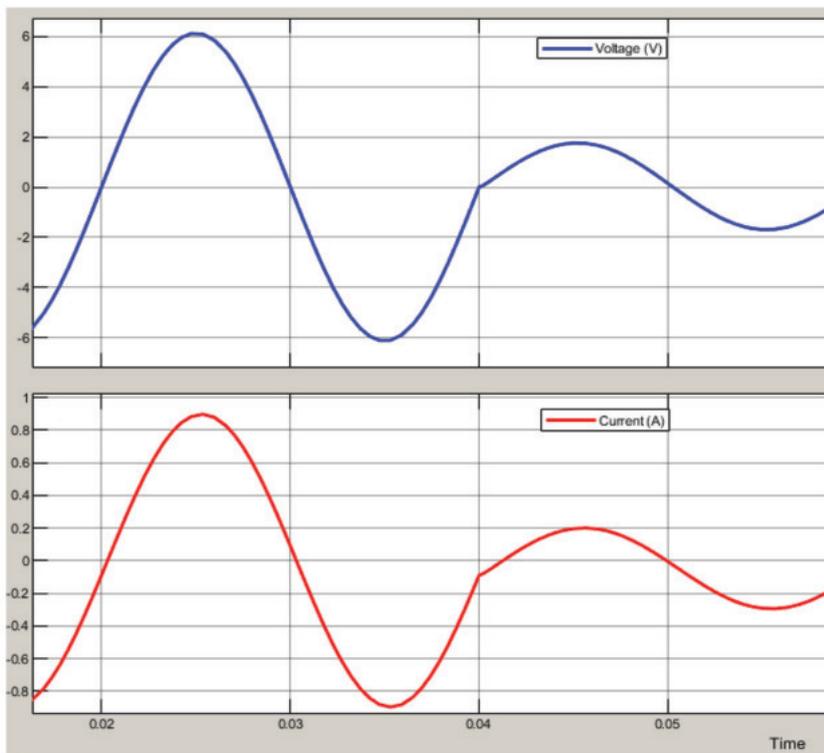


Figura 16 - Tensione e corrente di binario.  
 Figure 16 - Voltage e current of track.

#### 2.1.4. Model of the Source

The power supply for track circuits is usually a voltage of  $150 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$ , with a variation tolerance of  $+10\%$  and  $-15\%$  in magnitude and  $\pm 2\%$  in frequency. In the case of tracks adjacent to those with AC traction at  $2.25 \text{ kV}$ , the supply is at  $170 \text{ V} - 83.3 \text{ Hz}$  with PSK-type modulation.

#### 2.1.5. Receiver Model

As of today, the modern receiver for single-rail track circuits is the Electronic Disk Relay also called REDI device (see Fig. 12). It is an electronic component with safety functions at SIL4 level, replacing traditional two-element disc relays. It has two inputs: C+ and C- are "field" terminals through which the signal is received from the track, while L+ and L- are "local" terminals through which a voltage of  $80 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$  or  $120 \text{ V} - 83.3 \text{ Hz}$ , depending on the case, is acquired. The local signal serves as a phase reference to perform a safety check

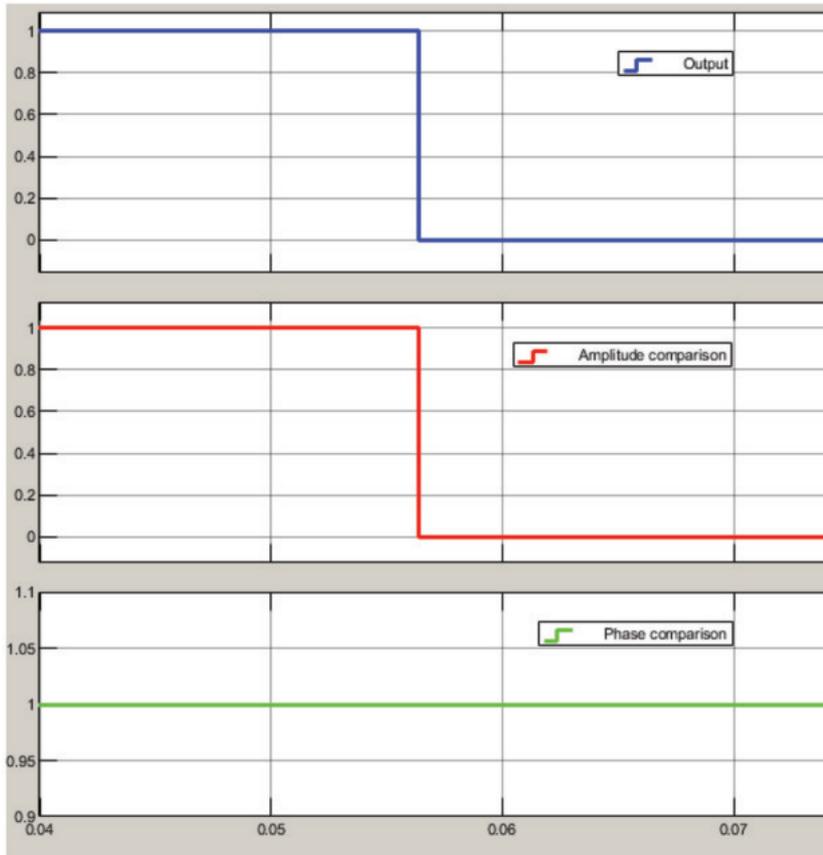


Figura 17 - Logica REDI.  
Figure 17 - REDI logic.

In Fig. 18 è rappresentato il caso studio di infiltrazione di segnale in controfase di altro CdB attiguo.

Nel caso analizzato è provocato da:

- interruzione della connessione a Z;
- perforazione dielettrica di ambo i giunti elettrici delle due rotaie;
- interruzione del cavo di alimentazione propria.

Dalla Fig. 19 si nota che in tali condizioni il REDI si disaccetta per diversità di fase tra la tensione di “campagna” e quella di “locale”; il REDI in concomitanza con la pratica di alimentazione in controfase dei CdB attigui pertanto protegge da tali scenari (in caso di non interruzione dell'alimentazione i due segnali sfasati avrebbero dato vita ad

Taratura CdB singola fuga  
Calibration of TC single rail

Rapporto di trasformazione TA Transformation ratio TA	Resistenza Ra(Ω) Resistance Ra (Ω)	Rapporto di trasformazione TR Transformation ratio TR	Resistenza Rr(Ω) Resistance Rr (Ω)
150/6	3	1,5/16	2,5

on the signal coming from the track, providing additional protection (in addition to the Z connection) against the phenomenon of dielectric punching of insulating joints (adjacent track circuits are supplied in counterphase).

In Fig. 13, the implementation of the 50 Hz REDI is shown. Once the two voltages “Vc” and “Vl” are acquired, only the 50 Hz components are filtered, and phasors are constructed. The bottom branch of the final “AND” block ensures that the phase difference of the two signals falls within the ±50° range. Meanwhile, the upper branch checks the level of the track voltage against the free (Vd/K) and occupied (Vd) thresholds. The input impedance of the field terminals can have a value between 750 Ω and 1200 Ω. In the figure, a purely ohmic impedance is assumed. Finally, the parameter “q” simulates the phase correction action of the REDI.

In Fig. 14, the 83.3 Hz REDI is represented, which, in addition to differences in amplitude and frequency of the signals, includes a third check regarding the correct PSK modulation.

The REDI, based on the state of the track circuit, establishes or not the high and low output contacts. The modeling of this phenomenon involves an electromechanical modeling related to the inertia of moving masses, which goes beyond the scope of this article.

2.1.6. Insulated Joint Model

Insulated joints could be simulated using open circuits under ideal conditions. This assumption is very close to reality in dry climates, where the insulation resistance of the joint can reach the order of MΩ. In humid conditions or when there is brake dust deposition, there is considerable variability in this value, leading it to reach values up to tens of ohms. However, even with such resistance values, the isolating joints can still function correctly. A minimum value of insulation resistance, at the limit of integrity, can be assumed to be 10 Ω, below which the joint tends toward perforation.

Tabella 2 – Table 2

It is noteworthy that the limit value set for protection devices for in-line track circuits by the BAacc is 2,4 Ω. Modeling an isolating joint makes sense when simulating multiple adjacent track circuits.

2.2. Simulation of isolated Single-rail Track Circuit

Interconnecting all the models presented so far results in the system shown

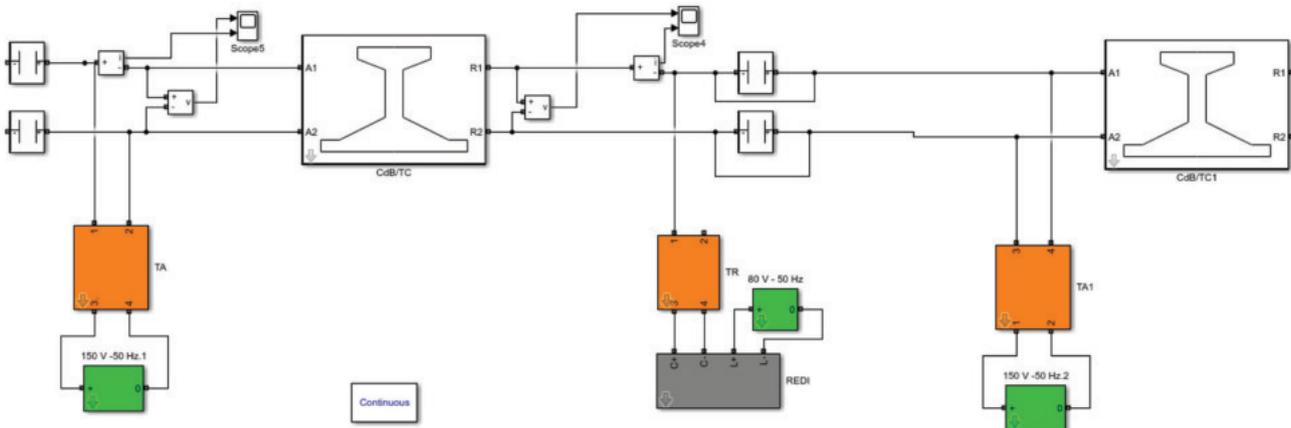


Figura 18 - Intrusione segnale.  
Figure 18 - Signal Intrusion.

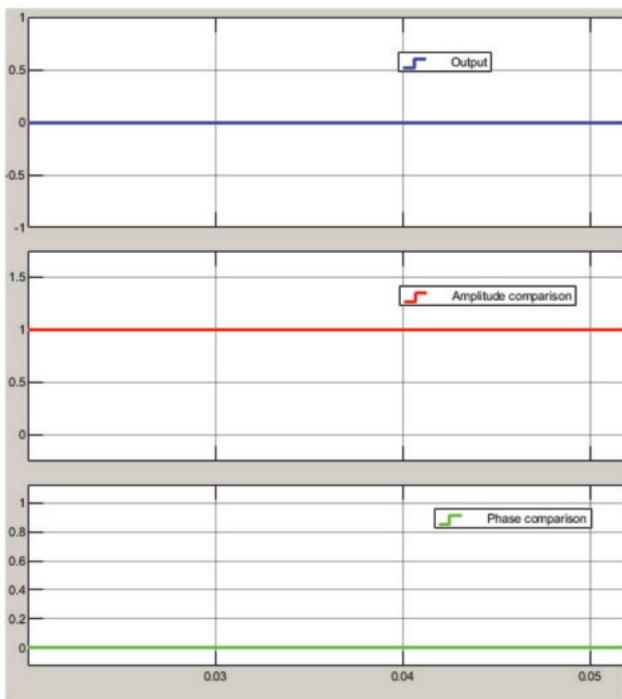


Figura 19 - Logica REDI in caso di intrusione segnale.  
Figure 19 - REDI logic in case of signal intrusion.

una risultante oltre che sfasata anche ridotta in ampiezza, pertanto sarebbero intervenuti entrambe le comparazioni eseguite dal REDI).

Per brevità si lascia al lettore la simulazione del CdB a singola fuga a 83,3 Hz in quanto non aggiunge particolari aspetti alla presente trattazione.

### 3. Modellistica e simulazione dei CdB a doppia fuga isolata

I Circuiti di Binario a doppia fuga isolata sono carat-

in Fig. 15. Note the phase correspondence between the generator and the field terminals of the REDI. The track circuit is assumed to be 400 m, and assuming that at instant 0.040 s, a shunt of 0.8 Ω is applied at the reception end under the most challenging safety conditions (maximum tolerance power supply voltage and dry ballast), the trends in Fig. 16 for the track voltage and current at the reception end are obtained (Scope 4). Fig. 16 also shows the output values of the REDI (indicating the de-excitation of the device) and the amplitude and phase comparison signals (indicating that the REDI is de-excited due to the reduction in the amplitude of the voltage caused by the shunt). The calibration values are those in Tab. 1, determined following the calibration procedure in [4] through the execution of preliminary simulations.

Fig. 18 represents a case study of signal infiltration in counterphase from another adjacent track circuit. In the analyzed case it is caused by:

- interruption of the Z connection;
- dielectric punching of both electrical joints of the two rails;
- interruption of the own power cable.

Fig. 19 shows that in such conditions, the REDI de-excites due to the phase difference between the “field” and “local” voltages; the REDI, in conjunction with the counter-phase power supply practice of adjacent track circuits, protects against such scenarios (in case of no power interruption, the two out-of-phase signals would have created a resulting signal that is not only phase-shifted but also reduced in amplitude, triggering both comparisons made by the REDI). For brevity, the simulation of the single-rail track circuit at 83.3 Hz is left to the reader, as it does not add particular aspects to the present discussion.

### 3. Modeling and Simulation of Dual-rail Track Circuits

Dual-rail track circuits are characterized by the fact that both rails contribute to the conduction of traction current. For purposes of shortness, again, the adjective “isolated” will

terizzati dal fatto che entrambe le rotaie concorrono alla conduzione della corrente di trazione. Per brevità, anche in questo caso, si ometterà l'aggettivo "isolata". Principalmente tali CdB si trovano in linea ove è presente il BAcc (Blocco Automatico a correnti codificate). In Fig. 20 ne è mostrato un esempio:

Le Casse Induttive (CI) permettono il redistribuirsi della corrente su entrambe le rotaie in modo che si compensino le cadute di tensione della corrente di trazione nel caso fosse attraversata una sola rotaia; ciò permette di evitare la saturazione dei trasformatori TRA e TRR.

Il segnale iniettato nel binario è una sinusoide con portante a 50 Hz che viene modulata interrompendola un certo numero di volte al minuto, dando vita ai codici 75, 120, 180 e 270 (interrotti rispettivamente 75, 120, 180 e 270 volte al minuto). Ogni codice contiene un diverso contenuto informativo dipendente dalle condizioni di impianto, questo viene captato a bordo tramite opportuni captatori del rotabile che consentono al personale di condotta di regolare di conseguenza la propria marcia.

La logica di impianto (*Logic*) dunque seleziona il codice che viene applicato al binario dal *Code Power Repeater* CPR (attuazione del codice), esso, alla ricezione del CdB, viene prelevato da un filtro a banda stretta RTU e viene inviato ad un relè inseguitore di codice *Tracking Relay* (TR) che commuta seguendo il ritmo del codice (in alcuni sistemi BAcc può venire a mancare il TR dove il codice può essere inviato direttamente ad un secondo dispositivo). Il Decodificatore (Dec.) analizza la presenza del codice eccitando il relè HR (*High efficiency biased plug-in Relay*) e insieme ai filtri di *Decoding Unit* (DU) riconosce il tipo di codice eccitando l'omonimo *Decoding Relay* DR.

Il blocco CGI (Controllo Giunto Isolante) permette il rilevamento della perdita d'isolamento dei giunti isolanti tramite l'iniezione di un segnale in alta frequenza nella maglia formate dalle due CI da un lato e l'altro del giunto. Il dispositivo "Rivelatore di Squilibrio" RdS insieme all'Invertitore "I" permette di rilevare pericolosi squilibri delle rotaie, ove in caso di particolari battimenti si potrebbero generare "codici indebiti"; a riguardo si veda il [7].

I CdB a doppia fuga a livello generale seguono più o meno lo schema di Fig. 20, i componenti però cambiano di dettaglio a seconda del fornitore del sistema BAcc; pertanto per i parametri dei singoli componenti bisogna riferirsi ai relativi *datasheet*.

Alcuni CdB a doppia fuga hanno una seconda portante, anch'essa codificata, a 178 Hz che aggiunge ulteriori 5 codici al fine di aumentare le informazioni inviate a bordo ed elevare la velocità della linea. In tal caso (con riferimen-

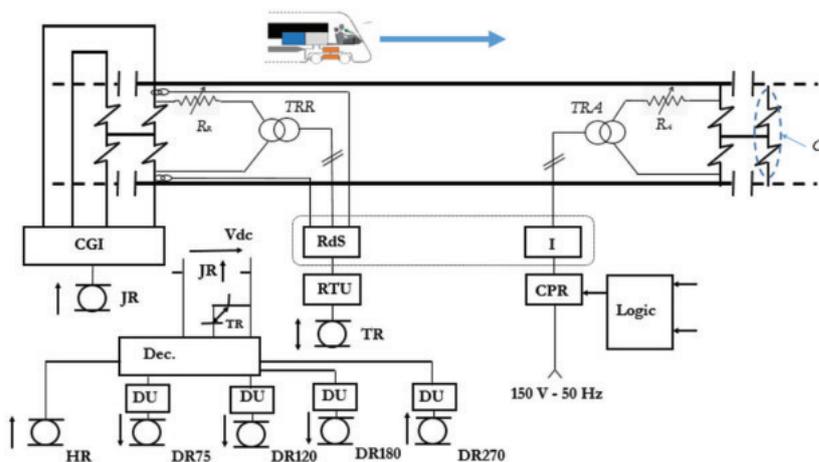


Figura 20 - CdB doppia fuga.  
Figure - 20 TC double rail.

be omitted. This circuits are mainly found on lines where the BAcc (Automatic Block with Coded Currents) is present. Fig. 20 shows an example:

*Inductive Shunts (IS)* allow the current to redistribute to both rails to compensate for voltage drops in traction current if a single rail is traversed. This avoids saturation of the TRA and TRR transformers.

The injected signal into the track is a sine wave at 50 Hz, modulated by interrupting it a certain number of times per minute, creating codes 75, 120, 180, and 270 (interrupted 75, 120, 180, and 270 times per minute, respectively). Each code contains different information depending on the plant conditions, which is captured onboard by appropriate rolling stock sensors, allowing the conductors to adjust their driving accordingly.

The plant logic (*Logic*) selects the code applied to the track by the *Code Power Repeater* CPR (code execution). Upon receiving the track circuit, the code is taken by an RTU filter and sent to a code *Tracking Relay* (TR) that switches following the code rhythm (in some BAcc systems, TR may be absent, and the code can be sent directly to a second device). The Decoder (Dec.) along with the *Decoding Unit* filters (DU) identifies the code type by exciting the corresponding *Decoding Relay* DR.

The GCI (*Insulating Joint Control*) block allows the detection of insulating joint perforation by injecting a high-frequency signal into the loop formed by the two CI on either side of the joint. The "Unbalance Detector" RdS, along with the Inverter "I," detects dangerous rail imbalances, where in the case of particular beats, it could generate "undue codes"; for more details, refer to [7].

In general, dual-rail track circuits follow the scheme shown in Fig. 20, but the components vary in detail depending on the BAcc system supplier; therefore, for the parameters of individual components, refer to the respective *datasheets*.

Some dual-rail track circuits have a second carrier, also coded at 178 Hz, adding another 5 codes to increase the information sent onboard and speed up the line. In this case (with

to alla Fig. 21) si aggiunge un generatore della seconda portante (G178) oltre al dispositivo miscelatore (Misc.) che si occupa di applicare entrambe le portanti al binario senza che ciascun segnale si riversi sull'altra sorgente. Sullo stadio di ricezione vi è un Decodificatore Statico DS178 e un *Decoding Relay* DR178 che svolgono la funzione di riconoscimento della seconda portante. Di questi per brevità non si tratterà in quanto la simulazione di segnali non isofrequenziali attraverso il binario è un problema che necessita di un approfondimento particolare (vedasi §6).

Esistono ulteriori tipi di CdB a doppia fuga, come quelli utilizzati nel Blocco Automatico a correnti fisse (BAcf) ove non vi è la codificazione del segnale, o come quelli del BAcc di stazione per itinerari di corsa dove l'alimentazione è normalmente non codificata e diviene codificata o alla formazione dell'itinerario (impianti con codifica preventiva) o con l'occupazione del CdB da parte del primo asse (impianti con codifica di primo asse); ci sono poi i CdB di stazione di lunghezza maggiore di 700 m che sono dotati di CI per motivi di disponibilità nei confronti della corrente di trazione e infine i CdB a doppia fuga per l'implementazione della funzione Infill in contesto di sistema automatico per la protezione del treno (SCMT, Sistema Controllo Marcia Treno). Per brevità nel proseguo si tratteranno solo i CdB a doppia fuga del BAcc in linea.

**3.1. Modello del CdB a doppia fuga.**

Il modello complessivo del CdB è dato dalla connessione del modello del binario con quello dei seguenti componenti.

**3.1.1. Modello dei trasformatori**

Per i trasformatori si seguono le stesse considerazioni di cui al §2.1.1 con l'attenzione di adoperare valori dei parametri diversi a seconda dei vari fornitori di BAcc. Per la taratura di questi e delle resistenze vedasi [6].

**3.1.2. Modello del circuito di trazione**

I componenti principali del circuito di ritorno della trazione elettrica per i CdB a doppia fuga sono le CI, esse sono realizzate tramite due semi-avvolgimenti avvolti su un nucleo ferromagnetico, tra i due semi-avvolgimenti vi è un terminale centrale che la corrente di trazione utilizza per passare da una CI all'altra.

Se le rotaie sono sufficientemente equilibrate le due aliquote della corrente danno vita a flussi che tendono ad elidersi. In caso di squilibri il flusso dunque crescerà tendendo alla saturazione del nucleo, con conseguente indisponibilità. In Fig. 22 è riportato l'andamento dell'impedenza a 50 Hz della CI (serie dei due semi-avvolgimenti) in funzione di una corrente di squilibrio (differenza delle correnti in DC tra le due rotaie con ondulazione a 50 Hz sovrapposta, per i dettagli vedasi [7]). Nonostante ciò quando si vuole omettere dalla simulazione il fenomeno di indisponibilità legato alla saturazione del nucleo, si possono simulare le CI semplicemente tramite la serie di due induttanze di valori

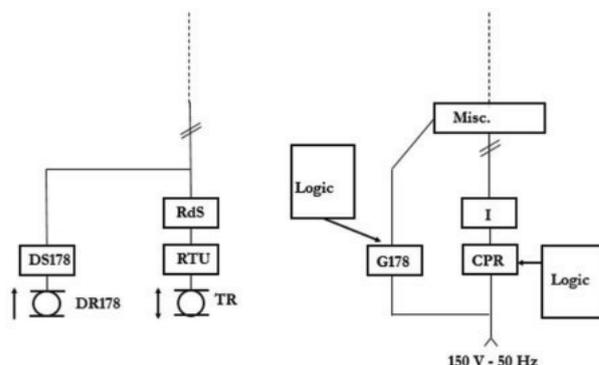


Figura 21 - Componenti 178 Hz.  
Figure 21 - Components 178 Hz.

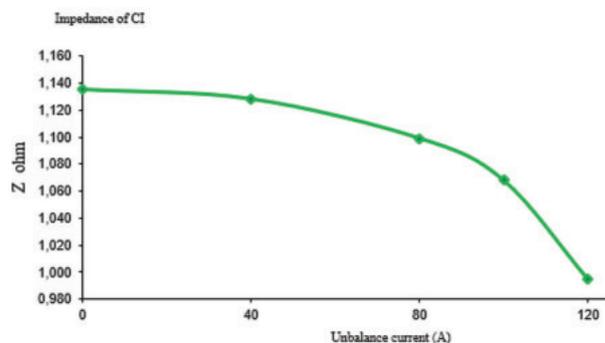


Figura 22 - Impedenza CI.  
Figure 22 - Impedance of CI.

reference to Fig. 21), a second carrier generator (G178) and a mixer device (Misc.) are added, applying both carriers to the track without each signal overflowing onto the other source. On the receiving stage, there is a Static Decoder DS178 filter and a Decoding relay DR178 relay, which perform the function of recognizing the second carrier. For brevity, the simulation of non-isofrequency signals through the track is a problem that requires special consideration (see §6).

There are additional types of dual-rail track circuits, such as those used in the Fixed Current Automatic Block (BAcf) where there is no signal coding. Or those in the station BAcc for run routes where the power supply is normally not coded and is switched to coded or route-formed (systems with preventive coding) or with the occupation of the track circuit by the first axle (systems with first axle coding). Dual-side track circuits for stations longer than 700 m, equipped with CI for traction current availability reasons, and dual-side track circuits for implementing the Infill function in the Automatic Train Protection Systems (SCMT) context. For brevity, only the dual-side track circuits of the BAcc in-line will be discussed further.

**3.1. Model of the Dual-Side Track Circuit**

The overall model of the Dual-Side Track Circuit (TC) is derived from the connection of the rail model with the models of the following components:

pari alla (12). Tale espressione riconsegna il valore a 50 Hz; per ricavare il valore a 83,3 Hz o 178 Hz basta sostituire rispettivamente 1,83 Ω o 3,9 Ω a 1,1 Ω nella (12).

$$L_{CI} = \frac{0,5 \cdot 1,1}{2\pi \cdot 50} \quad (12)$$

Per i collegamenti tra binario e CI, e tra CI e CI vale quanto visto al §2.1.2.

### 3.1.3. Modello dei cavi

La differenza rispetto al §2.1.3 è che date le maggiori distanze da coprire rispetto alla garitta di BA e dato che la resistenza massima di doppino in questo caso è di 27 Ω, per i cavi vale quanto in Tab. 3.

### 3.1.4. Modello della sorgente

L'unica differenza rispetto al §2.1.4 è che per i CdB di linea del BAcc l'alimentazione è codificata, mentre per quelli di stazione di corretto tracciato essa è normalmente non codificata e si passa alla codificata o alla formazione dell'itinerario (impianti con codifica preventiva) o con l'occupazione del CdB da parte del primo asse (impianti con codifica di primo asse). Il modello della sorgente codificata può essere implementato semplicemente tramite dei treni di impulsi che modulano una sorgente sinusoidale. In Fig. 23 è riportato il blocco che simula l'insieme di CPR e Invertitore; al suo interno vi è la moltiplicazione di una sinusoide a 50 Hz con un treno di impulsi T1 che applica le interruzioni del codice; la successiva moltiplicazione con il treno T2 inverte invece ad ogni periodo la tensione simulando l'azione dell'invertitore "I" (l'invertitore viene a mancare nei CdB del BAcc di stazione). Il segnale è stato simulato supponendo una produzione di tipo statica, volendo però il segnale di uscita dal secondo prodotto può essere usato per comandare un interruttore che stabilisce ed interrompe elettricamente la tensione di partenza.

Si fa notare che i codici del BAcc a livello matematico sono descritti dal prodotto di una funzione sinusoidale con una funzione porta, la funzione sinusoidale è detta "portante" mentre la funzione porta è detta "modulante". L'equazione (13) descrive una generica funzione porta di

Cavi CdB doppia fuga  
Cable of TC double rail

Sezione (mm <sup>2</sup> )→ Section (mm <sup>2</sup> )→	1	2,5	4	6	10
Resistenza massima doppino (Ω/km)→ Maximum pair resistance (Ω/km)→	36	14,40	9,00	6	3,6
Massima lunghezza (km)→ Maximum lenght (km)→	0,750	1,87	3,00	4,5	7,5

### 3.1.1. Transformer Model

For transformers, the considerations are the same as in §2.1.1. However, different parameter values should be used depending on various BAcc suppliers. For the calibration of these and the resistors, refer to [6].

### 3.1.2. Traction Circuit Model

The main components of the electric traction return circuit for dual-side track circuits are the Inductive Shunts (CI). They consist of two semi-windings wound on a ferromagnetic core, with a central terminal between the two semi-windings that the traction current uses to pass from one CI to the other. If the rails are sufficiently balanced, the two current halves give rise to flows that tend to cancel each other. In case of imbalances, the flux will grow, tending towards saturation of the core, resulting in unavailability. Fig. 22 shows the impedance behavior at 50 Hz of the CI (series of the two semi-windings) as a function of an imbalance current. Despite this, when omitting the unavailability related to core saturation from the simulation, the CI can be simulated simply by using the series of two inductances with values equal to (12).

$$L_{CI} = \frac{0,5 \cdot 1,1}{2\pi \cdot 50} \quad (12)$$

The connections between rail and CI, and between CI and CI, follow the principles discussed in §2.1.2.

### 3.1.3. Cable Model

Differences from §2.1.2 include the greater distances to cover compared to the BA guardhouse, and the maximum resistance of the twin cable in this case is 27 Ω. For cables, refer to Tab. 3.

### 3.1.4. Source Model

The only difference from §2.1.3 is that for BAcc line-side TCs, the power supply is coded, while for station TCs, it is normally uncoded and switched to coded or itinerary-formed (systems with preventive coding) or with the occupation of the TC by the first axle (systems with first axle coding). The coded source model can be implemented simply by using

Tabella 3 - Table 3

impulse trains that modulate a sinusoidal source. Fig. 23 shows the block that simulates the CPR and Inverter assembly, inside which there is the multiplication of a 50 Hz sine wave by an impulse train T1 that applies the interruptions of the code. The subsequent multiplication with the train T2 inverts the voltage every period, simulating the action of the inverter "I" (the inverter is missing in the BAcc station TCs). The signal is simulated assuming a static production; however, the output signal from the second product can be used to control a switch that establishes and electrically interrupts the starting voltage.

Note that BAcc codes, from a math-

ampiezza  $\Delta$  e centrato in  $t_0$ , nel nostro caso  $\Delta =$  periodo  $T_{ON}$  del codice e  $t_0$  pari alla metà di questo.

$$\Pi\left(\frac{t-t_0}{\Delta}\right) = \begin{cases} 1 & \text{se } t < \Delta \\ 0 & \text{se } t > \Delta \end{cases} \quad (13)$$

Pertanto i codici si riscriveranno come:

$$\begin{aligned} \text{Cod75} &= \sin(2\pi 50 \cdot t) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,4}{0,8}\right) \\ \text{Cod120} &= \sin(2\pi 50 \cdot t) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,25}{0,5}\right) \\ \text{Cod180} &= \sin(2\pi 50 \cdot t) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,166}{0,333}\right) \\ \text{Cod270} &= \sin(2\pi 50 \cdot t) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,111}{0,222}\right) \end{aligned} \quad (14)$$

Si fa notare che con l'introduzione della codifica del BAcc il sistema simulato continua ad essere lineare ma non più tempo invariante, infatti se si trasla la portante di un  $\Delta t$  non si ottiene una traslazione dell'intero codice come mostrato nella (15) a titolo d'esempio per il codice 75.

$$\begin{aligned} &\sin(2\pi 50 \cdot (t + \Delta t)) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,4}{0,8}\right) \\ &\neq \sin(2\pi 50 \cdot (t + \Delta t)) \cdot \Pi\left(\frac{t+\Delta t-0,4}{0,8}\right) \end{aligned} \quad (15)$$

3.1.5. Modello del ricevitore

In Fig. 24 è riportato lo stadio di ricezione composto dall'insieme dei modelli del Rivelatore di Squilibrio RDS, del filtro a banda stretta Resonant Track Unit (RTU), del TR, dello stadio decodificatore Dec e il DU. Le due correnti di rotaia "i1" e "i2" sono acquisite entrambe con convenzione dei versi entranti nella CI di ricezione del CdB. In Fig. 25 è riportato il modello all'interno del blocco RDS, esso consegna un'uscita alta (all'ingresso del blocco RTU) quando sono verificate le quattro condizioni dei quattro canali C1, C2, C3 e C4. I canali C1 e C3 verificano che la singola corrente di rotaia sia superiore alla soglia di 700 mA, il canale C2 invece verifica che la corrente di squilibrio "isq" non superi la soglia di 1,5 A ed infine il canale C4 che la tensione ricevuta dal binario "vr" superi la soglia di 10 V. Tali valori di soglia sono determinati dal [8].

Tutte le grandezze prima di essere comparate attraversano prima un filtro a banda stretta per poi essere valutato il valore RMS e successivamente il valor medio. Il valor medio viene calcolato su un periodo di 0,8 s (periodo di modulazione pari al tempo di ON e di OFF del codice più lento 60/75=0,8 s), in modo da avere segnali stabili e che non seguano gli stati di ON e OFF del codice di binario. In Fig. 26 sono mostrati i modelli dell'RTU e del TR: il primo è costituito da dei contatti che sulla base dell'uscita dell'RDS abilitano o meno la trasmissione del codice di binario su un carico di 1,1 kΩ. Da questo preleva poi la tensione e la invia in ingresso al blocco del TR dove viene filtrata, raddrizzata ed applicata ad un carico sempre di 1,1 kΩ. In tal modo

emational point of view, are described by the product of a sinusoidal function with a square wave. The square wave is called "modulating", and the sinusoidal function is called "carrier", Equation (13) describes a generic gate function of amplitude  $\Delta$  and centered at  $t_0$ , in our case  $\Delta =$  period  $T_{ON}$  of the code and  $t_0$  equal to half of this.

$$\Pi\left(\frac{t-t_0}{\Delta}\right) = \begin{cases} 1 & \text{se } t < \Delta \\ 0 & \text{se } t > \Delta \end{cases} \quad (13)$$

The codes can be rewritten as follows:

$$\begin{aligned} \text{Cod75} &= \sin(2\pi 50 \cdot t) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,4}{0,8}\right) \\ \text{Cod120} &= \sin(2\pi 50 \cdot t) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,25}{0,5}\right) \\ \text{Cod180} &= \sin(2\pi 50 \cdot t) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,166}{0,333}\right) \\ \text{Cod270} &= \sin(2\pi 50 \cdot t) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,111}{0,222}\right) \end{aligned} \quad (14)$$

Note that with the introduction of BAcc coding the simulated system continues to be linear but no longer time invariant, in fact if one shifts the carrier by a  $\Delta t$  one does not get a shift of the entire code as shown in (15) as an example for code 75.

$$\begin{aligned} &\sin(2\pi 50 \cdot (t + \Delta t)) \cdot \Pi\left(\frac{t-0,4}{0,8}\right) \\ &\neq \sin(2\pi 50 \cdot (t + \Delta t)) \cdot \Pi\left(\frac{t+\Delta t-0,4}{0,8}\right) \end{aligned} \quad (15)$$

3.1.5. Receiver Model

Fig. 24 shows the receiving stage composed of the set of models of the Unbalance Detector (RDS), narrowband filter Resonant Track Unit (RTU), TR, Dec and DU decoder stage. The two rail currents "i1" and "i2" are both acquired with convention of the verses entering the receiving IC of the TC. Fig. 25 shows the model inside the RDS block, it delivers a high output (at the input of the RTU block) when the four conditions of the four channels C1, C2, C3 and C4 are verified. Channels C1 and C2 verify that the single rail current is above the threshold of 700 mA, channel C2 on other hand verifies that the unbalance current "isq" does not exceed the threshold of 1.5 A and at last the channel C4 that the voltage

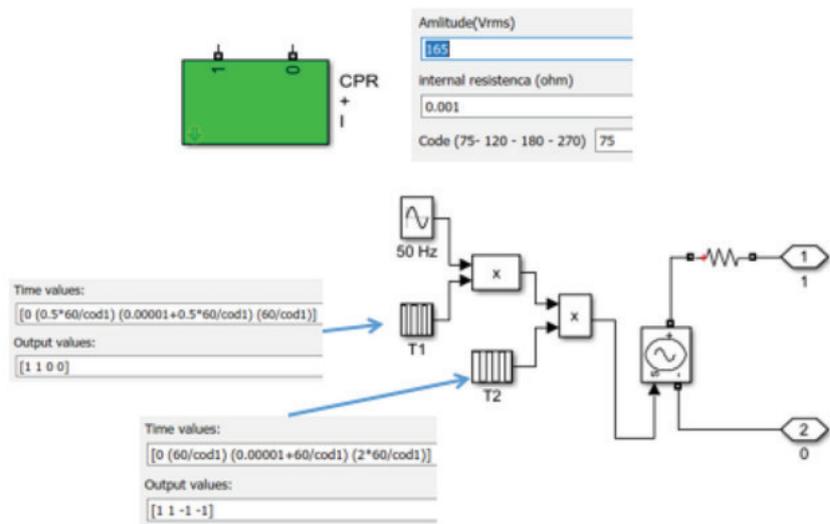


Figura 23 - Modello trasmissione codice.  
Figure 23 - Code transmission model.

si è simulato l'azione di raddrizzamento dell'RTU senza utilizzare componenti discreti quali diodi (il vantaggio di ciò sarà evidente al §6). Il valore di tensione misurato sul carico viene confrontato con le soglie di eccitazione e diseccitazione del TR, il quale consegna un treno di impulsi, che segue il codice di binario, all'ingresso del blocco Dec+DU. Infine in Fig. 27 è riportato il blocco che simula l'azione di decodifica Dec, quella di filtraggio dei DU e quella di segnalazione dei relè HR, DR75, DR120, DR180 e DR270. Dopo il relativo filtro viene calcolato il valore RMS sulla frequenza della relativa modulante, un semplice blocco di switch individua il codice se supera una certa soglia. L'azione dell'HR è simulata tramite una porta OR che ha lo scopo di rilevare se almeno un codice è presente.

3.1.6. Modello dei giunti isolanti

Vedasi §2.1.6.

3.2. Simulazione del CdB a doppia fuga isolata.

Interconnettendo tutti i modelli sin ora presentati si ottiene il sistema in Fig. 28.

Considerato un CdB di 2 km con valori di taratura di Tab. 4 in condizioni di tensione di alimentazione massima di 165 V e ballast secco, se si parte da una condizione di libero e all'istante 2 s si applica uno shunt di 0,25 Ω in corrispondenza della ricezione, mentre è applicato un codice 75 al binario, si ottengono gli andamenti per la tensione e la corrente di binario all'estremità di ricezione (Scope 4) dai primi due segnali di Fig. 29. Il terzo segnale invece

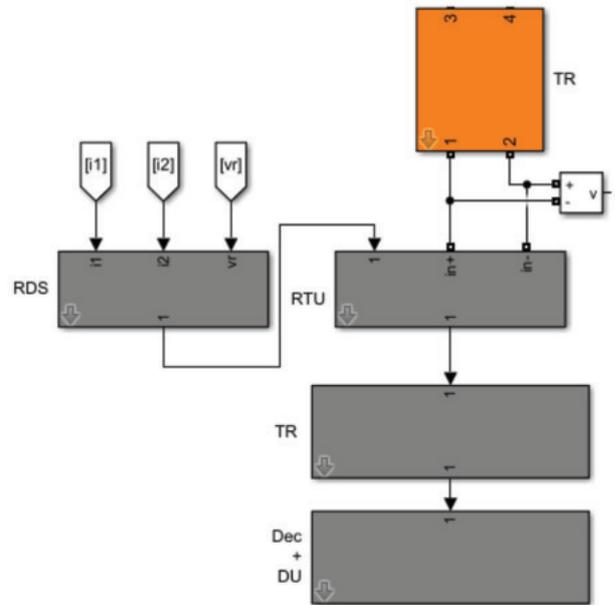


Figura 24 - Ricezione codice.  
Figure 24 - Code reception model.

received by the rail "vr" exceeds the threshold of 10 V. These threshold values are determined by [8]. All quantities before being compared first pass through a narrow-band filter and then the RMS value and then the average value are evaluated. The average value is calculated over a period of 0.8 s (modulation period equal to the ON and OFF time of the slowest code 60/75=0.8 s), so as to have stable signals that

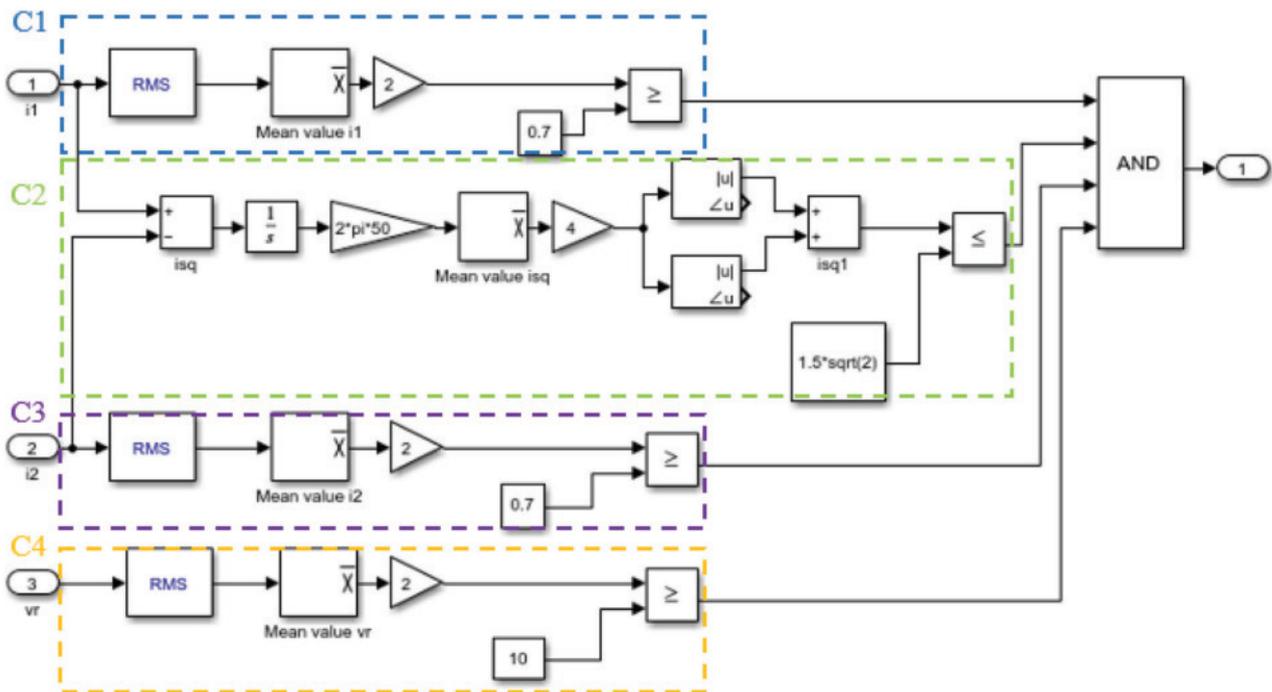


Figura 25 - Modello RDS.  
Figure 25 - Model RDS.

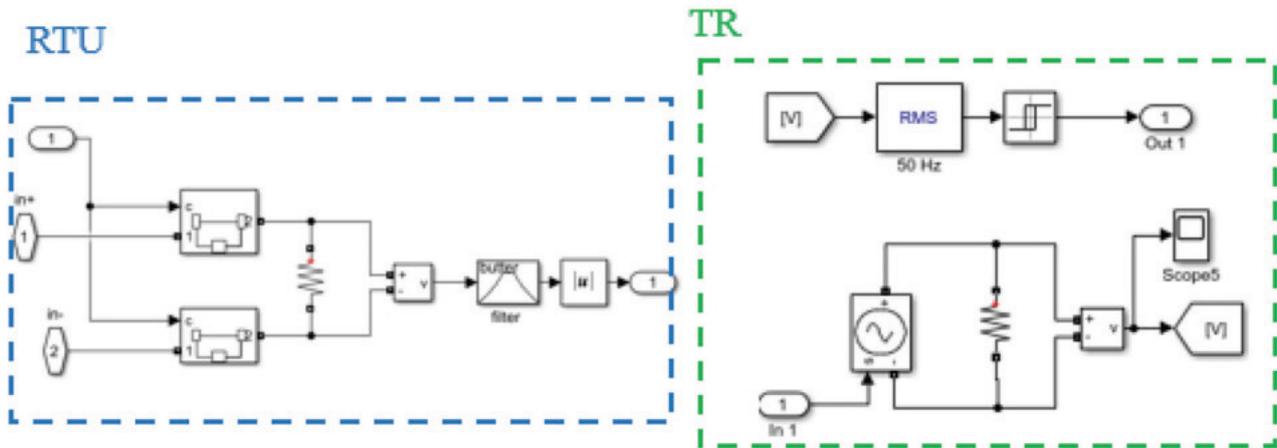


Figura 26 - Modelli RTU e TR.  
Figure 26 - Models of RTU e TR.

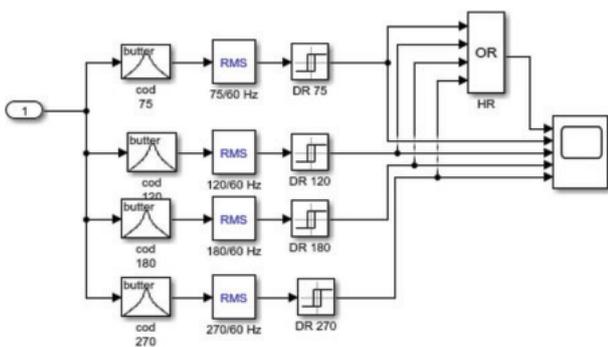


Figura 27 - Modelli DR.  
Figure 27 - Models of DR.

do not follow the ON and OFF states of the binary code. Fig. 26 shows the models of the RTU and TR, the first consists of contacts that on the basis of the output of the RDS enable or disable the transmission of the track code on a 1.1 kΩ load, it picks up the voltage on this and sends it as an input to the TR block where it is filtered, rectified and applied to a load also of 1.1 kΩ. This simulated the rectification action of the RTU without using discrete components such as diodes (the advantage of this will be evident in §6). The measured voltage value at the load is compared with the excitation and de-energization thresholds of the TR, which delivers a train of pulses, following the track code, to the input of the Dec+DU block. At last, Fig. 27 shows the block that simulates the Dec decoding action, the DU filtering action, and the signaling action of the FR, DR75, DR120, DR180, and DR270 relays. After the relative filter is calculated the RMS value on the frequency of the relative modulator, a simple switch block detects the code if it exceeds a certain threshold. The action of the HR is simulated through an OR port that is intended to detect if at least one code is present.

### 3.1.6. Isolating Joint Model

Refer to §2.1.6 for the modeling of isolating joints.

### 3.2. Simulation of the insulated Dual-rail Track Circuit

Interconnecting all the models results in the system shown in Fig. 28. Considering a 2 km TC with calibration values from Tab. 4 under maximum power supply voltage conditions of 165 V and dry ballast, if starting from a free condition and applying a 0.25 Ω shunt

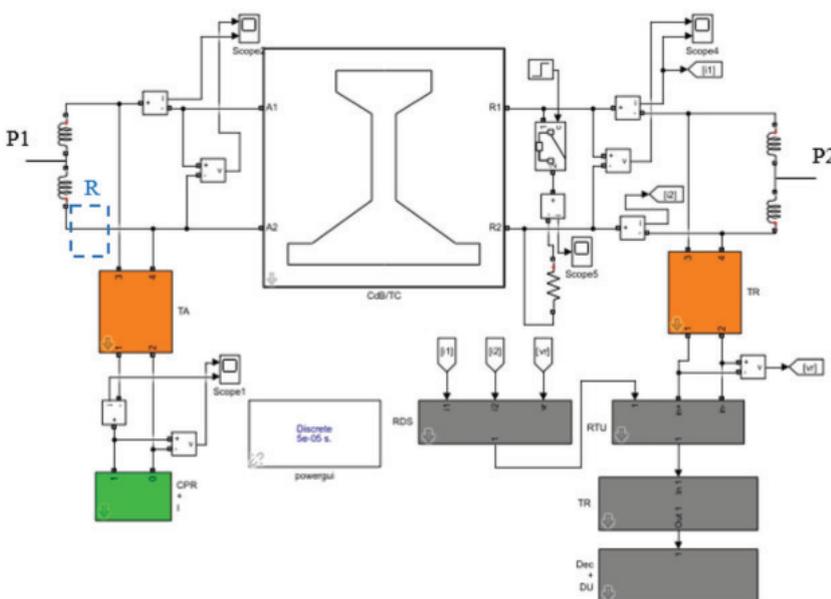


Figura 28 - Implementazione modello CdB doppia fuga.  
Figure 28 - Implementation of TC double rail.

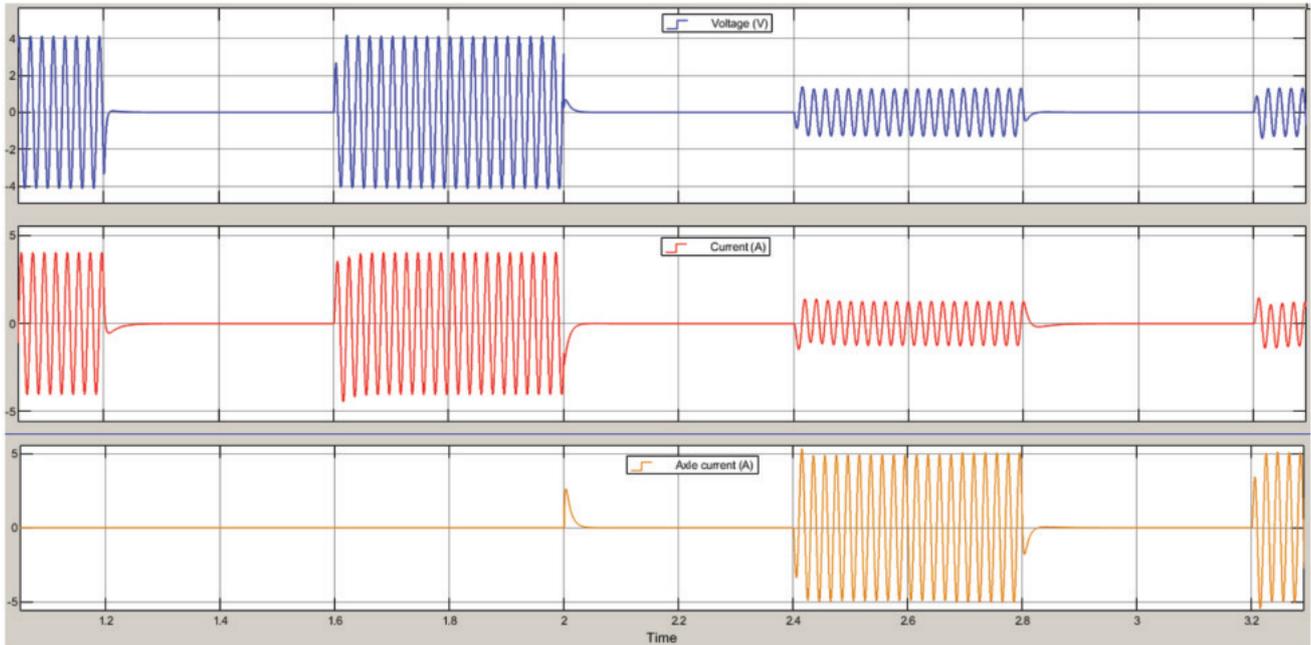


Figura 29 - Segnali di binario.  
Figure 29 - Track signals.

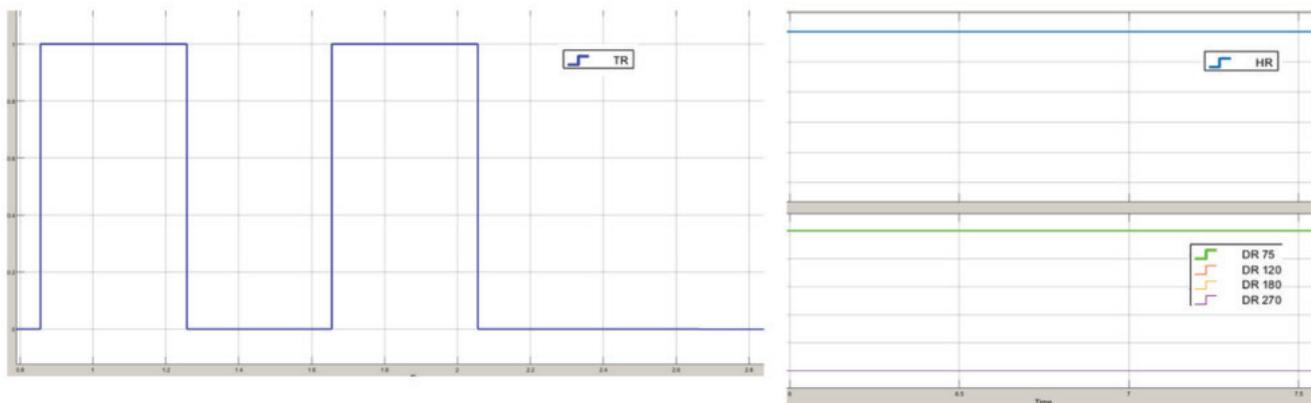


Figura 30 - Output di TR, Hr e DR.  
Figure 30 - Output of TR, Hr e DR.

mostra l'andamento della corrente d'asse (Scope 5). In Fig. 30 a sinistra è riportata l'uscita del TR, mentre a destra l'uscita dell'HR e dei DR in condizioni di CdB libero.

at the reception end at 2 s, while applying a code 75 to the rail, the trends for the rail voltage and current at the reception end (Scope 4) are obtained from the first two signals in

Se invece si suppone con CdB libero (ad esempio con codice 75) di simulare all'istante 3 s l'iniezione di una armonica di trazione di 1 A a 50 Hz tra i punti P1 e P2 di Fig. 28 e che all'istante 5 s avvenga uno squilibrio distaccando la rotaia nel rettangolo R di Fig. 28 si simula una condizione estrema di intervento del dispositivo RDS. In Fig. 31 sono riportati gli andamenti della tensione e delle correnti di rotaia agli

Tabella 4 – Table 4

Taratura CdB doppia fuga  
Calibration of TC double rail

Rapporto di trasformazione TA Transformation ratio TA	Resistenza Ra(Ω) Resistance Ra (Ω)	Rapporto di trasformazione TR Transformation ratio TR	Resistenza Rr(Ω) Resistance Rr (Ω)
150/12	3	12/150	0,5

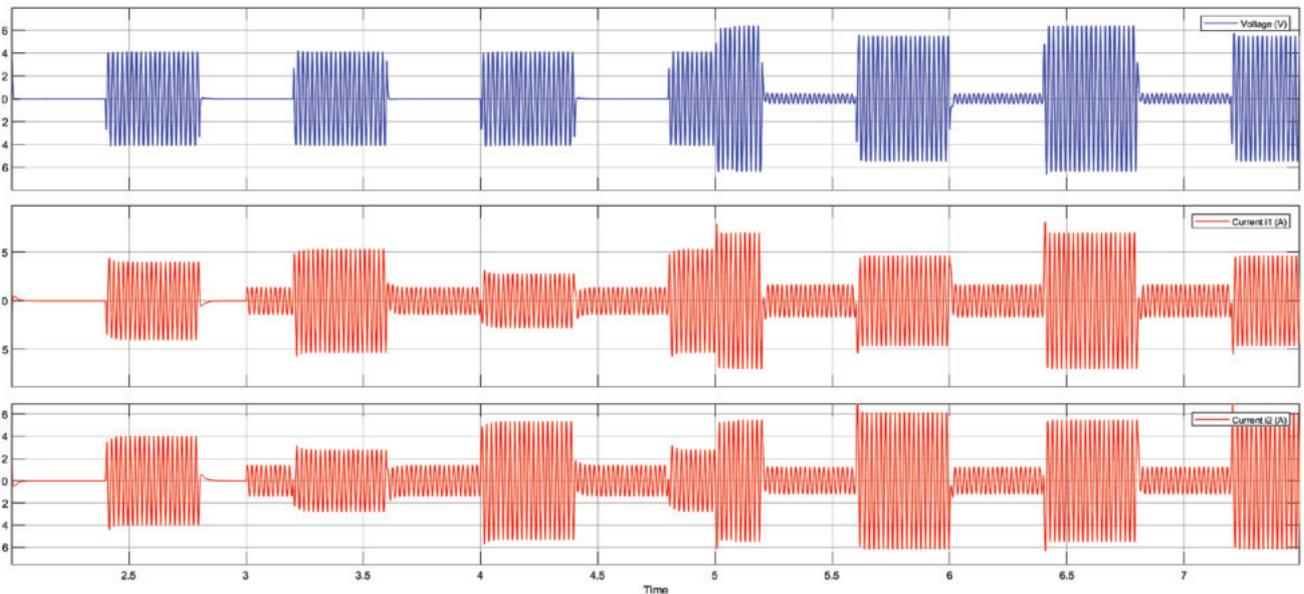


Figura 31 - Segnali di binario in caso di squilibrio.  
 Figure 31 - Track signals in case of imbalance.

estremi di ricezione, mentre in Fig. 32 sono riportati i segnali digitali elaborati dal dispositivo RDS dove all'istante

Fig. 29. The third signal shows the trend of the axle current (Scope 5). In Fig. 30 on the left, the TR output is shown,

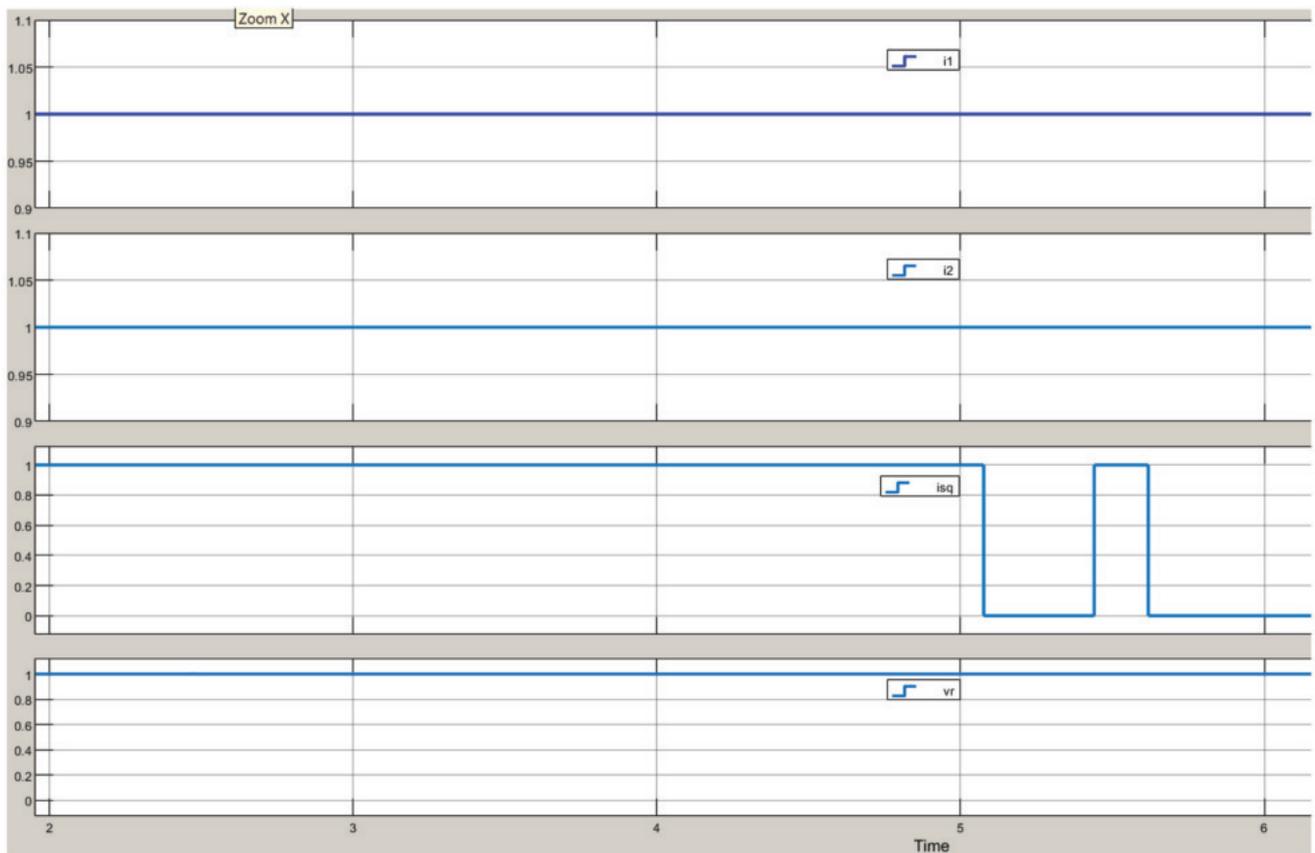


Figura 32 - Funzionamento RDS.  
 Figure 32 - Operation RDS.

5 si nota il suo intervento per condizioni di squilibrio per annullamento del segnale isq (il segnale mostra un temporaneo “rimbalzo” di circa 200 ms dovuto all’inversione di segno di un offset generato dalle operazioni di integrazione e media del canale C2 di Fig. 25, tale effetto è rimovibile tramite un’ottimizzazione del canale qui non presentata per semplicità di esposizione).

**4. Modellistica dei CdB contenenti deviatoi**

I CdB contenenti dei deviatoi possono presentare le due configurazioni in Fig. 33 a seconda che siano a semplice o a doppia fuga.

In Fig. 34 è mostrata l’implementazione del modello per il caso singola fuga evidenziando in rettangoli colorati le corrispondenze tra l’elemento del disegno a sinistra e il blocchetto che lo implementa a destra. In verde vi è il tratto di binario relativo agli aghi del ramo deviato, in viola il relativo tratto sul ramo normale. In azzurro il tratto di binario dall’estremo di ricezione alla punta del deviatoio mentre in rosso quello che va dal giunto intermedio all’estremo di ricezione. In marrone il tratto di binario del ramo deviato ed infine in grigio il collegamento (tramite

while on the right, the output of the HR and DRs is shown under free TC conditions.

If, instead, assuming a free TC (e.g., with code 75) and simulating the injection of a 1 A traction harmonic at 50 Hz between points P1 and P2 of Fig. 28 at 3 s and causing an imbalance by disconnecting the rail in the R rectangle of Fig. 28 at 5 s, an extreme intervention condition of the RDS device is simulated. Fig. 31 shows the trends of rail voltage and rail currents at the reception ends, while Fig. 32 shows the digital signals processed by the RDS device, where at 5 s, its intervention can be observed for imbalance conditions to cancel the isq signal (the signal shows a temporary “bounce” of about 200 ms due to the inversion of the sign of an offset generated by the integration and averaging operations of the C2 channel in Fig. 25, this effect is removable by channel optimization not presented here for simplicity of exposition).

**4. Modeling of TCs Containing Turnouts**

TCs containing switches can have the two configurations in Fig. 33 depending they have a single or dual-rail track circuit. The implementation of the model for the single-rail track circuit case is shown in Fig. 34, highlighting the correspon-

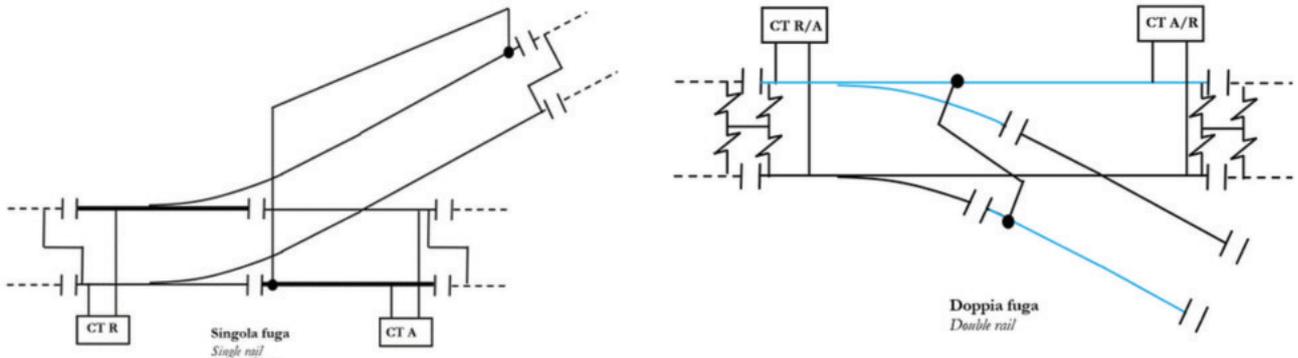


Figura 33 - CdB con deviatoio.  
Figure 33 - TC with switch.

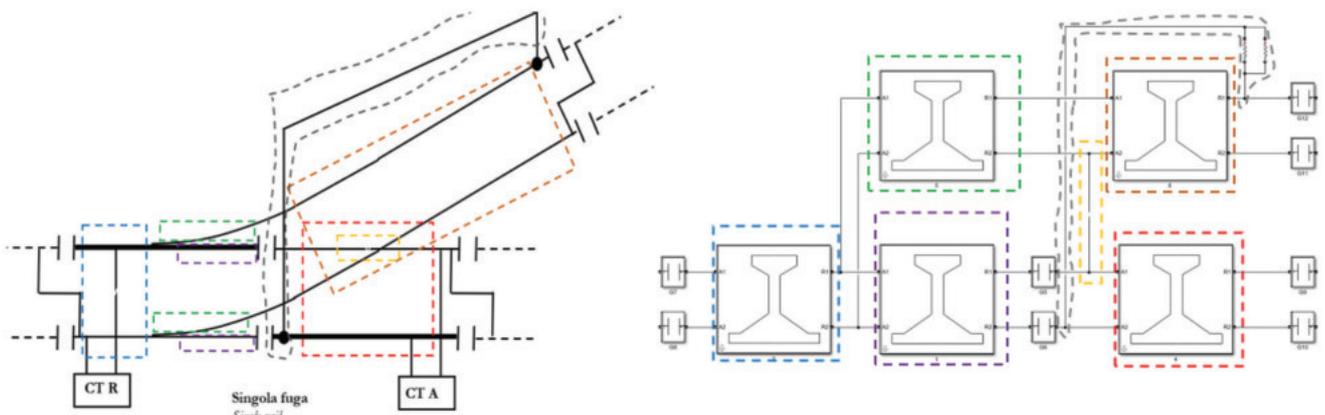


Figura 34 - Modello CdB singola fuga con deviatoio.  
Figure 34 - Model of TC single rail with switch.

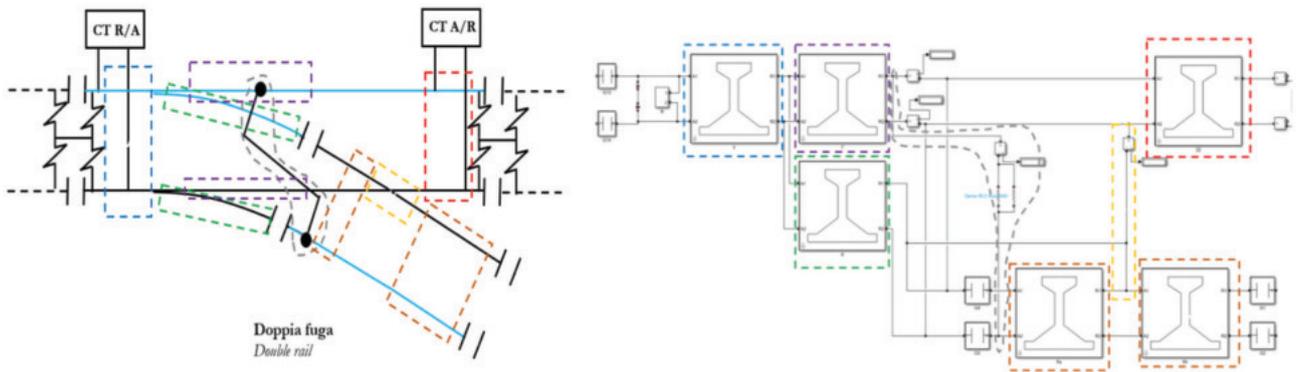


Figura 35 - Modello CdB doppia fuga con deviatoio.  
 Figure 35 - Model of TC double rail with switch.

pipette) che permette di collegare in serie le rotaie isolate dei due rami [9].

In Fig. 35 invece l'implementazione per il caso doppia fuga con analoghi significati, in tal caso in grigio vi è il collegamento che permette la funzione di *shunt* sul ramo deviato.

Le estensioni dei vari tratti di binario modellati sono derivabili dalle dimensioni di interesse del deviatoio come mostrato in Fig. 36 ricavabili tramite tabelle in base alla tangente del deviatoio.

### 5. Interazione della corrente di trazione con i CdB

Talvolta risulta necessario simulare un CdB non solo per studiarne il funzionamento ma per analizzare l'interazione di questo con la corrente di trazione.

Tale generatore va posto in serie alla rotaia a terra o tra i centri delle CI estreme del tratto di binario (uno o più CdB) da simulare nel caso di CdB liberi.

Nel caso di CdB occupato un terminale va collegato a metà della resistenza che simula l'asse e l'altro agli estremi del tratto di binario da simulare. In Fig. 37 l'esempio della simulazione di libero per due CdB (a) e occupato per singolo CdB (b) per i due casi di singola fuga e a doppia fuga.

La corrente di trazione per le linee a 3 kV è costituita da una componente continua e da una serie di armoniche sovrapposte. In generale l'analisi di segnali a diversa frequenza nel binario richiede un'analisi particolare di cui si parlerà al §6. Pertanto il caso (b) di Fig. 37 deve intendersi come il caso in cui si inietta una corrente di pari frequenza (o molto prossima) a quella del segnale del CdB. Qui verranno esposti gli accorgimenti modellistici da prevedersi, oltre che un particolare caso studio per il quale, sotto determinate ipotesi, ci si può svincolare dalla trattazione al §6.

Un aspetto modellistico di interesse è quello della simulazione di trasformatori con nucleo non lineare (utile quando si vuole indagare sugli effetti di saturazione,

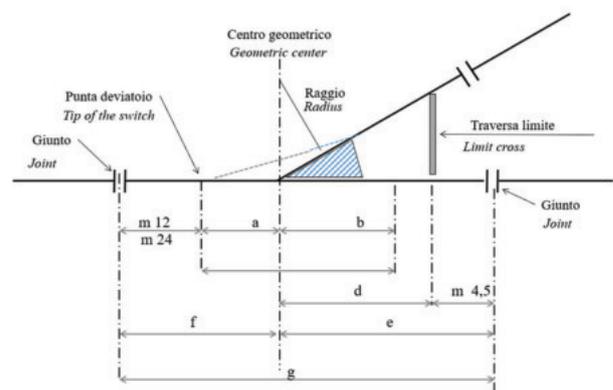


Figura 36 - Misure deviatoio.  
 Figure 36 - Measures switch.

dences between the elements on the left and the blocks implementing them on the right. In green is the track section related to the needles on the deviated branch, in purple the related section on the normal branch. In light blue is the track section from the receiving end to the tip of the turnout while in red is the section from the intermediate joint to the receiving end. In brown the track section of the diverted branch and finally in gray the connection (via pipettes) that allows insulated rails of the two branches to be connected in series.

In Fig. 35, meanwhile, is the implementation for the double runaway case with similar meanings, in which case in gray is the link that allows the shunt function on the deviated branch.

The extensions of the various track sections modeled can be derived from the dimensions of interest of the diverter as shown in Fig. 36 derived by tables based on the tangent of the diverter.

### 5. Interaction of Traction Current with TCs

Sometimes it is necessary to simulate a TC not only to study its operation but also to analyze its interaction with the traction current. This generator should be placed in series with the ground rail or between the extreme CI centers of the rail section (one or more TCs) to simulate in the case of free TCs. In

e dunque di indisponibilità, causati dalla corrente di trazione). Un metodo semplice e generale per determinare la curva di magnetizzazione di un trasformatore è quello di cui al [10]. Tale metodo prevede l'approssimazione matematica della curva di magnetizzazione con una funzione polinomiale dispari. La regressione viene poi effettuata tramite prove sperimentali. Oggi giorno tuttavia è possibile utilizzare blocchetti pronti all'uso che implementano una caratteristica non lineare del nucleo. Per lo svolgimento delle simulazioni in questo paragrafo (che hanno lo scopo di fornire il metodo generale per affrontare la problematica) si sono utilizzate le curve di magnetizzazione qualitative (riferite all'avvolgimento lato cabina dei trasformatori) riportate in Fig. 38.

In Fig. 39 è riportato il modello utilizzato per studiare il fenomeno. Si è supposto il CdB a singola fuga di 400 m e non dotato di dispositivo a ponte. Nel cerchio blu è mostrato l'interno dei blocchi dei trasformatori saturabili, nel cerchio rosso la modellizzazione della caduta di tensione provocata sulla rotaia a terra dalla corrente continua di trazione; tale blocco risulta essere un generatore controllato di tensione che implementa l'espressione (16) dove R è la resistenza di rotaia in corrente continua, L la lunghezza di questa e I la corrente continua che l'attraversa.

$$E = R \cdot L \cdot I = 0,024 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,4km \cdot I \quad (16)$$

La corrente I è stata simulata pari a 0 A per i primi 0,1 s, pari a 1000 A tra i 0,1 s e i 0,2 s e pari a 2000 A dall'istante 0.2 s in poi. In Fig. 40 sono riportati gli andamenti della caduta di tensione continua sulla rotaia a terra, della tensione di campagna applicata al REDI e del suo output relativo al controllo di ampiezza. Dai grafici si nota che dopo l'istante 0,1 s l'attenuazione della tensione dovuta alla saturazione del trasformatore è già tale da diseccitare il REDI notando una lieve deformazione di questa, oltre l'istante 0.2 s quando aumenta la corrente di trazione, si nota un aumento della deformazione della tensione indice che si è spostati sempre più nella regione di saturazione.

L'iniezione di tale corrente ricade nella trattazione di più segnali a diversa frequenza nel binario di cui al §6, tuttavia per l'aspetto particolare del fenomeno da studiare fissando a priori tale caduta (e non volendo analizzare altri fenomeni quali ad esempio gli squilibri della corrente ecc...) si riesce a simulare il fenomeno tenendo conto del diverso comportamento elettrico della rotaia in frequenza senza le complicazioni modellistiche che si vedranno al §6.

Tale metodo può essere adottato anche talvolta per analizzare il fenomeno della saturazione delle CI, in tal

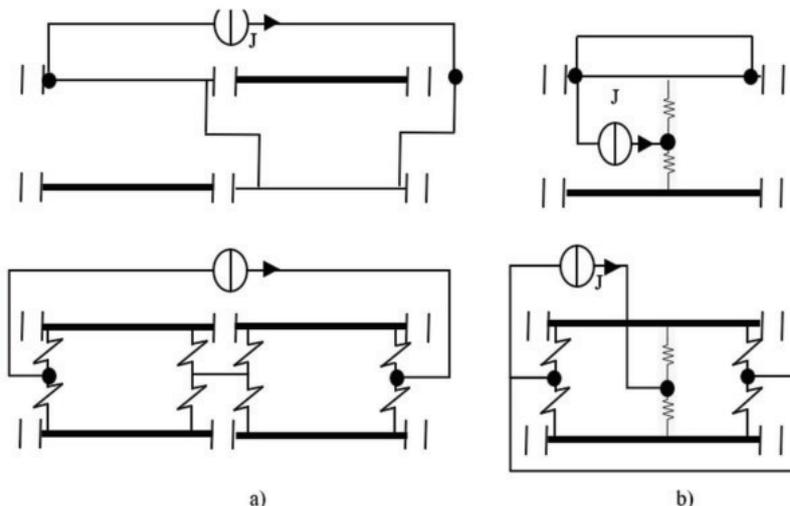


Figura 37 - Modello corrente trazione.  
Figure 37 - Current traction model.

the case of an occupied TC, one terminal should be connected to the middle of the resistance simulating the axle and the other to the ends of the rail section to simulate in the case of a free TC. Fig. 37 shows an example of simulation of free conditions for two TCs (a) and occupied conditions for a single TC (b) for the two cases of a single and dual-side track circuit.

The traction current for 3 kV lines consists of a DC component and a series of superimposed harmonics. In general, the analysis of signals at different frequencies in the rail requires a particular analysis discussed in §6. Therefore, the case (b) in Fig. 37 should be understood as the case in which a current of the same frequency (or very close) as that of the TC signal is injected. Here, modeling precautions are provided, as well as a particular case study for which, under certain assumptions, it is possible to separate from the treatment in §6.

An interesting modeling aspect is that of simulating transformers with a non-linear core (useful when investigating the effects of saturation and, therefore, unavailability caused by traction current). A simple and general method for determining the magnetization curve of a transformer is described in [10]. This method involves the mathematical approximation of the magnetization curve with an odd-degree polynomial function. Regression is then performed through experimental tests. Nowadays, ready-to-use blocks implementing a non-linear core characteristic can be used. For the simulations in this section (aimed at providing a general method to address the issue), qualitative magnetization curves (referring to the cabin-side winding of the transformers) shown in Fig. 38 were used.

Fig. 39 shows the model used to study the phenomenon. A single-rail track circuit without a bridge device and with a length of 400 m was assumed. In the blue circle, the inside of the saturable transformer blocks is shown, and in the red circle, the modeling of the voltage drop caused on the ground rail by the DC traction current is modeled. This block turns out to be a controlled voltage generator implementing the

caso queste andranno modellate tramite due induttanze non lineari (una per ogni semi-avvolgimento) le cui caratteristiche di magnetizzazione andranno anch'esse determinate per via sperimentale.

### 6. Simulazione di segnali a diversa frequenza nel binario

In questo paragrafo analizzeremo un tema cui più volte si è rimandato per il quale sono necessari alcuni accorgimenti modellistici, che sotto determinate condizioni, forniscono un risultato maggiormente accurato in caso di trasmissione sul binario di più segnali a differente frequenza.

La rotaia è caratterizzata infatti da un profilo ben noto e ben preciso, tale profilo la rende di fatto un conduttore particolarmente sensibile all'effetto pelle, e dunque presenta una variazione dei parametri "r" e "l" in funzione della frequenza così come mostrato nello studio al [1], si nota poi che l'effetto pelle incide anche sulla "c" della aliquota di corrente che si disperde nella massicciata, pertanto si può concludere che il binario complessivamente ha un comportamento elettrico non costante in frequenza. Questo naturale comportamento in frequenza della rotaia complica non poco l'applicazione del model-

expression (16), where  $R$  is the DC rail resistance,  $L$  is its length, and  $I$  is the DC current through it.

$$E = R \cdot L \cdot I = 0,024 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,4 km \cdot I \tag{16}$$

The current  $I$  was simulated as 0 A for the first 0.1 s, 1000 A between 0.1 s and 0.2 s, and 2000 A from 0.2 s onwards. Fig. 40 shows the trends of the continuous voltage drop on the ground rail, the field voltage applied to the REDI, and its output relative to amplitude control. From the graphs, it can be observed that after 0.1 s, the attenuation of the voltage due to transformer saturation is already such that it de-excites the REDI, noting a slight deformation of it. Beyond 0.2 s, when the traction current increases, an increase in the deformation of the voltage is observed, indicating that we have moved further into the saturation region.

The injection of such current falls within the treatment of multiple signals at different frequencies in the rail discussed in §6. However, for the specific aspect of studying the phenomenon by fixing a priori this drop (and not wanting to analyze other phenomena such as current imbalances, etc.), it is possible to simulate the phenomenon taking into account the different electrical behavior of the rail at different frequencies without the modeling complications that will be seen in §6.

This method can also be adopted sometimes to analyze the phenomenon of CI saturation. In this case, these should be modeled using two non-linear inductances (one for each

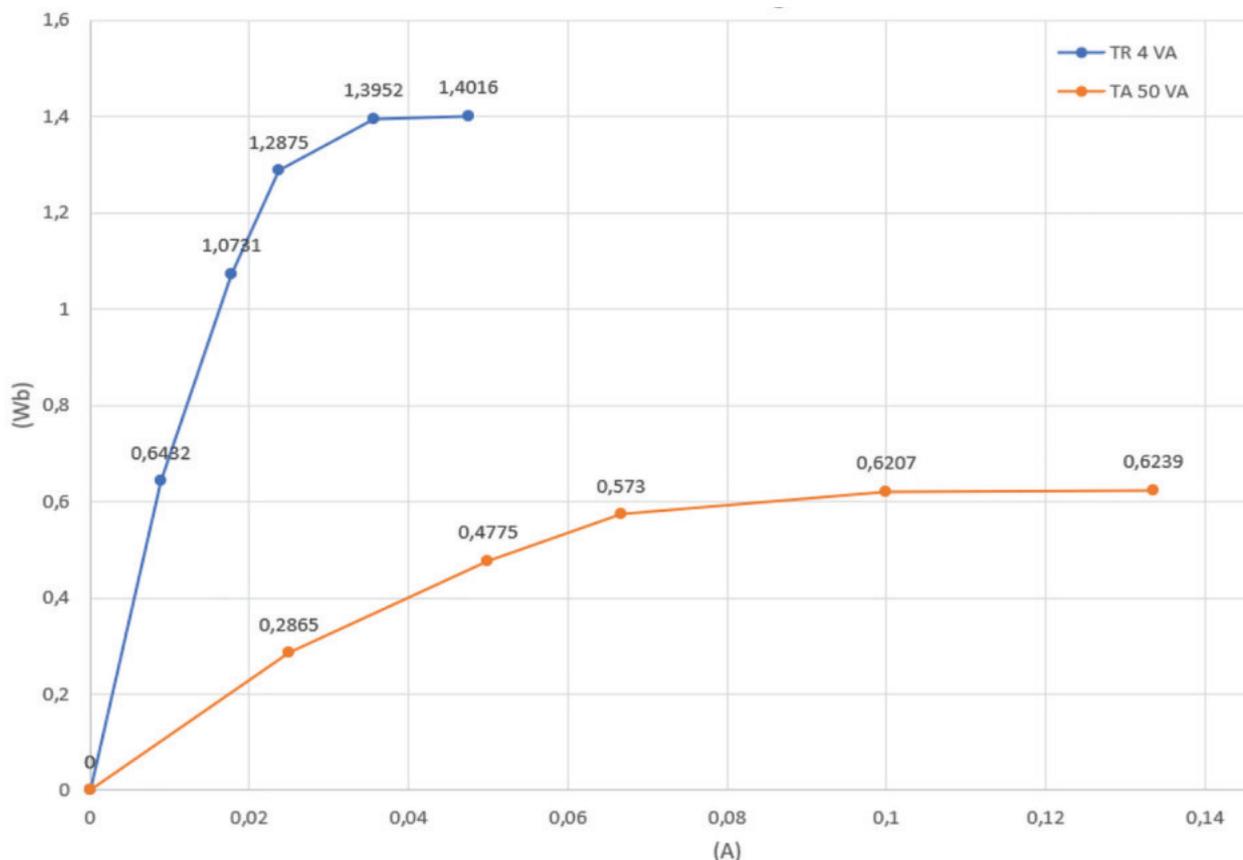


Figura 38 - Curve saturazione.  
Figure 38 - Saturation curves.

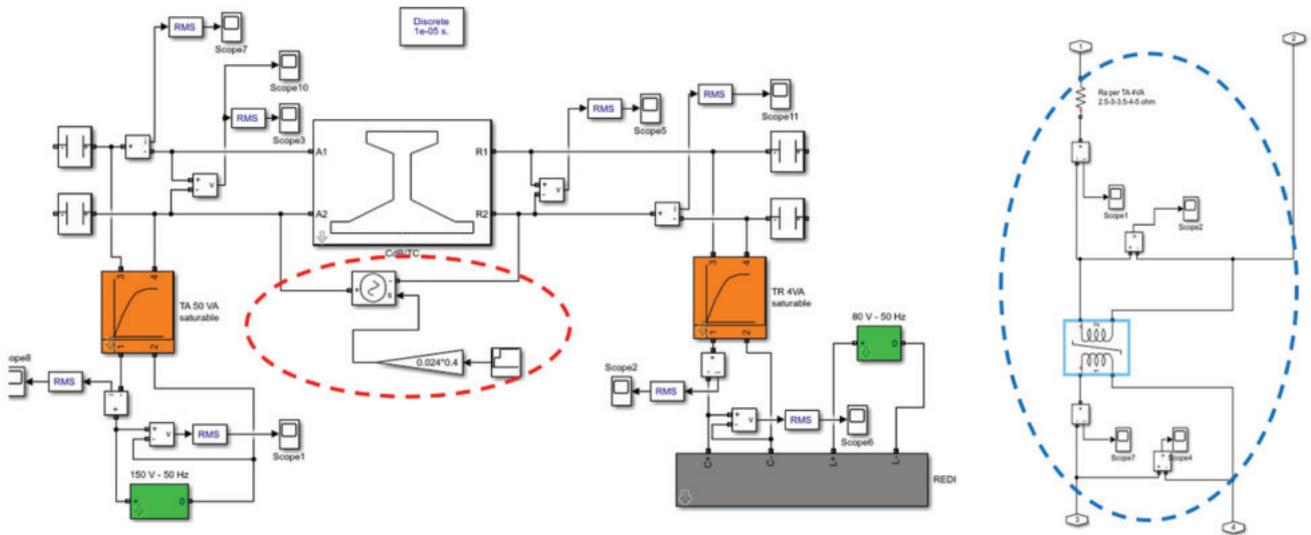


Figura 39 - Simulazione corrente trazione.  
 Figure 39 - Simulation of current traction.

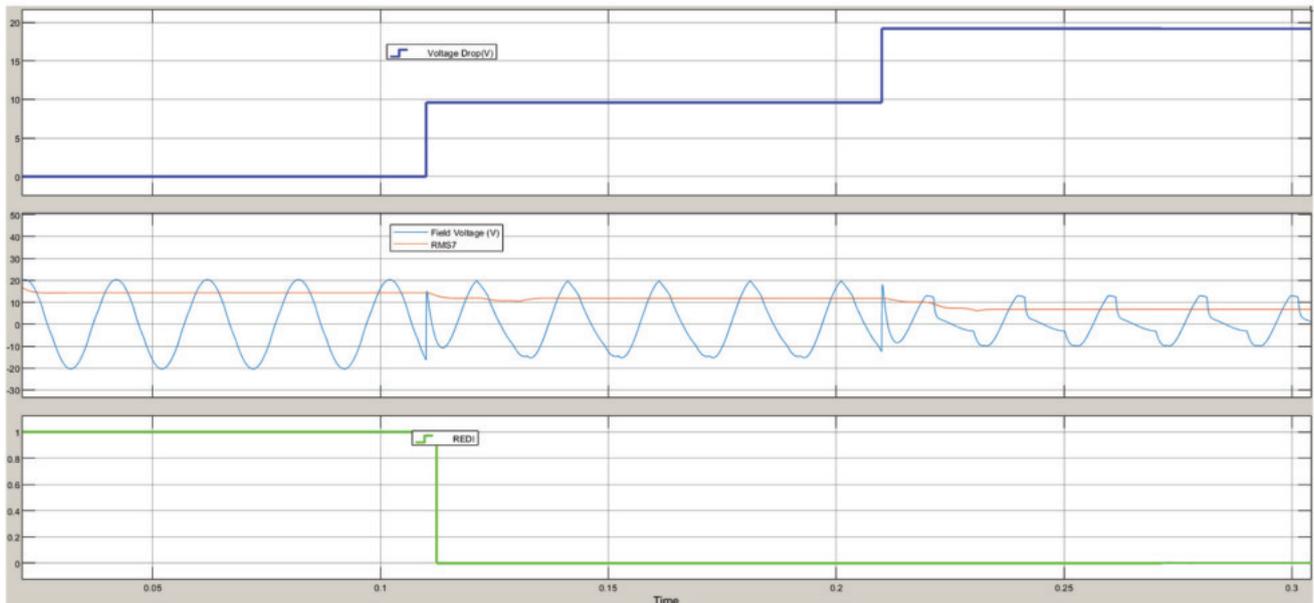


Figura 40 - Risultati simulazione della corrente di trazione.  
 Figure 40 - Traction current simulation results.

lo (1) non avendo più l'unicità dei valori attribuiti a "r", "l" e "c".

Per una trattazione che privilegi l'aspetto quantitativo a quello qualitativo è possibile simulare il diverso comportamento del binario in frequenza applicando il principio di sovrapposizione degli effetti. Ciò come noto è possibile se il sistema è lineare o linearizzabile intorno al punto di funzionamento. I principali punti di funzionamento di un CdB una volta tarato sono quelli di libero e occupato al variare dell'umidità della massicciata, delle fluttuazioni della tensione di rete e del valore della resi-

semi-winding) whose magnetization characteristics should also be determined experimentally.

## 6. Simulation of Signals at Different Frequencies on the Track

In this section, we will analyze a topic that has been deferred several times, for which some modeling precautions are necessary. Under certain conditions, these precautions provide a more accurate result when transmitting multiple signals at different frequencies on the track.

The rail is characterized by a well-known and precise

stenza di *shunt*. In tutti questi casi è possibile linearizzare di volta in volta il sistema se si escludono i fenomeni di saturazione dei trasformatori e delle CI. Fatto ciò si ricade nelle ipotesi di applicabilità generale del metodo. In Fig. 41 è raffigurato il metodo applicato nel caso di un CdB a doppia fuga in cui sono iniettate due componenti della corrente di trazione (uno a frequenza  $f_0$  e l'altro a frequenza  $f_3$ ) e due segnali utili del CdB (uno a frequenza  $f_1$  e l'altro a frequenza  $f_2$ ). Il segnale  $S(t)$  in figura rappresenta un generico segnale da analizzare visto come combinazione lineare di quattro contributi dovuti alle quattro differenti sorgenti.

Ovviamente nella realizzazione dei quattro sotto-modelli alle diverse frequenze i parametri andranno settati ogni volta in base alla frequenza in esame. In tale procedimento bisogna far particolare attenzione a contemplare i diversi comportamenti in frequenza di tutti i componenti del CdB (trasformatori, CI, resistenze ecc..) ponendo particolare attenzione alle conseguenze dell'effetto pelle su questi.

Tuttavia è necessario un ulteriore accorgimento specifico per l'argomento dei circuiti di binario ed è quello di applicare la sovrapposizione degli effetti alla sola parte del modello a tempo continuo, in poche parole bisogna ricostruire i segnali complessivi prima che questi vengano elaborati dai dispositivi elettronici di binario per le operazioni logiche eseguite da questi. Se così non fosse si arriverebbe all'assurdo, ad esempio se si vuole simulare la sovrapposizione di un disturbo di trazione con un segnale del CdB a 50 Hz si otterrebbero due REDI separati che forniscono delle uscite di libero/occupato separate e indipendenti tra di loro, uno dovuto al disturbo di trazione e l'altro dovuto al segnale del CdB.

In Fig. 42 sono riportati i dispositivi REDI e RDS+RTU riorganizzati per l'analisi multifrequenza (nello specifico di due diverse frequenze) rispetto alle analisi condotte rispettivamente al §2.1.5e al §3.1.5. Si nota che in questo caso i modelli contengono unicamente blocchi a tempo discreto per l'elaborazione dei segnali mentre le impedenze di binario sono al di fuori e rappresentano i carichi dei sotto modelli di Fig. 41.

Un importante limite da considerare del metodo qui introdotto è quello relativo ai transistori che si hanno da uno stato di regime all'altro (esempio: transizione da libero a occupato), infatti tali transistori sono dovuti alla sovrapposizione di moti aperiodici per i quali non è noto sapere il comportamento elettrico della rotaia. Tale fattore non è tuttavia limitante in quanto generalmente nelle analisi riguardanti i CdB ciò che interessano sono le condizioni di regime, per i transistori l'aspetto più di interesse è il picco massimo che si raggiunge più che l'andamento ed il primo in genere è limitato da componenti al di fuori del binario (es. resistenze di regolazione ecc...).

Infine in Fig. 43 è riportata l'applicazione del metodo per un CdB a doppia fuga a 83,3 Hz con modulazione PSK in cui all'atto dell'occupazione viene disabilitata la

profile, making it a conductor particularly sensitive to the skin effect. Therefore, the parameters "r" and "l" vary with frequency, as shown in the study [1]. The skin effect also affects the current "c" that disperses into the ballast. Consequently, the track has a non-constant electrical behavior in terms of frequency. This natural frequency-dependent behavior complicates the application of model (1) since there is no longer uniqueness in the values assigned to "r", "l", and "c".

For a treatment that prioritizes the quantitative aspect over the qualitative one, it is possible to simulate the different behavior of the track in frequency by applying the principle of superposition of effects. This is possible when the system is linear or linearizable around the operating point. The main operating points of a TC, once calibrated, are those of free and occupied states, considering variations in ballast humidity, network voltage fluctuations, and the shunt resistance value. Linearizing the system each time, excluding transformer and CI saturation phenomena, falls within the general applicability of the method. Fig. 41 illustrates the method applied in the case of a dual-track circuit with two injected components of traction current (one at frequency  $f_0$  and the other at frequency  $f_3$ ) and two useful signals from the TC (one at frequency  $f_1$  and the other at frequency  $f_2$ ). The signal  $S(t)$  represents a generic signal to be analyzed as a linear combination of four contributions due to the four different sources.

It's important to set the parameters of the four sub-models at different frequencies. Care must be taken to consider the different frequency behaviors of all TC components (transformers, CI, resistors, etc.), paying special attention to the consequences of the skin effect on these.

However, an additional specific precaution is necessary for the issue of track circuits. It involves applying the superposition of effects only to the continuous-time part of the model. In other words, it is necessary to reconstruct the overall signals before they are processed by the electronic track devices for the logical operations performed by them. Failure to do so would lead to an absurdity. For example, if you want to simulate the superposition of a traction disturbance with a 50 Hz TC signal, you would get two separate REDI devices that provide separate and independent free/occupied outputs—one due to the traction disturbance and the other due to the TC signal. Fig. 42 shows the REDI and RDS+RTU devices reorganized for multifrequency analysis (specifically for two different frequencies) compared to the analyses conducted in Sections 2.1.5e and 3.1.5. In this case, the models contain only discrete-time blocks for signal processing, while the rail impedances are outside and represent the loads of the sub-models in Fig. 41.

An important limitation of the introduced method is related to transients that occur from one steady state to another (e.g., transition from free to occupied). Such transients result from the superposition of aperiodic motions for which the electrical behavior of the rail is unknown. However, this factor is not limiting since, generally, rail circuit analyses focus on steady-state conditions. For transients, the most interesting aspect is the maximum peak reached rather than the trend, and the former is generally limited by components outside the track (e.g., regulating resistors, etc.).

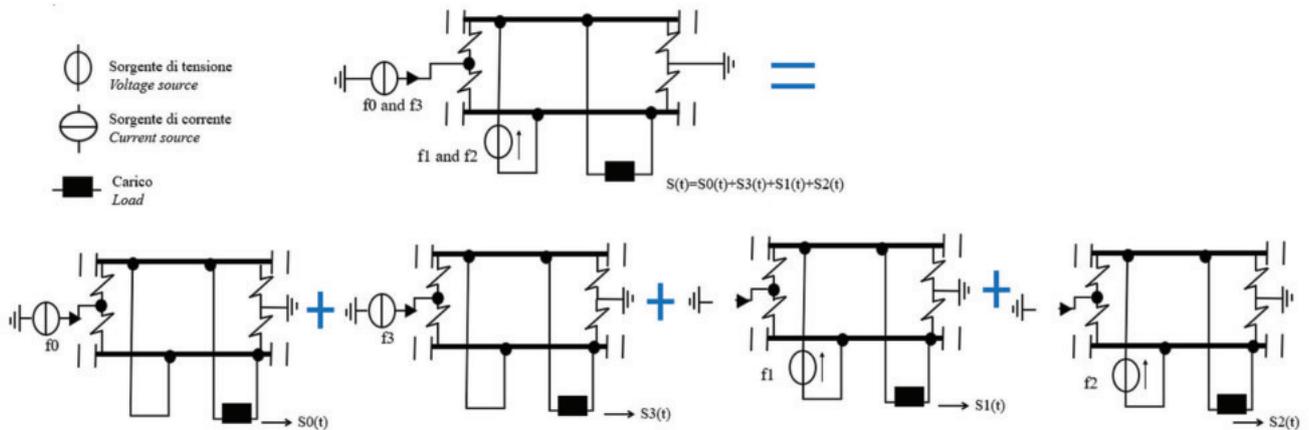


Figura 41 - Metodo multifrequenza.  
Figure 41 - Multi-frequency method.

trasmissione del segnale a 83,3 Hz e viene iniettato un codice con portante a 178 Hz e interrotto 420 volte al minuto (codice Infill). Nei due modelli di Fig. 43 alle due diverse frequenze non si è di volta in volta cortocircuitato l'altro generatore di tensione in quanto l'applicazione in esame ha la particolarità di alternare la trasmissione dei due segnali al binario dal punto di vista temporale (si passa dal segnale 83,3 Hz a quello a 178 Hz con l'occupazione di primo asse del CdB).

In Fig. 44 sono riportati i risultati di (in ordine dall'alto verso il basso) corrente iniettata nel binario lato alimentazione, tensione di campagna sul REDI, corrente d'asse con uno shunt in ricezione di 0,8 Ω e output del REDI. Da notarsi il cambio di fase della legge PSK all'istante indicato dal segmento in tratto viola. Dalla figura si evince che per i primi 0,4 s il segnale al binario è quello a 83,3 Hz con PSK, a 0,3 s avviene l'occupazione e l'uscita del REDI diventa bassa. All'istante 0,4 s cessa il segnale a 83,3 Hz e in contemporanea inizia la trasmissione di quello a 178 Hz codificato.

La trattazione qui svolta per singolo CdB è ovviamente generalizzabile al caso di più CdB con ovvio aumento della laboriosità e dei tempi di simulazione.

### 7. Modellistica e simulazione dei CdB in audiofrequenza tradizionali

Storicamente vengono utilizzati circuiti in audio frequenza in ambito PL o in generale ove vi è la necessità di sovrapporre un CdB ad uno a bassa frequenza esistente (se si escludono i

Finally, Fig. 43 shows the application of the method for a dual-track circuit at 83.3 Hz with PSK modulation. Upon occupation, the transmission of the 83.3 Hz signal is disabled, and a code with a carrier at 178 Hz, interrupted 420 times per minute (Infill code), is injected. In the two models in Fig. 43 at the two different frequencies, the other voltage generator is not short-circuited each time since the application alternates the transmission of the two signals to the track in terms of time (switching from the 83.3 Hz signal to the 178 Hz signal with the occupation of the first axle of the TC). Fig. 44 shows the results of (from top to bottom) the injected current in the power supply side rail, the field voltage on the REDI, the axle current with a receiving shunt

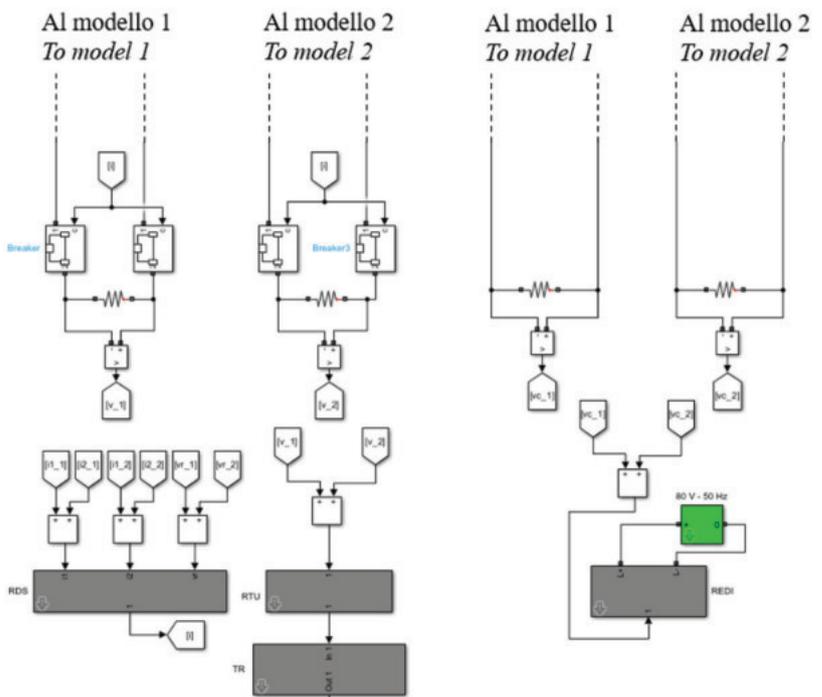


Figura 42 - Modello multifrequenza dei ricevitori.  
Figure 42 - Multi-frequency model of the receivers.

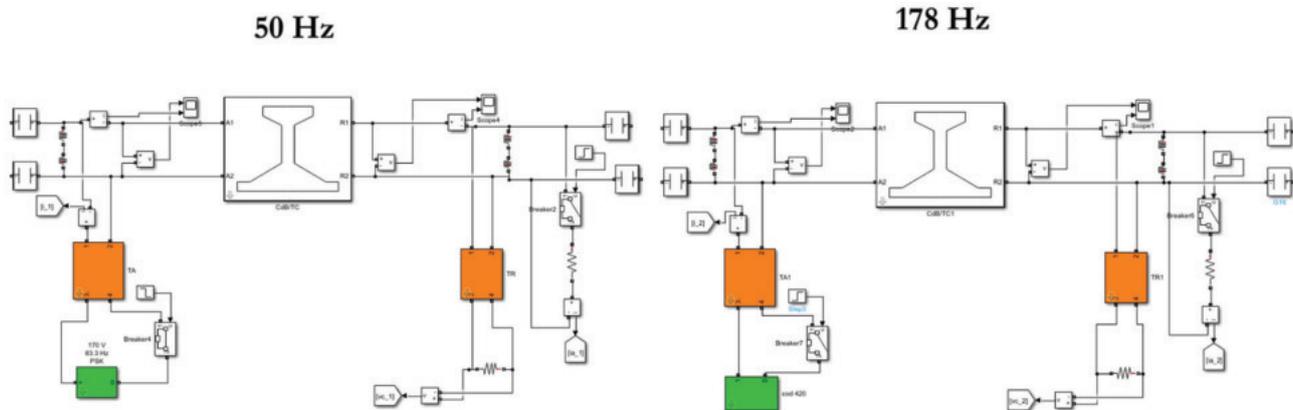


Figura 43 - Simulazione multifrequenza.  
 Figure 43 - Multi-frequency simulation.

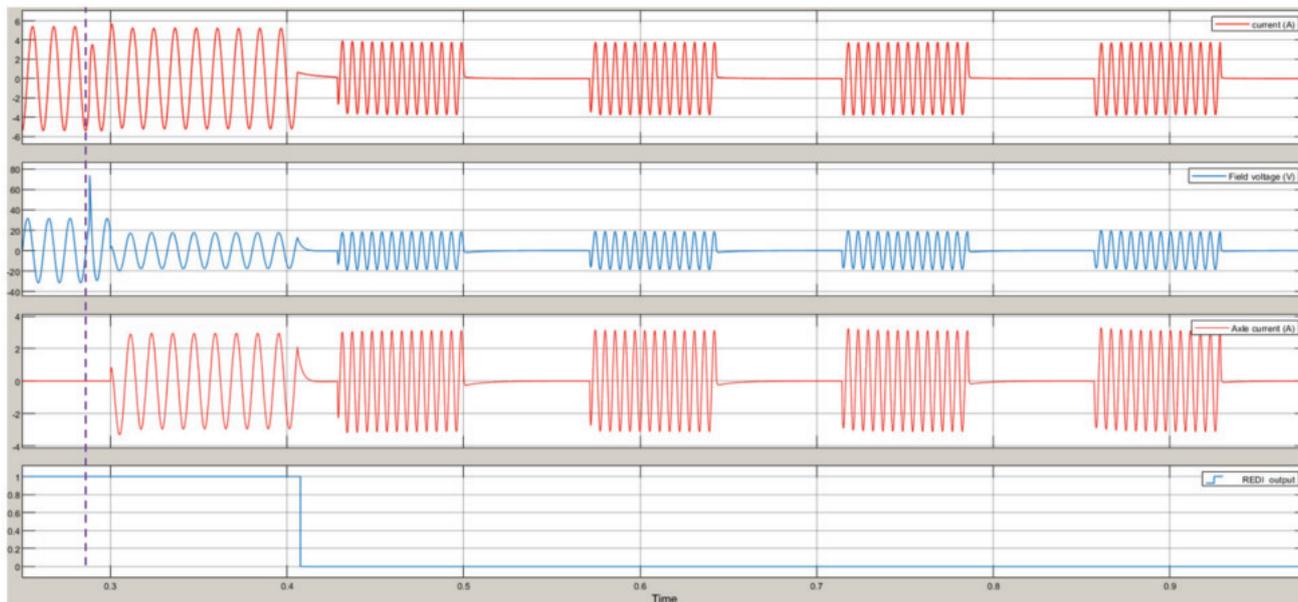


Figura 44 - Risultati simulazione multifrequenza.  
 Figure 44 - Multi-frequency simulation results.

CdB in audiofrequenza di Classe A utilizzati in contesti ERTMS/ETCS).

La modellazione di questi, oltre a prevedere diversi modelli per gli stadi TX e RX che gestiscano un opportuno segnale in audiofrequenza con modulazione *frequency-shift keying* (FSK) vede una sola differenza nella modellazione del binario ed è quella del ricorso ai parametri concentrati. Infatti dato che le frequenze variano da 1,6 KHz a 34 kHz (per i casi di CdB di Classe B) la lunghezza d'onda varierà rispettivamente tra 187 km e 8 km. Pertanto la modellizzazione del binario andrà effettuata con un gran numero di celle sempre di minor lunghezza via via che si sale in frequenza. Si raggiunge facilmente l'ordine di grandezza di una cella per una decina di metri, talvolta potrebbe risultare vantaggioso, in relazione al numero

of  $0.8 \Omega$ , and the REDI output. Note the phase change of the PSK law at the instant indicated by the purple segment. The figure shows that for the first 0.4 s, the signal to the track is at 83.3 Hz with PSK, at 0.3 s, the occupation occurs, and the REDI output becomes low. At 0.4 s, the 83.3 Hz signal ceases, and simultaneously, the transmission of the 178 Hz coded signal begins.

The treatment carried out for a single TC is, of course, generalizable to the case of multiple TCs, with an obvious increase in labor and simulation times.

### 7. Modeling and Simulation of Traditional Audio Frequency TCs

Historically, audio frequency circuits are used in the PL domain or in general where there is a need to overlap a TC in

e/o all'estensione dei CdB da simulare, utilizzare blocchi a parametri distribuiti per una più rapida costruzione del modello a fronte di un maggior tempo di simulazione, tuttavia in tal caso si perde la possibilità di visualizzare le grandezze elettriche all'interno dei blocchi distribuiti. Si sceglie l'una o l'altra possibilità a seconda dei casi.

Altro fattore da tener presente è che il CdB in audiofrequenza prevede una modulazione FSK e dunque l'alternarsi di due frequenze distanti di un certo delta dalla frequenza portante; di fatto però il delta è sufficientemente contenuto in modo tale che scegliendo di settare i parametri del binario per la sola frequenza portante non si introducono particolari errori.

Nei casi di simulazione in cui si voglia analizzare l'azione contemporanea del segnale in audiofrequenza con uno in bassa frequenza se si applica il metodo di cui al §6 è possibile utilizzare la diversa modellazione del binario per i sotto modelli alle due frequenze a vantaggio di tempo di simulazione.

## 8. Metodo di analisi

Di seguito verrà fornito processo generale da seguire al fine di impostare correttamente la modellazione e dunque simulazione relativa ad un'analisi che coinvolge i CdB.

Il primo passo fondamentale è definire il fenomeno da studiare, comprendere dal punto di vista teorico dunque i possibili legami causa-effetto su cui indagare, fatto ciò bisogna definire il numero e il tipo dei CdB da simulare. Successivamente bisogna scegliere se è utile o meno (in relazione allo scopo della propria analisi) introdurre o meno l'interazione della corrente di trazione. Infine bisogna scegliere se condurre una analisi multifrequenza o no. A questo punto è possibile procedere con la costruzione del foglio di simulazione tenendo presente di impostare correttamente i parametri del modello sulla scelta delle frequenze effettuata (parametri elettrici del binario, valore ohmico delle CI ecc...).

Ultimata la realizzazione del foglio di simulazione vanno eseguite delle simulazioni iniziali allo scopo di tarare i CdB oggetto della analisi, dopodiché si può procedere simulando tutti i vari scenari di interesse (CdB libero, CdB occupato, rottura giunti, squilibri rotaia, caduta di tensione, immunità ai disturbi ecc...) affinando e apportando eventuali migliorie alla modellazione sulla base dei risultati ottenuti.

Quando il processo di miglioramento converge e si ottengono simulazioni con risultati stabili che concordano con i comportamenti previsti dalla teoria si possono eseguire le simulazioni per raccogliere i risultati.

## 9. Conclusioni

Nel presente articolo dopo una trattazione generale sulla modellistica del binario, e delle principali apparec-

*an existing low-frequency circuit (excluding Class A audio frequency TCs used in ERTMS/ETCS contexts).*

*The modeling of these circuits, in addition to providing different models for TX and RX stages that manage an appropriate audio frequency signal with Frequency-Shift Keying (FSK) modulation, sees only one difference in the modeling of the track. Since the frequencies range from 1.6 kHz to 34 kHz (for Class B TC cases), the wavelength will vary between 187 km and 8 km, respectively. Therefore, the modeling of the track should be done with a large number of cells, progressively shorter as the frequency increases. It is easy to reach the order of magnitude of a cell for a dozen meters. Sometimes it might be advantageous, depending on the number and/or extent of TCs to be simulated, to use distributed parameter blocks for a quicker model construction at the expense of longer simulation time. However, in such a case, we lose the possibility of visualizing of electrical quantities inside the distributed block. You choose one or the other possibility depending on the cases.*

*Another factor to keep in mind is that the audio frequency TC involves FSK modulation, and therefore, the alternating of two frequencies distant by a certain delta from the carrier frequency. However, the delta is sufficiently small, and choosing to set the parameters of the track for only the carrier frequency does not introduce significant errors.*

*In cases where a simulation is desired to analyze the simultaneous action of an audio frequency signal with a low-frequency one, the method introduced in Section 6 can be applied, using the different track modeling for the sub-models at the two frequencies, to save simulation time.*

## 8. Analysis Method

*Below will provide general process to follow in order to properly set up modeling and therefore simulation related to an analysis involving TCs. The first fundamental step is to define the phenomenon to be studied, understanding theoretically the possible cause-effect relationships to investigate. After that, the number and type of TCs to simulate must be defined. Next, decide whether or not it is useful (in relation to the purpose of the analysis) to introduce the interaction of the traction current. Finally, decide whether to conduct a multifrequency analysis or not. At this point, you can proceed with the construction of the simulation sheet, keeping in mind to correctly set the model parameters based on the chosen frequencies (electrical parameters of the track, CI ohmic value, etc.).*

*Once the simulation sheet is completed, initial simulations should be carried out to calibrate the TCs under analysis. Afterward, simulate all the various scenarios of interest (free TC, occupied TC, joint breakages, rail imbalances, voltage drop, immunity to disturbances, etc.) refining and making any improvements to the model based on the obtained results. When the improvement process converges, and stable simulations with results consistent with the expected behaviors are obtained, the simulations can be rerun to collect the results.*

## 9. Conclusions

*The general process to follow in order to correctly set up the*

chiature che compongono il CdB si è proseguito con una serie di casi studi in cui si sono affrontati particolari aspetti della problematica.

La validazione del presente metodo è avvenuta attraverso attività di laboratorio e in campo in diverse attività dal 2020 ad oggi.

Tale metodo si presenta come un utile strumento per lo studioso che deve analizzare uno o più fenomeni di interesse, inoltre può risultare di interesse anche per il progettista IS per il dimensionamento del piazzale in termini di tarature e assorbimenti.

*modeling and therefore simulation relating to an analysis involving TCs will be provided below. In this article, after a general discussion on the modeling of the track and the main equipment that make up the TC, we continued with a series of case studies in which particular aspects of the problem were addressed.*

*The validation of this method took place through laboratory and field activities in various activities from 2020 to today.*

*This method presents itself as a useful tool for the scholar who must analyze one or more phenomena of interest, furthermore it can also be of interest for the IS designer for the sizing of the apron in terms of calibrations and absorptions.*

### BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] ORE A 122 (1973), "Etude des influences parasites sur les circuits de voie".
- [2] ILLICETO F. (1981), "Impianti elettrici Vol. I" - Pàtron editore.
- [3] ISASTIA CIMINO V. (2012), "Fondamenti di Macchine Elettriche, appunti dalle lezioni" – Praise Worthy Prize.
- [4] FINZI V. (1996), "Apparecchiature e impianti di sicurezza". Manuale del Ferelettrico. Vol.IV. Parte I – CIFI.
- [5] Ferrovie dello Stato (1958), "Circuiti di binario. Schemi di principi - Servizio Impianti Elettrici".
- [6] Ferrovie dello Stato (1994), "Blocco Automatico a correnti codificate – Procedura per l'esecuzione della regolazione delle apparecchiature di terra e di bordo per la captazione dei codici" - Area Rete, Servizio Impianti Elettrici.
- [7] RIPAMONTI P., DE BONI E., PASSI F. (1982), "Metodo e dispositivo per il riconoscimento del segnale proprio del circuito di binario in presenza di elevate correnti di disturbo: il rivelatore di squilibrio" – Ingegneria Ferroviaria, 1-2, 1982.
- [8] RFI (2019), "RFI DT ST SCCS SR IS 09 058 C. Rivelatore di Squilibrio (RdS)".
- [9] RFI (2016), "RFI DTC ST E SP IFS ES 415 A. Casse induttive per circuiti di binario con due fughe di rotaie isolate".
- [10] PRUSTY S., RAO M.V.S. (1984), "A Novel Approach for Predetermination of Magnetization Characteristics of Transformers Including Hysteresis" - IEEE Transactions on magnetics, Mag-20, n. 4, July 1984.

## La qualità è il nostro viaggio quotidiano.



### ISOTRACK

la divisione trasporti di ISOIL Industria Spa offre soluzioni di qualità da oltre vent'anni in ambito ferroviario.

#### LE NOSTRE APPLICAZIONI

- Treni ad Alta Velocità, Regionali e Mezzi d'Opera;
- Trasporto urbano su rotaia (metropolitane e tram) e gomma (autobus);
- Sistemi di sicurezza a bordo dei veicoli fino a SIL4.

#### SERVIZI DI QUALITÀ

- Riparazione qualificata della nostra strumentazione;
- Aggiornamento firmware display;
- Qualifica prodotti per sistemi Ready-to-Use;
- Supporto e consulenze per applicazioni specifiche.



[www.isoil.it](http://www.isoil.it)

ISOIL Industria s.p.a.  
Cinisello Balsamo - Milano (Italy)  
Via Fratelli Gracchi, 27  
tel. +39 0266027.1 - fax +39 026123202  
vendite@isoil.it

**ISOIL**  
INDUSTRIA  
Le soluzioni che contano



## Consumi ed impatti degli impianti a fune urbani: comparazione modale e tendenze moderne

### *Consumption and impacts of cable-driven People Movers: modal comparison and modern trends*

Stefano BAZZOLO<sup>(\*)</sup>

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.05.2024.ART.2>)

**Sommario** - Nonostante l'efficacia dei sistemi di trasporto a fune sia riconosciuta per il loro basso impatto energetico e ambientale, con consumi ed emissioni generalmente inferiori rispetto ad altri mezzi di trasporto, è assente nella letteratura scientifica un'analisi approfondita delle loro prestazioni energetiche in contesti urbani. Il presente studio mira a colmare tale lacuna, esaminando attraverso simulazioni l'impatto energetico e ambientale di un impianto a fune aereo in vari scenari urbani, in funzione di fattori come la pendenza del percorso e la capacità oraria di trasporto. Viene inoltre discussa l'applicabilità della tecnologia funiviaria in ambiti urbani e metropolitani, evidenziandone i vantaggi e le sfide. L'articolo presenta anche un caso di studio su un nuovo tipo di impianto a fune ibrido, il sistema CableSmart, implementato per la prima volta in Svizzera nel dicembre 2023, che integra tecnologie funiviaria e automotrice per superare i limiti tradizionali dei sistemi a fune.

#### 1. Introduzione

L'attuale paradigma di mobilità urbana, ancora fortemente sbilanciato verso l'auto privata come principale mezzo di trasporto, mostra chiaramente la sua insostenibilità dai punti di vista sociale, economico, energetico e – di conseguenza – ambientale. Ciononostante, l'auto privata rimane il mezzo principale con cui i passeggeri soddisfano le proprie esigenze di trasporto nelle aree urbane, per gli indubbi vantaggi che presenta, quali la personalizzazione del viaggio sia in termini di percorso sia di orari, gli elevati standard di comfort e il basso costo percepito.

È quindi necessario, per rimuovere i limiti dell'evoluzione delle città e della qualità della vita dei cittadini, definire un'offerta di trasporto in grado di mantenere i punti di forza tipici dell'auto privata, rimuovendone i punti di insostenibilità.

In questo contesto, i sistemi di trasporto a fune pos-

**Summary** - Although the effectiveness of aerial ropeway systems is recognized for their low energy and low environmental impact, with generally lower consumption and emissions than other means of transport, an in-depth analysis of their energy performance in urban contexts is lacking in the scientific literature. This study aims to fill this gap by examining through simulations the energy and environmental impact of an aerial ropeway in various urban scenarios, depending on factors such as the gradient of the route and the hourly transport capacity.

The applicability of ropeway technology in urban and metropolitan areas will be also discussed, highlighting its advantages and challenges. The article also presents a case study about a new type of hybrid cable car plant, the CableSmart system, first implemented in Switzerland in December 2023, which integrates ropeway and self-propelled technologies to overcome the traditional limitations of ropeway systems.

#### 1. Introduction

The current urban mobility paradigm, still strongly skewed towards the private car as the main means of transport, clearly shows its unsustainability from social, economic, energy and - consequently - environmental points of view. Nevertheless, the private car remains the main transport system which passengers fulfil their transport needs in urban areas, due to its undoubted advantages such as the personalization of the trip in terms of both route and timetable, high standards of comfort and low perceived cost.

It is therefore necessary, in order to remove the limits to the evolution of the cities and the quality of the citizens' life, to define a transport offer capable of maintaining the typical strengths of the private car while removing its points of unsustainability.

In this context, rope-driven transport systems can play

<sup>(\*)</sup> Politecnico di Torino, dip. DIATI- Trasporti. Dimensione Ingegnerie.

<sup>(\*)</sup> Politecnico di Torino, dip. DIATI- Trasporti. Dimensione Ingegnerie.

sono giocare un ruolo importante, per via di loro caratteristiche quali il basso impatto energetico e la capacità di superare facilmente ingenti dislivelli e ostacoli naturali ed antropici con basso impatto al suolo, che rendono tale tecnologia particolarmente adatta in ambiti urbani.

Proprio con riferimento all'impatto energetico, e quindi ambientale, relativo alla tecnologia funiviaria, il presente articolo fornisce una dissertazione sui consumi specifici [kWh/(pass·km)] e sulle emissioni specifiche [gCO<sub>2</sub>/(pass·km)] relativi alla tecnologia funiviaria, quantificandoli e definendo la relazione tra questi e differenti variabili geometriche (pendenza) e di utilizzo (capacità oraria, fattori di riempimento) della linea.

Infine, citando, parallelamente ai punti di forza di installazioni funiviarie, anche le debolezze che ne limitano l'adozione in ambiti metropolitani, quali la complessità di definire tratte non rettilinee e la difficoltà di integrazione delle stazioni nel tessuto urbano, viene richiamato e descritto il sistema di trasporto ibrido denominato CableSmart, già oggetto dell'analisi pubblicata in [1]. A differenza di quelli dei tradizionali impianti funiviari, i veicoli del sistema CableSmart ospitano a bordo batterie e super-condensatori, in grado di fornire energia per il comfort delle cabine e per il loro moto: i veicoli sono infatti automotori quando sono disammorsati dalla fune traente, quindi durante il transito in stazione e durante la copertura di segmenti su rotaia, in cui il veicolo si muove autonomamente grazie a ruote automotrici installate nei pressi della morsa del veicolo stesso.

## 2. Stato dell'arte

L'elevata efficienza energetica e il basso impatto energetico ed ambientale della tecnologia funiviaria sono noti e riferiti dall'esistente letteratura.

Seppure con risultati specifici e puntuali, infatti, [2] riporta che la tecnologia funiviaria consente un risparmio, in termini di impatto energetico unitario [kWh/(pass·km)], e conseguentemente di emissioni specifiche [gCO<sub>2</sub>/(pass·km)] di circa il 40% rispetto a treni regionali e metropolitani, di circa il 50% rispetto a navette e tram, e di quasi il 70% comparato a bus e ad automobili private. Tali risultati si dimostrano essere coerenti ed intonati con quelli evidenziati da [3].

Il relativamente basso impatto energetico della tecnologia funiviaria è dovuto al fatto che il moto viene trasferito ai veicoli tramite un corpo, la fune, dalla limitata inerzia. Inoltre, la presenza di unico motore localizzato in una delle stazioni consente l'adozione di propulsori più grandi, e quindi mediamente più efficienti, rispetto a quelli associati ad una motorizzazione distribuita. Infine, in caso di linee inclinate, la tecnologia funiviaria permette di recuperare l'energia potenziale ceduta da veicoli e passeggeri nel ramo di discesa, che viene reimpressa nel sistema e utilizzata per aumentare quota ed energia potenziale di veicoli e passeggeri nel ramo di salita.

*an important role, due to their characteristics such as the low energy impact and the ability to easily overcome large height differences and natural and anthropic obstacles with low ground impact, which make this technology particularly suitable in urban areas.*

*Precisely with reference to the energy, and thus environmental, impact of ropeway technology, this article provides a dissertation about the specific consumption [kWh/(pass·km)] and specific emissions [gCO<sub>2</sub>/(pass·km)] related to ropeway technology, quantifying them and defining the relationship between them and different geometric (slope) and utilization (hourly capacity, filling factors) variables of the line.*

*Finally, mentioning, alongside the strengths of cableway installations, also the weaknesses that are limiting their adoption in metropolitan areas, such as the complexity of defining non-rectilinear routes and the difficulty of integrating the stations into the urban fabric, the hybrid transport system known as CableSmart, already the subject of the analysis published in [1], is described. Unlike those of traditional cableway plants, the vehicles of the CableSmart system house on-board batteries and super-capacitors, able of supplying energy for the comfort of the cabins and for their motion: in fact, the vehicles are self-propelled when they are not gripped to the hauling rope, id est during transit through the station and during the covering of rail segments, in which the vehicle moves autonomously thanks to self-propelled wheels installed near the grip of the vehicle itself.*

## 2. State of the art

*The high energy efficiency and low energy and environmental impact of ropeway technology are known and reported in existing literature. Although with specific and circumscribed results, in fact, [2] reports that ropeway technology allows savings, in terms of unit energy impact [kWh/(pass·km)], and consequently specific emissions [gCO<sub>2</sub> / (pass·km)] of around 40% compared to stopping and urban trains, around 50% compared to shuttles and trams, and almost 70% compared to buses and private cars. These results prove to be consistent and in tune with those highlighted by [3].*

*The relatively low energy impact of ropeway technology is due to the fact that motion is transferred to the vehicles through an object, the rope, with limited inertia. Furthermore, the presence of a single engine localized in one of the stations allows the adoption of larger, and therefore on average more efficient, propulsion units than those associated with distributed motorization. Finally, in the case of inclined lines, cableway technology allows the potential energy given up by vehicles and passengers in the descent branch to be recovered, feeding it back into the system and using it to increase the altitude and potential energy of vehicles and passengers in the ascent branch.*

*On the other hand, the greatest source of energy loss associated with ropeway technology is the friction between the*

Dall'altra parte, la maggior fonte di perdita energetica associata alla tecnologia funiviaria è l'attrito tra la fune metallica e i rulli, che sono ricoperti da una banda di materiale gommoso. Unitariamente, tali attriti sono di entità modesta: la normativa italiana, all'articolo 15.2.2.3 del Decreto Dirigenziale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DD 18 giugno 2021 impone, in fase di progettazione, di considerare per il calcolo degli attriti con rulli con rivestimenti esterni in gomma il coefficiente teorico pari al 3,0%. La coerenza di tale valore con i risultati effettivi di sistemi funiviari funzionanti sono stati analizzati da [4], in cui gli autori hanno dimostrato, sia mediante simulazioni teoriche sia tramite misurazioni delle performance energetiche relative a telecabine in esercizio, che il prima citato valore del 3,0% del carico verticale appare essere sovrastimato, e propongono un valore tra l'1,0% e l'1,5% per riuscire a fotografare il comportamento reale. In ogni caso, seppure il valore unitario di attrito tra la fune e il singolo rullo appaia relativamente esiguo, poiché in una installazione funiviaria possono essere presenti alcune centinaia di rulli, il contributo complessivo è tutt'altro che trascurabile: a titolo di esempio, si cita che in una tradizionale seggiovia il consumo energetico associato ai rulli può essere nell'ordine dell' 85%.

In contesti urbani, la tecnologia funiviaria appare ancora applicata in maniera modesta, in quanto sono ancora rare le installazioni funiviarie urbane e metropolitane, per lo più relegate in contesti specifici e particolari. Al fine di superare i limiti che impediscono a questa tecnologia una capillare applicazione anche in contesti urbani, sono stati negli ultimi anni progettati e sviluppati sistemi di trasporto ibridi, in grado di fare sinergia tra i punti di forza tipici della tecnologia funiviaria e quelli tipici di sistemi su ruota. È il caso di CableSmart, descritto in dettaglio in [1] e oggetto di ulteriori studi riportati nel presente articolo.

In generale, l'utilizzo di impianti a derivazione funiviaria in ambito urbano è stato dettagliatamente esplorato in [5], che contiene una dissertazione di impianti funiviari dal punto di vista trasportistico, strutturale, ed energetico; e in [6].

### 3. Attuale paradigma della mobilità urbana

Nel 2023, la popolazione globale ha superato gli 8 miliardi di persone [7]. La quota parte di persone che vivono in aree urbane è, a livello mondiale, più del 60%: la popolazione urbana ha infatti superato quella rurale nei primi anni di questo secolo e continua a crescere esponenzialmente.

Nel 2016, erano censite a livello mondiale 1.063 città che ospitavano più di 4 miliardi di persone; è previsto che nel 2030 le aree urbane con più di 500.000 abitanti saranno 1.393 (+31%), ed ospiteranno più di 5 miliardi di persone (+25%) [8], come viene esplicitato dalla seguente Tab. 1 e Fig. 1.

Dal punto di vista trasportistico, le città sono anco-

*hauling rope and the rollers, which are covered by a band of rubbery material. Unitedly, such friction is modest: the Italian regulations, in Article 15.2.3 of the Ministry of Infrastructure and Transport's Executive Decree DD 18 June 2021, require that, during the design phase, a theoretical coefficient of 3.0% should be considered when calculating friction with rollers with rubber outer coverings. The consistency of this value with the actual results of functioning ropeway systems has been analyzed by [4], in which the authors demonstrated, by both means of theoretical simulations and means of measurements of the energy performance of ropeways in operation, that the previously mentioned value of 3.0% of the vertical load appears to be overestimated, and they proposed a value between 1.0% and 1.5% in order to be able to capture the real behavior. In any case, even if the unit value of friction between the rope and the individual roller appears relatively small, since in a ropeway installation there may be several hundred rollers, the overall contribution is far from negligible: by way of example, it is mentioned that in a traditional chairlift the energy consumption associated with the rollers may be in the order of 85%.*

*In urban contexts, ropeway technology still appears to be applied modestly, as metropolitan ropeway installations are still rare and mostly relegated to specific and particular contexts. In order to overcome the limitations that prevent this technology from being widely applied also in urban contexts, hybrid transport systems -capable of combining the strengths typical of ropeway technology with those classic of wheeled systems- have been designed and developed in recent years. This is the case with CableSmart, described in detail in [1] and the subject of further studies in this article.*

*In general, the use of ropeway-derived systems in urban areas has been explored in detail in [5], which contains a dissertation on ropeway systems from a transport, structural, and energy perspective; and in [6].*

### 3. Current urban mobility paradigm

*In 2023, the global population exceeded 8 billion people [7]. The share of people living in urban areas is, globally, more than 60%: the urban population surpassed the rural population in the first years of this century and continues to grow exponentially.*

*In 2016, there were 1,063 cities worldwide, home to more than 4 billion people; by 2030, urban areas with more than 500,000 inhabitants are expected to number 1,393 (+31%), and to be home to more than 5 billion people (+25%) [8], as shown in the following Tab. 1 and Fig. 1.*

*From a transport point of view, cities are still dominated by private car use. In fact, even at European level, more than half of the transport demand in urban areas is met by the private car [9].*

*The graph reported in the Fig. 1 shows the share of transport needs within the municipality and within the metropolitan area that is met by private car use in several European cities.*

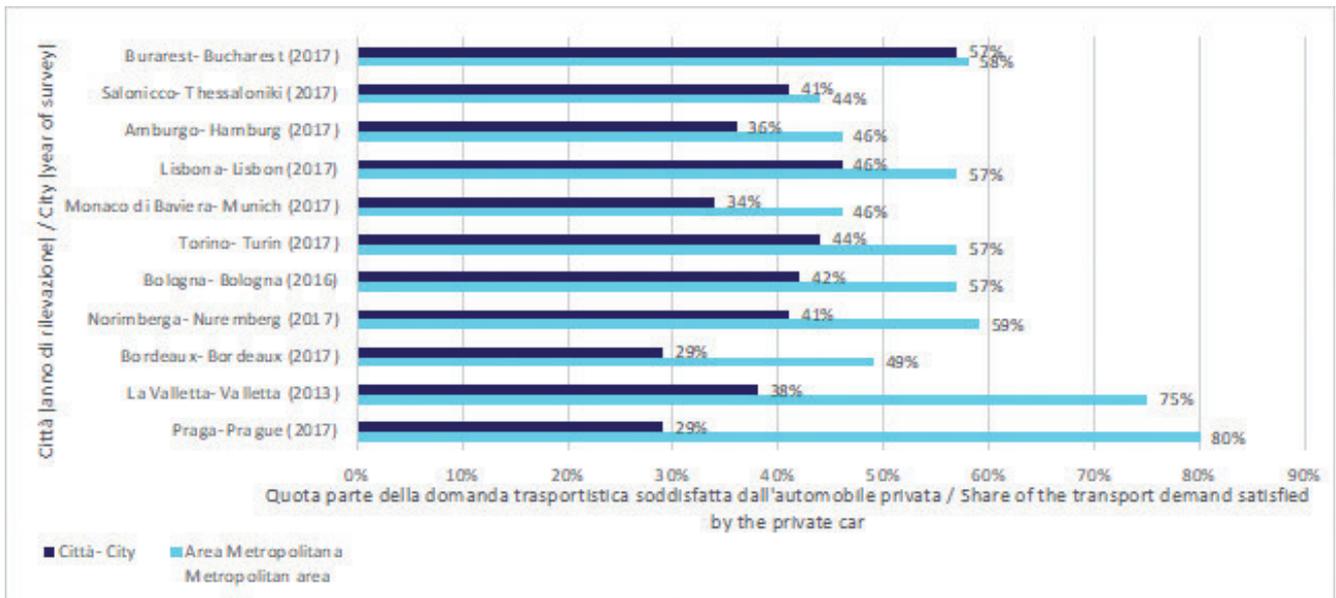


Figura 1 - Quota di domanda di trasporto che viene soddisfatta dall'automobile privata in alcune città europee, considerando il centro città e l'area metropolitana, elaborazione sulla base di [9].

Figure 1 - Share of transport demand that is satisfied by the private car in some European cities, considering city center and metropolitan area, elaboration based on [9].

Tabella 1 – Table 1

Numero, popolazione e quota di popolazione che vive nelle città nel 2016 e nel 2030 (proiezione), elaborazione sulla base di [8]

Number, population and share of population living in cities in 2016 and 2030 (projection), elaboration based on [8]

	2016			2030		
	Insedimenti Settlements [#]	Popolazione Population [milioni] [millions]	Quota parte della popolazione mondiale Share of the world population [%]	Insedimenti Settlements [#]	Popolazione Population [milioni] [millions]	Quota parte della popolazione mondiale Share of the world population [%]
Aree urbane/ Urban areas	-	4.034	54,5%	-	5.058	60,1%
> 10 milioni / > 10 millions	31	500	6,8%	41	730	8,7%
da 5 a 10 milioni/ 5 to 10 millions	45	308	4,2%	63	434	5,2%
da 1 a 5 milioni/ 1 to 5 millions	436	861	11,6%	558	1.128	13,4%
da 500.000 a 1 milione / 500k to 1 million	551	380	5,1%	731	509	6,0%
< 500.000 / < 500.000	-	1.985	26,8%	-	2.257	26,8%
Aree rurali/ Rural areas	-	3.371	45,5%	-	3.367	40,0%

ra dominate dall'utilizzo dell'automobile privata. Infatti, anche a livello europeo, più della metà della domanda di trasporto in ambito urbano è soddisfatta dall'auto privata [9].

*This paradigm, still strongly rewarding the widespread use of the private car, no longer appears sustainable from several points of view, and it is increasingly showing the criticalities it causes.*

Il grafico riportato nella Fig. 1 mostra la quota parte delle esigenze trasportistiche all'interno della municipalità e all'interno dell'area metropolitana che viene soddisfatta tramite l'utilizzo dell'automobile privata in diverse città europee.

Tale paradigma, ancora fortemente premiante dell'utilizzo capillare dell'automobile privata, non appare più sostenibile da diversi punti di vista, e sta sempre di più mostrando con evidenza le criticità di cui è causa.

## i) Traffico e congestione

A livello europeo, traffico e congestioni stradali in ambito urbano sono responsabili della perdita di circa 4.500 minuti per autista per anno, corrispondenti a più di 9 giorni di lavoro. In termini monetari, ciò corrisponde ad un detrimento annuale di circa 20 miliardi di euro [10].

## ii) Emissioni di inquinanti

Il motore a combustione interna, a causa di inefficienze nelle reazioni chimiche di combustione, produce e rilascia in atmosfera sostanze inquinanti, come ossidi di azoto  $\text{NO}_x$  e particolato.

Nonostante gli effetti dell'inquinamento, in termini di salute dei cittadini e specificatamente di decessi causati dall'esposizione a polveri sottili  $\text{PM}_{2,5}$ , abbiamo visto una drastica riduzione in anni recenti (-45% negli ultimi 15 anni), nei Paesi europei nel 2020 sono decedute prematuramente almeno 238.000 persone a causa dell'inquinamento da  $\text{PM}_{2,5}$  al di sopra delle linee guida redatte dall'Organizzazione Mondiale della Sanità - World Health Organization (WHO) di  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e 49.000 persone sono morte prematuramente a causa dell'esposizione al biossido di azoto  $\text{NO}_2$  [11]. Inoltre, l'inquinamento atmosferico ha un importante impatto anche in termini di diminuzione della qualità di vita dei cittadini: viene stimato che circa 175.000 europei vivano con disabilità croniche a causa di malattie polmonari ostruttive causate dall'esposizione a  $\text{PM}_{2,5}$ .

## iii) Emissioni di anidride carbonica $\text{CO}_2$

A livello mondiale, l'attività antropica è stata causa dell'emissione nell'atmosfera terrestre di più di 35 Gt di  $\text{CO}_2$  all'anno, e questo valore è in drammatica crescita negli ultimi anni: è stata infatti immessa più anidride carbonica  $\text{CO}_2$  in atmosfera negli ultimi 30 anni che nell'intera storia umana precedente [12].

L'impatto ambientale, in termini di emissioni di  $\text{CO}_2$ , del settore automobilistico è tutt'altro che trascurabile: le automobili private sono infatti responsabili di circa il 37,5% delle emissioni adducibili al settore trasporti, le quali corrispondono ad una quota parte di circa 20,8% del totale di emissioni di anidride carbonica da fonte antropica [13]. A livello di dettaglio, una tipica automobile emette circa 4,6 tonnellate di  $\text{CO}_2$  all'anno [14].

Nonostante il potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) del metano sia circa 25 volte quello dell'anidride carbonica, l'effetto di quest'ultimo gas

## i) Traffic and congestion

*On a European level, traffic and congestion in urban areas are responsible for the loss of around 4,500 minutes per driver per year, corresponding to more than nine working days. In monetary terms, this corresponds to an annual loss of around 20 billion euros [10].*

## ii) Emissions of pollutants

*The internal combustion engine, due to inefficiencies in chemical combustion reactions, produces and releases pollutants into the atmosphere, such as nitrogen oxides  $\text{NO}_x$  and particulate matter.*

*Although the effects of pollution, in terms of the health of citizens and specifically of deaths caused by exposure to fine particulate matter  $\text{PM}_{2,5}$ , have seen a drastic reduction in recent years (-45% in the last 15 years), in 2020 in Europe at least 238,000 people prematurely died due to levels of  $\text{PM}_{2,5}$  pollution above the World Health Organization (WHO) guidelines of  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ , and 49,000 people prematurely died due to exposure to nitrogen dioxide  $\text{NO}_2$  [11]. In addition, air pollution also has an important impact in terms of decreasing citizens' quality of life: it is estimated that approximately 175,000 Europeans live with chronic disabilities due to obstructive lung disease caused by exposure to  $\text{PM}_{2,5}$ .*

## iii) Carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) emissions

*Globally, anthropogenic activity has been responsible for the emission of more than 35 Gt of  $\text{CO}_2$  into the earth's atmosphere per year, and this figure has been rising dramatically in recent years: more carbon dioxide  $\text{CO}_2$  has been emitted into the atmosphere in the last 30 years than in the whole of previous human history. [12].*

*The environmental impact, in terms of  $\text{CO}_2$  emissions, of the automotive sector is far from negligible: private cars are responsible for about 37.5 per cent of the emissions attributable to the transport sector, which corresponds to about 20.8 per cent of the total anthropogenic carbon dioxide emissions [13]. In detail, a typical car emits about 4.6 tons of  $\text{CO}_2$  per year [14].*

*Although the Global Warming Potential (GWP) of methane is about 25 times higher than the carbon dioxide one, the effect of the  $\text{CO}_2$  greenhouse gas in increasing the earth's temperature is far from negligible; in fact, carbon dioxide accounts for the majority of greenhouse gases released into the atmosphere (about 80% in Europe, as described in [15]). For these reasons, the current transport paradigm, which is strongly skewed towards the use of private cars, is not compatible with the numerous international commitments that have been signed by almost the entire world community and which have highlighted the need to contain the increase in the earth's surface temperature compared to the pre-industrial era below  $2^\circ\text{C}$ .*

## iv) Road Safety

*In 2022, 165,889 road accidents occurred in Italy, injuring 223,475 and killing 3,159 people [16], corresponding to almost 9 fatalities per day.*

serra nell'aumento della temperatura terrestre è tutt'altro che trascurabile; infatti, l'anidride carbonica rappresenta la maggior parte dei gas serra rilasciati nell'atmosfera (circa l'80% in Europa, come descritto in [15]). Per tali considerazioni, l'attuale paradigma trasportistico fortemente sbilanciato verso l'utilizzo dell'auto privata non è compatibile con i numerosi impegni internazionali che sono stati firmati dalla quasi interezza della comunità mondiale e che hanno evidenziato l'esigenza di contenere l'aumento di temperatura della superficie terrestre rispetto all'era preindustriale al di sotto dei 2°C.

#### iv) Sicurezza stradale

Nel 2022, in Italia, si sono verificati 165.889 incidenti stradali, che hanno causato il ferimento di 223.475 e la morte di 3.159 persone [16], corrispondenti a quasi 9 persone decedute al giorno.

Nei Paesi europei, 46 persone ogni 1.000.000 abitanti muoiono ogni anno a causa di incidenti stradali (il valore italiano è leggermente più elevato e si colloca a 53 morti ogni milione di abitanti) [17]: in altre parole, ogni europeo ha, ogni anno, una probabilità dello 0,046‰ di morire a causa di un incidente stradale.

#### v) Limitazione all'evoluzione urbana

Il paradigma trasportistico urbano è uno dei fattori che influenzano e guidano lo sviluppo delle città.

Negli anni '30 del XIX secolo, Londra fu la prima città europea a raggiungere il milione di abitanti dopo la Roma Traiana (II secolo) e, quasi simultaneamente, fu vittima di numerose epidemie di colera, causate dalle precarie condizioni igieniche a loro volta dovute al sovraffollamento e al sistema trasportistico. Al tempo, infatti, i mezzi di trasporto più comune erano i cavalli e le carrozze trainate da cavalli, e l'offerta di trasporto urbano per oltre un milione di abitanti era causa di degrado delle condizioni igieniche per effetto delle deiezioni delle centinaia di migliaia di equini necessari.

Questo, che fu un reale collo di bottiglia allo sviluppo delle città nel XIX secolo, tanto che era opinione comune da parte degli urbanisti che il milione di abitanti fosse il naturale limite imposto alla crescita degli agglomerati urbani, si risolse quando l'avvento e la diffusione del motore a combustione interna e della motorizzazione rese possibile da parte di autobus e automobili la sostituzione dei sistemi movimentati tramite trazione animale.

Ai giorni nostri, in modo equivalente a quanto accaduto durante il XIX secolo, il mondo sta affrontando un collo di bottiglia nello sviluppo delle città e nella qualità di vita dei cittadini, causato dagli effetti del paradigma di trasporto urbano, in questo caso dominato dall'automobile privata. Infatti, non è possibile pensare ad un dirimpente concetto di città senza modificare il paradigma trasportistico, ancorato a tecnologie del XIX secolo. Ad esempio, il partito comunista cinese, massimo organo della Repubblica Popolare Cinese, nel 2016 ha decretato la pianificazione di nuove città intelligenti e senza automobili private, per

*In European Countries, 46 people per 1,000,000 inhabitants die each year as a result of road crashes (the Italian figure is slightly higher: 53 deaths per million inhabitants) [17]: in other words, every European has a 0.046‰ chance of dying in a road crash every year.*

#### v) Limitation of urban evolution

*The urban transport paradigm is one of the factors influencing and guiding the development of cities.*

*In the 1830s, London was the first European city to reach one million inhabitants after Trajan's Rome (2nd century) and, almost simultaneously, it was the victim of numerous cholera epidemics, caused by poor hygienic conditions due to the overcrowding and to the transport system. At the time, in fact, the most common means of transport were horses and horse-drawn carriages, and the provision of urban transport for over a million inhabitants was the cause of deteriorating hygienic conditions due to the droppings of the hundreds of thousands of horses required.*

*This, which was a real bottleneck to the development of cities in the 19th century, so much so that it was commonly believed by town planners that the million inhabitants was the natural limit imposed on the growth of urban agglomerations, was resolved when the advent and the spread of the internal combustion engine and motorization made it possible for buses and cars to replace animal-drawn systems.*

*Nowadays, in a manner equivalent to what happened during the 19th century, the world is facing a bottleneck in the development of cities and the quality of life of citizens, caused by the effects of the urban transport paradigm, in this case dominated by the private car. Indeed, it is not possible to think of a disruptive city concept without changing the transport paradigm, which is anchored in 19th century technologies. For instance, the Chinese Communist Party, the highest organ of the People's Republic of China, in 2016 decreed the planning of new smart cities without private cars, to manage the placement of approximately 300,000,000 people (equal to almost the entire population of the United States of America) in urban areas by 2030 [18].*

#### vi) Land consumption

*In many cities, land consumption and its unavailability are a limiting and binding factor for the construction of new roads and the expansion of existing ones. This causes inertia in the ability of transport supply, as far as roads are concerned, to follow and adapt to demand.*

#### vii) Low utilization rate

*In Italy, on average, each car owner uses their car 85 minutes a day, for 286 days a year [19]. It follows that each Italian car is used on average only 9% of the time.*

*Despite the just mentioned weaknesses, the private car remains the preferred choice for the majority of citizens to satisfy their mobility needs, due to some undoubted advantages that this technology presents:*

- *It is based on mature, reliable and efficient technology.*
- *It has a low perceived cost of use, as the passenger does*

gestire la collocazione in aree urbane di circa 300.000.000 di persone (pari a quasi l'intera popolazione degli Stati Uniti d' America) entro il 2030 [18].

vi) Consumo di suolo

In molte città, il consumo di suolo e la sua indisponibilità sono un elemento limitante e vincolante per la costruzione di nuove strade e per l'espansione delle esistenti. Ciò è causa di inerzia nella capacità dell'offerta trasportistica, per quanto riguarda le strade, di seguire e di adattarsi alla domanda.

vii) Basso tasso di utilizzo

In Italia, in media, ogni proprietario di automobili utilizza la propria automobile 85 minuti al giorno, per 286 giorni all'anno [19]. Ne consegue che ogni automobile italiana è utilizzata in media per appena il 9% del tempo.

Nonostante i punti di debolezza appena menzionati, l'automobile privata rimane la scelta preferita da parte della maggioranza dei cittadini per soddisfare le proprie esigenze di mobilità, a causa di alcuni indubbi vantaggi che questa tecnologia presenta:

- Si basa su una tecnologia matura, affidabile ed efficiente.
- Ha un basso costo di utilizzo percepito, in quanto il passeggero non deve pagare un biglietto per il viaggio, e poiché i costi nascosti ed ancillari, come l'ammortamento del veicolo, l'assicurazione, la tassa automobilistica, ed eventuali spese di danneggiamento, sono normalmente sottostimati dai guidatori.
- Ha elevati standard in termini di comfort, grazie a sistemi ancillari come aria condizionata e sistemi di *in-fo-tainment*.
- Permette una completa customizzazione del viaggio, in termini sia di percorso sia di tempistiche.

Al fine di mantenere questi punti di forza e di eliminare allo stesso tempo i vincoli imposti dall'automobile privata, nella seconda metà dello scorso secolo sono stati sviluppati i sistemi *Public Rapid Transit* (PRT), sistemi di trasporto pubblico che ambiscono a raggiungere alti livelli di customizzazione del viaggio tramite veicoli con relativamente bassa capienza (6-10 persone) che si susseguono con una elevata frequenza (un veicolo ogni manciata di secondi).

L'adozione di questi sistemi appare però molto rara e relegata ad alcuni specifici contesti, come gli aeroporti, che hanno necessità trasportistiche molto differenti rispetto a quelle tipiche della mobilità urbana: esistono in tutto il mondo solo qualche unità di PRT, che coprono complessivamente una distanza nell'ordine dei 20 km e sono localizzati come riportato dalla mappa nella seguente Fig. 2.

La motivazione di tale scarsa adozione di sistemi PRT è duplice: da una parte essi sono sviluppati su una tecnologia datata, risalente allo scorso secolo, che non tiene in considerazione le recenti innovazioni in ambito informatico e meccatronico, e dall'altra si basano sulla normativa ferroviaria, molto restrittiva e che ha impedito ai sistemi

*not have to pay a ticket for the journey, and because hidden and ancillary costs, such as vehicle depreciation, insurance, car tax, and damage charges, are normally underestimated by drivers.*

- *It has high standards in terms of comfort, thanks to ancillary systems such as air conditioning and infotainment systems.*
- *It allows complete customization of the trip, in terms of both route and timing.*

*In order to maintain these strengths and at the same time to remove the constraints imposed by the private car, Public Rapid Transits (PRTs) systems were developed in the second half of the last century. These are public transport systems that aim to achieve high levels of customization of travel through vehicles with relatively low capacity (6-10 persons) that follow each other with a high frequency (one vehicle every few seconds).*

*However, the adoption of these systems appears to be very rare and relegated to a few specific contexts, such as airports, which have very different transport needs than those typical of urban mobility: there are only a few PRT units in the whole world, covering a total distance in the order of 20 km and located as shown on the map in the following Fig. 2.*

*The reason for this low uptake of PRT systems is twofold: on the one hand, they are developed on an outdated technology, dating back to the last century, which does not take into account recent innovations in computing science and mechatronics; and on the other hand, they are based on railway regulations, which are very restrictive and have prevented PRT systems from being economically competitive with traditional means of transport.*

*Despite the negative response that these systems have received from the market, the need to define transport systems that are both 'private', in the sense that they allow a high degree of customization of the journey, and 'public' remains central.*

*In this context, people movers with rope traction (C-APMs), public transport systems in which motion is transmitted to the vehicles by means of a pulling rope, have been developed in recent years and are discussed in [20] with regard to the guidelines for their design. In particular, despite the fact that such C-APM systems require a fixed seat and the construction of a ropeway-type infrastructure, a high degree of customization of the journey can be achieved in terms of both route and timing (as these systems are characterized by low-capacity vehicles following each other at high frequency).*

#### 4. Current condition of the ropeway market

*Already in 2016, the number of ropeway installations worldwide exceeded 29,000, and more than 60 per cent of them were located in the Alps and Western Europe (around 17,500) [21].*

*The world ropeway market is still heavily skewed towards the tourism-mountain sector: around 60% of new*

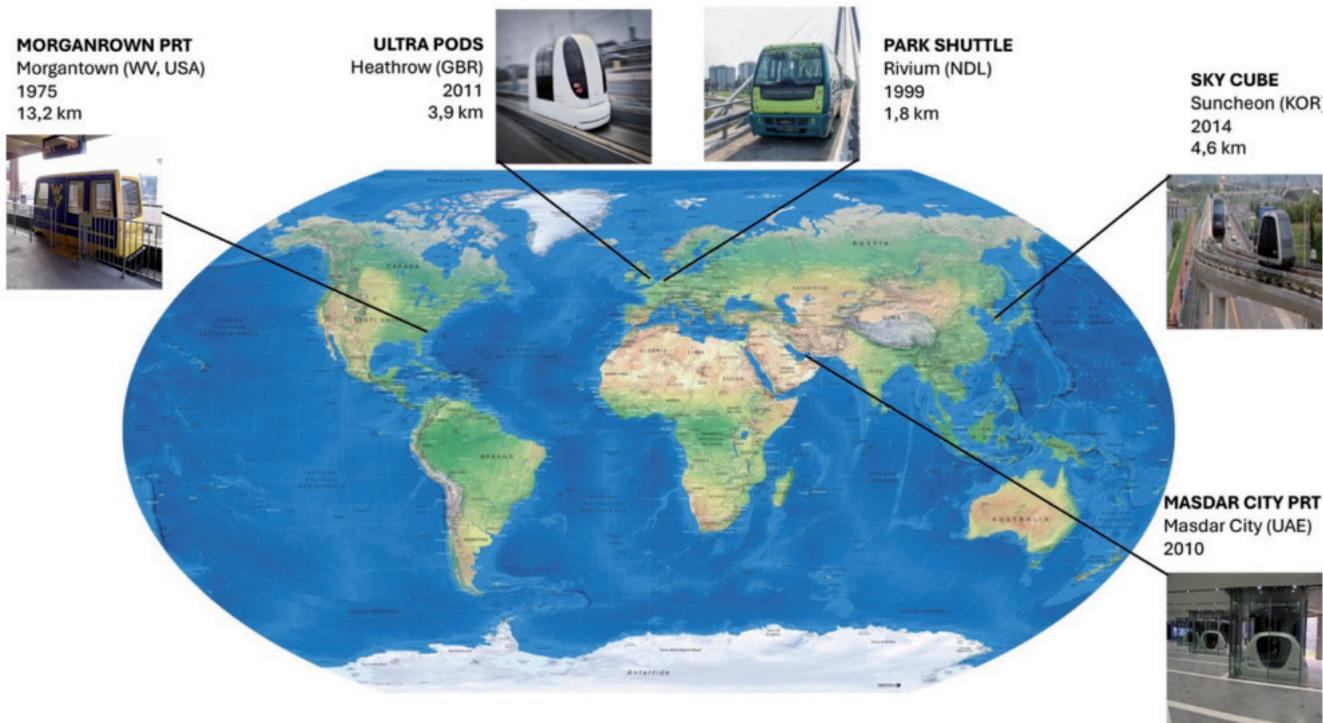


Figura 2 - Mappa delle installazioni di PRTs nel mondo.  
 Figure 2 - Map of PRTs installations worldwide.

PRT di essere economicamente competitivi con i tradizionali mezzi di trasporto.

Nonostante la risposta negativa che questi sistemi hanno ricevuto dal mercato, rimane centrale l'esigenza di definire sistemi di trasporto che siano allo stesso tempo "privati", nel senso che consentono un'elevata customizzazione del viaggio, e "pubblici".

In questo contesto, negli ultimi anni sono stati sviluppati i *people movers* a fune (C-APM), sistemi di trasporto pubblici in cui il moto viene trasmesso ai veicoli tramite l'ammorsamento ad una fune traente, che sono trattati in [20] per quanto riguarda le linee guida per la loro progettazione. In particolare, nonostante tali sistemi C-APM necessitino di una sede fissa e della costruzione di un'infrastruttura di tipo funiviario, è possibile raggiungere un'elevata customizzazione del viaggio in termini sia di percorso (attraverso la costruzione di una fitta rete infrastrutturale) sia di tempistiche (in quanto questi sistemi sono caratterizzati da veicoli con bassa capacità che si susseguono ad alta frequenza).

**4. Attuale condizione del mercato funiviario**

Già nel 2016, il numero di installazioni funiviarie nel mondo superava le 29.000 unità, e ne erano localizzate nelle Alpi e nell'Europa occidentale più del 60% (circa 17.500) [21].

Il mercato funiviario mondiale è ancora fortemente sbilanciato verso il settore turistico-montano: circa il

*ropeway installations serve ski resorts (in Fig. 3 visually depicts the distribution of new ropeway installations in function of their area of use) This exposes the ropeway market to several risks:*

- *market saturation, particularly in the Alps, where ski resorts have already developed almost all areas where skiing is technically possible and economically viable;*
- *competition from alternative markets to mountain tourism, reducing the demand for ski experiences and, therefore, demand for ski transport and cableway facilities;*
- *global warming is profoundly undermining the viability of skiing in many mountain areas and it is reducing the duration of the ski season and the economic viability of skiing. Many studies agree that over the 30-year period 2020-2050, the global average surface temperature of the earth will increase by about 1.5°C, which will result in a consequent increase in altitude, under the same weather, climate and snow conditions, of about 230 m.*

*On the other hand, around 35% of new cableway installations are in urban areas, and although most of these are located in South American and Asian megalopolises (e.g. the "Mi Teleferico" cableway network in La Paz-Bolivia and "Metrocable" in Medellin-Colombia), which have very different requirements in terms of transport and comfort from those in the West Countries, there are also examples of cableway installations in European areas. This is the case of the Greenwich cableway in London, UK, which crosses the river Thames, or the 50-years-old (opened in 1970, closed in 2004 and reopened in 2007) Montjuïc cableway in Barce-*

60% delle nuove installazioni funiviarie è infatti al servizio di comprensori sciistici (in Fig. 3 viene visivamente rappresentata la distribuzione dei nuovi impianti funiviari in funzione dell'ambito di utilizzo), e ciò espone il mercato funiviario ad alcuni rischi:

- saturazione del mercato, in particolare nell'arco alpino, dove i comprensori sciistici hanno già sviluppato quasi tutte le aree dove sciare è tecnicamente possibile ed economicamente sostenibile;
- competizione di mercati alternativi a quello del turismo montano, che riducono la domanda di esperienze sciistiche e, quindi, di domanda di trasporto a fini sciistici e di installazioni funiviarie;
- riscaldamento globale, che sta profondamente minando alla fattibilità dello sci in molte aree di montagna, e sta riducendo la durata della stagione sciistica e la sostenibilità economica dello sci. Molti studi concordano che, nel periodo trentennale 2020-2050, la temperatura media globale della superficie terrestre aumenterà di circa 1,5°C, il che comporterà un conseguente aumento di altitudine, alle stesse condizioni meteorologiche, climatiche e nivologiche, di circa 230 m.

Dall'altra parte, circa il 35% delle nuove installazioni di impianti funiviari è inerente all'ambito urbano e, sebbene la gran parte di questi impianti siano localizzati in megalopoli sudamericane e asiatiche (vengono a titolo di esempio citate le reti di funivie "Mi Teleferico" di La Paz-Bolivia, e "Metrocable" di Medellin-Colombia), con delle esigenze in termini trasportistici e di comfort molto diverse rispetto a quelle occidentali, esistono esempi di installazioni funiviarie anche in ambiti europei. È il caso della telecabina di Greenwich, a Londra- UK, che attraversa il fiume Tamigi, o della ormai cinquantennale (inaugurata nel 1970, chiusa nel 2004 e riaperta nel 2007) cabinovia del Monttjuïc a Barcellona-Spagna, che unisce l'area portuale ad una collina posta nelle adiacenze della città catalana.

In generale, i punti di forza che rendono la tecnologia funiviaria particolarmente adatta in ambito urbano sono:

- Bassi costi costruttivo ed operativo.
- Possibilità di superare elevati dislivelli e ostacoli naturali e antropici con basso impatto al suolo.
- Basso impatto energetico ed ambientale.

Proprio riguardo all'impatto energetico-ambientale, dati in letteratura citano un ampio spettro di valori, in quanto questi risultano essere estremamente oscillanti in funzione di variabili di linea quali la pendenza, la capacità oraria, il tasso di utilizzo (...).

A titolo di esempio, si menziona [2], che definisce un

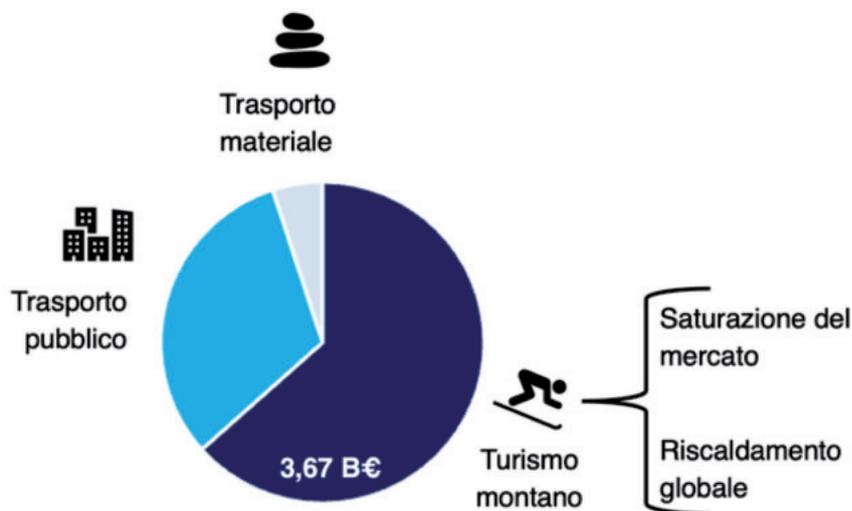


Figura 3 - Distribuzione dei campi di applicazione del mercato funiviario mondiale.

Figure 3 - Distribution of application areas in the worldwide ropeway market.

lona-Spain, which connects the port area to a hill near the Catalan city.

In general, the strengths that make ropeway technology particularly suitable in urban areas are:

- Low construction and operating costs.
- Ability to overcome high gradients and natural and man-made obstacles with low impact on the ground.
- Low energy and environmental impact.

Precisely with regard to the energy-environmental impact, data in the literature cite a wide range of values, as these are extremely variable depending by line variables such as slope, hourly capacity, utilization rate (...).

For instance, [2] defines a range, in terms of specific consumption, depending on the utilization rate: from less than 0.03 kWh/(pass·km) (with a utilization factor of 100%) to approximately 0.21 kWh/(pass·km) (with a utilization factor of 12.5%; id est there is on average one passenger per vehicle, which has a capacity of 8 passengers); and [3] reports a specific consumption value of 0.11 kWh/(pass·km).

Considering an emission factor of 225 gCO<sub>2</sub> /kWh [22], equal to the average emission for electricity generation of Italy's largest energy producer, the environmental impact values, in terms of gCO<sub>2</sub>/(pass·km), range from 6.75-47.25 considering data from [2], to 24.75 considering the data cited in [3].

In summary, therefore, the scientific literature to date provides some partial, incomplete and circumscribed data about the energy consumption and environmental impact of ropeway technology, which are, however, more than competitive when compared to other urban transport systems. In Tab. 3 the specific energy consumption data [kWh/(pass·km)] and specific emissions data [gCO<sub>2</sub>/(pass·km)] related to ropeway technology and mentioned in the afore-

range, in termini di consumi specifici, in funzione del tasso di utilizzo: da meno di 0,03 kWh/(pass-km) (con fattore di utilizzo del 100%) a circa 0,21 kWh/(pass-km) (con fattore di utilizzo 12,5%; in media, cioè, vi è un passeggero a veicolo, che ha capacità di 8 passeggeri); e [3], che riferisce un valore di consumo specifico di 0,11 kWh/(pass-km).

Considerando un fattore di emissione di 225 gCO<sub>2</sub>/kWh [22], pari alla media di emissione per la generazione di energia elettrica del maggiore produttore energetico italiano, i valori di impatto ambientale, in termini di gCO<sub>2</sub>/(pass-km), variano da 6,75-47,25 considerando i dati di [2], a 24,75 vagliando i dati citati in [3].

In compendio, quindi, la letteratura ad oggi fornisce alcuni dati di consumo energetico ed impatto ambientale della tecnologia funiviaria parziali, incompleti e circoscritti, che però risultano essere più che competitivi se paragonati a quelli relativi ad altri sistemi di trasporto urbano. Nella Tab. 3 vengono raccolti i dati di consumo energetico specifico [kWh/(pass-km)] e di emissioni specifiche [gCO<sub>2</sub>/(pass-km)] relativi alla tecnologia funiviaria e menzionati dalla letteratura succitata, e comparati con i valori relativi ad altri sistemi di trasporto, calcolati da [23] e collezionati nella Tab. 2.

**5. Analisi dell'impatto energetico della tecnologia funiviaria**

Come prima scritto, l'impatto energetico ed ambientale di installazioni funiviarie dipende marcatamente da variabili geometriche (pendenza) e di utilizzo (capacità oraria, tasso di riempimento) della linea, ma l'attuale trattazione quantitativa in letteratura di tali temi appare ancora parziale.

Viene quindi proposto in questo paragrafo una dissertazione quantitativa degli impatti ambientale ed energeti-

*mentioned literature are collected and compared with values for other transport systems, calculated by [23] and collected in Tab. 2.*

**5. Analysis of the energy impact of ropeway technology**

*As previously written, the energy and environmental impact of ropeway installations is highly dependent on the geometric (gradient) and utilization (hourly capacity, fill rate) variables of the line, but the current quantitative treatment of these topics in the literature still appears to be partial.*

*Therefore, a quantitative dissertation of the environmental and energy impacts related to ropeway technology, derived by simulation using the SIF ropeway design software, is proposed in this section [24].*

*The "Software per impianti a fune" (SIF) software calculates the mechanical, dynamic and geometric performance of a ropeway installation span by span, taking the height difference, length and inclination of the span, and the weight of the rope and vehicles as input variables.*

*These variables are used to determine the tensions of the rope at both ends of the span, as well as the deflection caused by distributed loads (function of the linear weight of the rope) and concentrated loads (function of the weight and number of vehicles and of the load distribution). For each span, starting from the downstream end, the SIF software calculates angles, stresses and deflections.*

*The final equation of the rope catenary is defined using the principle of superposition of effects.*

*Finally, depending on the gradient of the line and friction, the power of the system is defined, both in terms of average and peak values.*

*A typical urban ropeway line was simulated, the design*

Tabella 2 – Table 2

Impatto energetico ed ambientale di diversi sistemi di trasporto, elaborazione sulla base di [23]  
*Energy and environmental impact of different transport systems, elaboration based on [23]*

	Pass•mi/gal			Btu/pass/mi			gCO <sub>2</sub> /pass/mi		
	Basso/ Low	Medio/ Avg	Alto/ High	Basso/ Low	Medio/ Avg	Alto/ High	Basso/ Low	Medio/ Avg	Alto/ High
Autobus/ <i>Autobus</i>	230,9	280,1	318,3	433,5	492,7	597,7	32,3	36,7	44,5
Automobile- media/ <i>Car- avg</i>	33,6	38,2	83,2	1.658,5	3.614,6	4.106,9	123,5	269,1	305,7
Automobile- 1 passeggero/ <i>Car- 1 pass</i>	25,4	28,9	62,9	2.192,3	4.777,8	5.428,6	163,2	355,7	404,1
Automobile- 2 passeggeri/ <i>Car- 2 pass</i>	50,8	57,8	125,9	1.096,2	2.388,9	2.714,3	81,6	177,8	202,1
TNC- media/ <i>TNC- avg</i>	24,2	27,4	59,8	2.307,7	5.029,3	5.714,3	171,8	374,4	425,4
Pulmino/ <i>Van</i>	43,3	107,1	162,5	849,3	1.289,0	3.259,9	63,2	95,9	242,6
Treno/ <i>Train</i>	63,0	190,8	250,7	551,5	723,4	2.366,9	97,1	127,3	416,6
Treno suburbano/ <i>Suburban train</i>	75,8	89,8	155,9	885,2	1.536,2	1.820,9	155,8	141,7	135,6
Servizio ferroviario suburbano/ <i>Commuter rail</i>	50,8	97,0	204,4	700,7	1.422,3	2.730,1	113,2	167,2	271,7
Volò interno/ <i>Domestic air travel</i>		56,6			2.437,9			181,5	
Metrotranvia/ <i>Light rail</i>	37,9	110,2	183,1	753,6	1.251,9	3.640,2	132,7	220,4	640,7
Filobus/ <i>Trolley bus</i>	58,1	90,9	104,3	1.319,6	1.517,4	2.411,7	232,3	267,1	424,5
Bus urbano/ <i>Transit bus</i>	11,2	33,7	57,5	2.395,7	4.091,8	11.763,4	177,7	283,2	860,2
Traghetto/ <i>Ferry</i>	3,8	11,9	24,0	5.810,4	11.616,6	47.269,1	432,6	863,8	3.519,0

co correlati alla tecnologia funiviaria, ricavati tramite simulazione utilizzando il software di progettazione funiviaria SIF [24].

Il software “Software Impianti a Funne” (SIF) calcola campata per campata le performance meccaniche, dinamiche e geometriche di un impianto funiviario prendendo come variabili di input il dislivello, la lunghezza e l’inclinazione della campata, e il peso della fune e dei veicoli.

Tali variabili sono utilizzate per determinare le tensioni della fune presso entrambe le estremità della campata, oltre che la deflessione causata da carichi distribuiti (funzione del peso lineare della fune) e concentrati (funzione del peso e del numero dei veicoli e della distribuzione del carico). Per ogni campata, partendo dall’estremità di valle, il software SIF calcola angoli, tensioni e deflessioni.

L’equazione finale della catenaria della fune viene definita utilizzando il principio di sovrapposizione degli effetti.

Infine, in funzione del dislivello della linea e degli attriti, viene definita la potenza dell’impianto, sia per quanto riguarda il valore medio sia per quanto concerne il valore di picco.

È stata simulata una linea funiviaria tipicamente urbana, la cui progettazione è in coerenza con tutti i punti della normativa vigente [25].

Il presente capitolo riprende quanto esposto dal succitato [5] in merito all’analisi energetica di un impianto funiviario.

A. Impatto energetico in funzione della capacità oraria

È stata dapprima considerata una linea funiviaria completamente orizzontale di lunghezza 1.500 m, e con fattore di riempimento del 100% in entrambe le direzioni di marcia; ed è stato variato il valore di capacità nominale oraria della linea, da un valore di 1.480 passeggeri all’ora per senso di marcia ad un valore di 5.000 passeggeri all’ora per senso di marcia. Le seguenti Fig. 4 e Tab. 4 riportano i valori di consumo energetico specifico in funzione della capacità oraria della linea simulata, ricavati tramite la formula

$$e = \frac{P}{2 \cdot C \cdot L \cdot \mu}$$

dove:

-  $e \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right]$  è il consumo specifico della linea;

Tabella 3 – Table 3

Impatto energetico specifico [kWh/(pass·km)] ed emissioni specifiche [gCO<sub>2</sub>/(pass·km)] della tecnologia funiviaria, comparato con dati relativi ad altri mezzi di trasporto

*Specific energy impact [kWh/(pass·km)] and specific emissions [gCO<sub>2</sub>/(pass·km)] of ropeway technology, compared with data from other means of transport*

	kWh/pass/km	gCO2/pass/km
Autobus/ Autobus	0,0897	22,8044
Automobile- media/ Car- avg	0,6582	167,2114
Automobile- 1 passeggero/ Car- 1 pass	0,8701	221,0223
Automobile- 2 passeggeri/ Car- 2 pass	0,4350	110,4801
TNC- media/ TNC- avg	0,9159	232,6420
Pulmino/ Van	0,2347	59,5896
Treno/ Train	0,1317	79,1007
Treno suburbano/ Suburban train	0,2798	88,0485
Servizio ferroviario suburbano/ Commuter rail	0,2590	103,8935
Volo interno/ Domestic air travel	0,4440	112,7792
Metrotranvia/ Light rail	0,2280	136,9506
Filobus/ Trolley bus	0,2763	165,9687
Bus urbano/ Transit bus	0,7451	175,9728
Traghetto/ Ferry	2,1155	536,7418
Impianto a fune/ Cable car	0,0300	6,7500
Impianto a fune/ Cable car	0,2100	47,2500
Impianto a fune/ Cable car	0,1100	24,7500

of which is consistent with all the articles of the current regulations [25].

This chapter incorporates the above-mentioned [5] about the energy analysis of a ropeway installation.

A. Energy impact as a function of the hourly capacity

A fully horizontal cableway line with a length of 1,500 m and a filling factor of 100% in both directions was firstly considered; and the nominal hourly capacity of the line was varied from a value of 1,480 passengers per hour per direction to a value of 5,000 passengers per hour per direction. The following Fig. 4 and Tab. 4 show the values of specific energy consumption as a function of the hourly capacity of the simulated line, obtained using the formula

$$e = \frac{P}{2 \cdot C \cdot L \cdot \mu}$$

where:

-  $e \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right]$  is the specific consumption of the line;  
 -  $P [kW]$  is the power output of the plant, output of the SIF software;

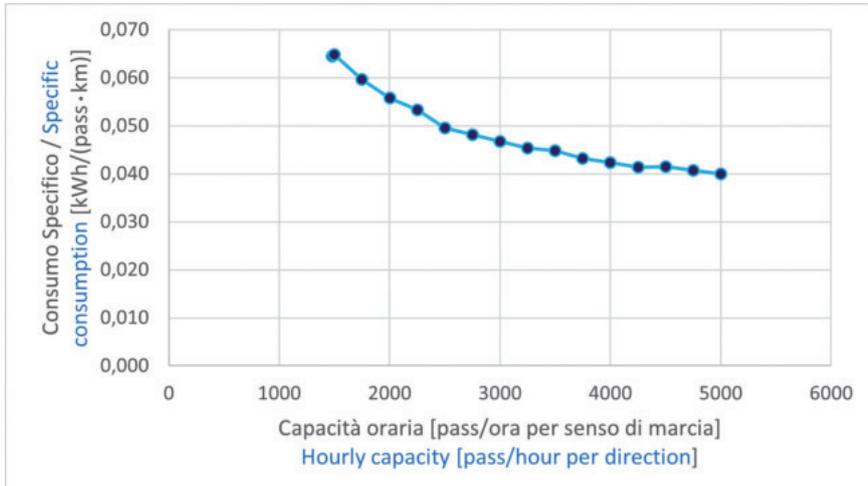


Figura 4 - Impatto energetico specifico [kWh/(pass·km)] in funzione della capacità oraria.

Figure 4 - Specific energy impact [kWh/(pass·km)] as a function of hourly capacity.

- P [kW] è la potenza a regime dell'impianto, output del software SIF;
- $C \left[ \frac{\text{passenger}}{\text{ora} \cdot \text{senso di marcia}} \right]$  è la capacità oraria della linea [range 1.480 - 5.000];
- 2. Poiché la linea è ipotizzata essere completamente carica in entrambi i rami, viene moltiplicato il valore della capacità oraria  $\left[ \frac{\text{passenger}}{\text{ora} \cdot \text{senso di marcia}} \right]$  per il numero dei sensi di marcia;
- L è la lunghezza inclinata della linea, definita nelle simulazioni in 1.500 m e coincidente con la distanza orizzontale tra le due avanstazioni, in quanto la linea non presenta inclinazione;
- $\mu$  è il fattore medio di riempimento, ipotizzato essere nelle simulazioni del 100%.

Tale relazione è una funzione decrescente: seppure, infatti, l'aumento di capacità oraria comporta un appesantimento dell'infrastruttura, in termini ad esempio di numero di sostegni e numero dei rulli, con un conseguente aumento degli attriti e quindi dei consumi energetici, questo aumento è di molto inferiore rispetto all'incremento di capacità oraria e -a parità di fattore di riempimento- di passeggeri.

Al fine di quantificare matematicamente la correlazione tra il consumo specifico e la capacità oraria, è stato valutato un modello di regressione lineare tra l'inverso della capacità oraria C e il consumo specifico e.

$$e = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{C}$$

Trovare I coefficienti  $\beta_0$  e  $\beta_1$  associati al modello di regressione lineare significa definire la retta che meglio approssima, nei termini dei minimi quadrati, la correlazione matematica tra l'inverso della capacità oraria e il consumo specifico. Tali coefficienti sono collezionati nella Tab. 5, e la rappresentazione grafica della nube di punti e della retta approssimante è fornita dalla Fig. 5.

- $C \left[ \frac{\text{passenger}}{\text{ora} \cdot \text{senso di marcia}} \right]$  is the hourly capacity of the line [range 1,480 - 5,000];
- 2. Since the line is assumed to be fully loaded in both branches, the hourly capacity value  $\left[ \frac{\text{passenger}}{\text{ora} \cdot \text{senso di marcia}} \right]$  is multiplied by the number of running directions;
- L is the inclined length of the line, defined in the simulations as 1,500 m and coinciding with the horizontal distance between the two terminal stations, as the line has no inclination;
- $\mu$  is the average fill factor, assumed to be 100% in the simulations.

This relationship is a decreasing function: although an increase in hourly capacity leads to an increase in the complexity of the infrastructure, exempli gratia in terms of the number of supports and the number of rollers, with a consequent increase in friction and thus in energy consumption, this increase is much smaller than

Tabella 4 – Table 4

Impatto energetico specifico [kWh/(pass·km)] in funzione della capacità oraria  
Specific energy impact [kWh/(pass·km)] as a function of hourly capacity

Capacità oraria [passeggeri per ora per senso di marcia] Hourly capacity [passengers per hour per direction]	Consumo specifico [kWh/(passeggero·km)] Specific consumption [kWh/(passenger·km)]
1.480	0,065
1.500	0,065
1.750	0,060
2.000	0,056
2.250	0,053
2.500	0,050
2.750	0,048
3.000	0,047
3.250	0,045
3.500	0,045
3.750	0,043
4.000	0,042
4.250	0,041
4.500	0,041
4.750	0,041
5.000	0,040

Viene enfatizzato che il valore di  $R^2$  del modello di regressione è molto alto (99,79%), segno che la quota di variabilità della variabile dipendente “consumo specifico” che può essere spiegata dalla variabile indipendente “ $\frac{1}{\text{capacità oraria}}$ ” è vicina all’unità.

La retta di correlazione tra l’inverso della capacità oraria  $\frac{1}{C}$  e il consumo specifico  $e$  è quindi:

$$e = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{C}$$

$$e = 0,0293 + 52,7518 \frac{1}{C}$$

**B. Impatto energetico in funzione dell’utilizzo- linea orizzontale**

Mantenendo a 1.500 m la lunghezza della linea e l’orizzontalità della linea stessa, e bloccando a 1.480 passeggeri all’ora per senso di marcia la capacità oraria nominale, è stato perturbato il modello variando il fattore di riempimento dei due rami del sistema. In questo scenario, il consumo specifico viene definito come:

$$e_{ad} = \frac{P_{a,d}}{C(a+d) \cdot L}$$

dove:

- a [%] è il fattore di riempimento di un ramo del sistema (dalla stazione tenditrice alla stazione motrice);
- d [%] è il fattore di riempimento dell’altro ramo del sistema (dalla stazione motrice alla stazione tenditrice);
- $e_{a,d} [\frac{kWh}{pass \cdot km}]$  è il consumo specifico della linea, dipendente dai fattori di riempimento dei due rami di linea;
- $P_{a,d}$  [kW] è la potenza a regime dell’impianto, output del software SIF, dipendente dai fattori di riempimento dei due rami di linea;
- $C_{a,d} [\frac{pass}{ora \cdot senso \ di \ marcia}]$  è la capacità oraria nominale, definita nelle simulazioni in 1.480 passeggeri all’ora per senso di marcia;
- L è la lunghezza inclinata della linea, definita nelle simulazioni in 1.500 m e coincidente con la distanza orizzontale tra le due avanzstazioni, in quanto la linea non presenta inclinazione.

Tabella 5 – Table 5

Coefficienti di regressione lineare della correlazione tra l’inverso della capacità oraria e il consumo specifico  
 Linear regression coefficients of the correlation between the inverse of hourly capacity and specific consumption

Coefficiente Coefficient	Valore atteso Expected value	Intervallo di confidenza al 95% 95% confidence interval
$\beta_0 [\frac{kWh}{pass \cdot km}]$	0,0293	(0,0287; 0,0298)
$\beta_1 [\frac{kWh}{h \cdot km}]$	52,7518	(51,3813; 54,1225)

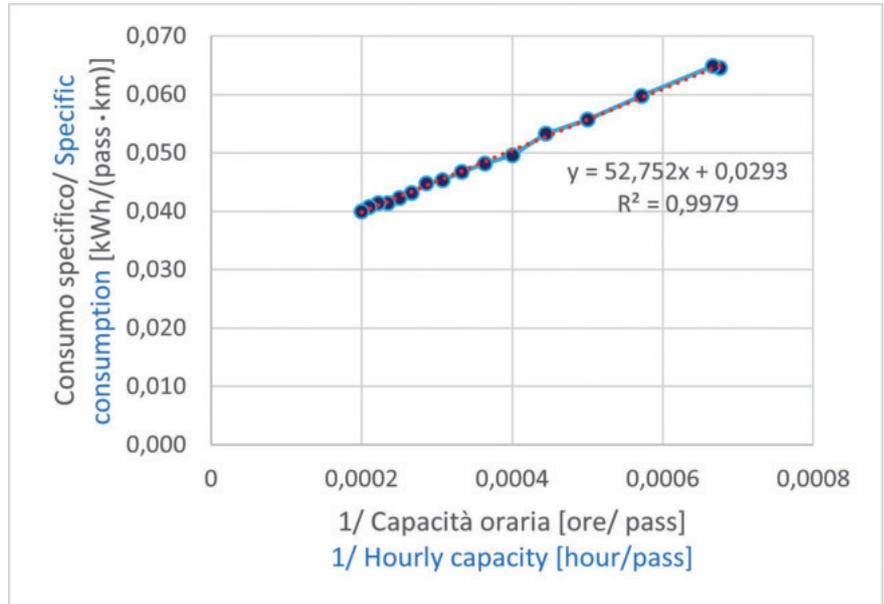


Figura 5 - Consumo specifico in funzione dell’inverso della capacità oraria.  
 Figure 5 - Specific consumption as a function of the inverse of hourly capacity.

the increase in hourly capacity and - assuming the same filling factor- in passengers.

In order to mathematically quantify the correlation between specific consumption and hourly capacity, a linear regression model between the inverse of hourly capacity C and specific consumption e was evaluated.

$$e = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{C}$$

To find the coefficients e associated with the linear regression model means defining the straight line that best approximates, in terms of least squares, the mathematical correlation between the inverse of hourly capacity and specific consumption. These coefficients are collected in Tab. 5, and the graphical representation of the cloud of points and the approximating line is provided by the Fig. 5.

It is emphasized that the R-square-value of the regression model is very high (99.79%), a sign that the share of variability of the dependent variable “specific consumption” that can be explained by the independent variable “ $\frac{1}{\text{capacità oraria}}$ ” is close to 1.

The correlation line between the inverse of hourly capacity  $\frac{1}{C}$  and specific consumption and is thus:

$$e = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{C}$$

$$e = 0,0293 + 52,7518 \frac{1}{C}$$

**B. Energy impact as a function of the utilization - horizontal line**

Maintaining the line length at 1,500 m, the line horizontality constraint and locking the nominal hourly capacity at 1,480 passengers per hour per direction, the model was

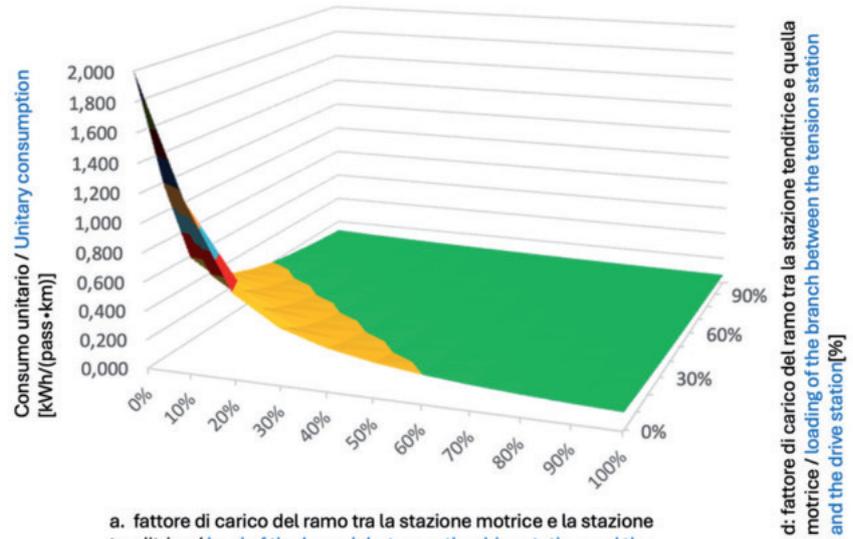
Poiché il fattore di riempimento del ramo tra la stazione tenditrice e quella motrice è stato fatto variare dallo 0% al 100%, con un passo del 10%, così come il fattore di riempimento del ramo tra la stazione motrice e quella tenditrice, sono stati simulati 121 scenari di carico, i cui valori corrispondenti di impatto energetico unitario sono collezionati nella seguente Tab. 6 e graficamente mostrati dalla Fig. 6.

Poiché la linea funiviaria è orizzontale e simmetrica, anche la matrice di impatto energetico, riportata nella Tab. 6, e i cui dati sono graficamente rappresentati nella Fig. 6, è simmetrica. Il consumo unitario non dipende quindi dal modo in cui la linea viene caricata, ma unicamente dal valore di carico totale.

È quindi possibile modellizzare la relazione tra il consumo specifico dell'impianto funiviario e il riempimento della linea utilizzando come unica variabile indipendente la somma dei fattori di riempimento dei due rami, anziché avvalersi della coppia di variabili indipendenti "a" (fattore di riempimento del ramo tra la stazione tenditrice e quella motrice) e "d" (fattore di riempimento del ramo tra la stazione motrice e quella tenditrice).

$$e = f(a + d), \text{ non } e = f(a, d)$$

Nella seguente Tab. 7 vengono riportati i dati di capaci-



a. fattore di carico del ramo tra la stazione motrice e la stazione tenditrice / load of the branch between the drive station and the tension station [%]

d: fattore di carico del ramo tra la stazione tenditrice e quella motrice / loading of the branch between the tension station and the drive station [%]

Figura 6 - Impatto energetico unitario dell'impianto urbano simulato in funzione dei fattori di riempimento dei due rami di linea.

Figure 6 - Unit energy impact of the simulated urban plant as a function of the filling factors of the two line branches.

perturbed by varying the filling factor of the two branches of the system. In this scenario, the specific consumption is defined as:

$$e_{ad} = \frac{P_{a,d}}{c(a+d) \cdot L}$$

where:

- a [%] is the filling factor of a branch of the system (from the tension station to the drive station);

Tabella 6 – Table 6

Matrice di impatto energetico unitario [kWh/(pass-km)] dell'impianto urbano simulato in funzione dei fattori di riempimento dei due rami di linea.

Unit energy impact matrix [kWh/(pass-km)] of the simulated urban installation as a function of the filling factors of the two line branches.

		a: fattore di carico del ramo tra la stazione motrice e la stazione tenditrice load of the branch between the drive station and the tension station										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
d: fattore di carico del ramo tra la stazione tenditrice e quella motrice loading of the branch between the tension station and the drive station	0%	/	1,176	0,591	0,396	0,298	0,240	0,201	0,173	0,152	0,136	0,123
	10%	1,176	0,591	0,396	0,299	0,240	0,201	0,173	0,152	0,136	0,123	0,112
	20%	0,591	0,396	0,299	0,240	0,201	0,173	0,152	0,136	0,123	0,112	0,104
	30%	0,396	0,299	0,240	0,201	0,173	0,152	0,136	0,123	0,112	0,104	0,096
	40%	0,299	0,240	0,201	0,173	0,152	0,136	0,123	0,112	0,104	0,096	0,090
	50%	0,240	0,201	0,173	0,152	0,136	0,123	0,112	0,104	0,096	0,090	0,084
	60%	0,201	0,173	0,152	0,136	0,123	0,112	0,104	0,096	0,090	0,084	0,079
	70%	0,173	0,152	0,136	0,123	0,112	0,104	0,096	0,090	0,084	0,079	0,075
	80%	0,152	0,136	0,123	0,112	0,104	0,096	0,090	0,084	0,079	0,075	0,071
	90%	0,136	0,123	0,112	0,104	0,096	0,090	0,084	0,079	0,075	0,071	0,068
	100%	0,123	0,112	0,104	0,096	0,090	0,084	0,079	0,075	0,071	0,068	0,065

tà effettiva nelle due direzioni e l'energia specifica in funzione del fattore di utilizzo complessivo a+d.

Come riportato nella seguente Fig. 7, i valori di energia specifica ricavati dalle simulazioni tramite software SIF sono inferiori rispetto a quelli teorici, che si avrebbero modellizzando la relazione attraverso un'iperbole vincolata al passaggio per il punto di coordinate  $(C_{200\%}, e_{C=200\%}) = (2.960 \text{ passeggeri all'ora}; 0,065 \text{ kWh}/(\text{pass}\cdot\text{km}))$ , avente equazione:

$$e = \frac{\beta}{c} \text{ con } \beta=191$$

L'iperbole così definita è in grado di ben approssimare il consumo specifico dell'impianto, ma tende a sottostimarne (fino all'8,9%, nello scenario in cui la capacità utilizzata è il 10% della capacità nominale). Ciò accade poiché negli impianti funiviari il peso dei passeggeri non è trascurabile rispetto a quello dei veicoli, e quindi l'energia necessaria per vincere gli attriti fune-rotoli, che sono funzione crescente del peso dei veicoli carichi, aumenta con la capacità oraria utilizzata dell'impianto.

C. Impatto energetico in funzione della pendenza- carico simmetrico

Negli scenari analizzati nei paragrafi precedenti è sempre stata considerata una linea funiviaria orizzontale, nella quale la quota delle due stazioni terminali è uguale. Viene invece in questo paragrafo simulata una linea funiviaria con pendenza costante, ma variabile nei vari scenari. Nel caso di dislivello non nullo della linea, diventa

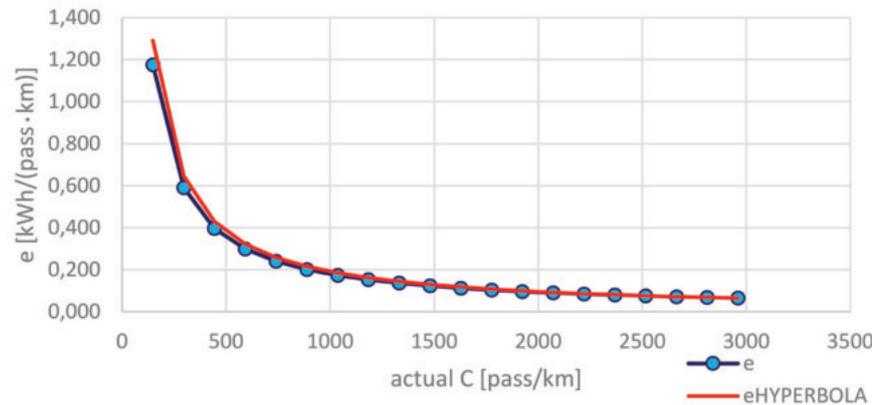


Figura 7 - Consumo specifico in funzione della capacità effettiva (utilizzata) dell'impianto.

Figure 7 - Specific consumption as a function of actual (utilized) plant capacity.

Tabella 7 – Table 7  
Energia specifica e capacità effettiva relativa a vari scenari di fattori di utilizzo  
Specific energy and effective capacity relative to various utilisation factor scenarios

Fattore di utilizzo a+d [%] Utilization factor a+d [%]	Capacità effettiva C [pass/ora] Effective capacity C [pass/hour]	Energia specifica [kWh/(pass·km)] Specific energy [kWh/(pass·km)]
0%	0	/
10%	148	1,176
20%	296	0,591
30%	444	0,396
40%	592	0,299
50%	740	0,240
60%	888	0,201
70%	1.036	0,173
80%	1.184	0,152
90%	1.332	0,136
100%	1.480	0,123
110%	1.628	0,112
120%	1.776	0,104
130%	1.924	0,096
140%	2.072	0,090
150%	2.220	0,084
160%	2.368	0,079
170%	2.516	0,075
180%	2.664	0,071
190%	2.812	0,068
200%	2.960	0,065

- $d$  [%] is the filling factor of the other branch of the system (from the drive station to the tension station);
  - $e_{a,d} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{pass}\cdot\text{km}} \right]$  is the specific line consumption, dependent on the filling factors of the two line branches;
  - $P_{a,d}$  [kW] is the power output of the plant, output of the SIF software, dependent on the filling factors of the two line branches;
  - $C_{a,d} \left[ \frac{\text{pass}}{\text{ora}\cdot\text{senso di marcia}} \right]$  is the nominal hourly capacity, defined in the simulations as 1,480 passengers per hour per direction of travel;
  - $L$  is the inclined length of the line, defined in the simulations as 1,500 m and coinciding with the horizontal distance between the two terminal stations, as the line has no inclination.
- As the filling factor of the branch be-

rilevante la posizione del gruppo motore e del tenditore: in tutti gli scenari analizzati, la stazione motrice è prevista essere quella di monte, mentre la stazione tenditrice è prevista essere quella di valle, conformazione che ottimizza il calcolo della linea in termini di tensione della fune e potenza necessaria.

La lunghezza orizzontale della linea è mantenuta costante a 1.500 m, così come la capacità oraria della linea permane quella dello scenario base di 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia; inoltre, la linea simulata ha un fattore di riempimento unitario sia nel ramo ascendente sia in quello discendente. La seguente Tab. 8 riporta i dati geometrici ed energetici dell'installazione funiviaria in funzione della pendenza, mentre la successiva Fig. 8 mostra l'andamento dell'impatto energetico unitario e in funzione della pendenza s.

I coefficienti attesi della retta di regressione lineare, unitamente al loro intervallo di confidenza, sono riportati nella seguente Tab. 9. Poiché l'intervallo di confidenza al 95% del coefficiente angolare della retta di regressione lineare (-0,006; +0,005) contiene il valore nullo, è possibile affermare con una confidenza del 95% che non esiste una dipendenza significativa tra la pendenza della linea funiviaria ed il suo consumo specifico unitario. Questo risul-

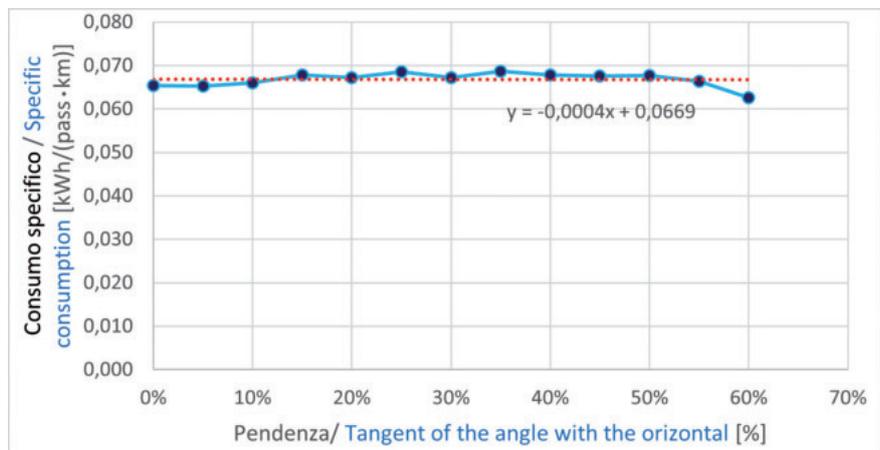


Figura 8 - Consumo specifico in funzione dell'inclinazione della linea.  
Figure 8 - Specific consumption as a function of line inclination.

tween the tension and drive stations was varied from 0% to 100%, with a step of 10%, as well as the filling factor of the opposite branch, 121 load scenarios were simulated, whose corresponding values of unit energy impact are collected in the following Tab. 6 and graphically shown in Fig. 6.

Since the ropeway line is horizontal and symmetrical, the energy impact matrix, shown in Tab. 6 and whose data are graphically represented in Fig. 6, is symmetrical. The unit consumption therefore does not depend on how the line is loaded, but only on the total load value.

It is therefore possible to model the relationship between

Tabella 8 – Table 8

Variabili geometriche ed energetiche in funzione della pendenza della linea  
Geometrical and energy variables as a function of line gradient

Pendenza [%] Slope [%]	Dislivello tra le due stazioni [m] Height difference between the two stations [m]	Lunghezza inclinata [m] Inclined length [m]	Potenza a regime della linea [kW] Power at line speed [kW]	Consumo specifico [kWh/(pass·km)] Specific consumption [kWh/(pass·km)].
0%	0	1.500,0	290	0,065
5%	75	1.501,9	290	0,065
10%	150	1.507,5	295	0,066
15%	225	1.516,8	304	0,068
20%	300	1.529,7	304	0,067
25%	375	1.546,2	314	0,069
30%	450	1.566,0	312	0,067
35%	525	1.589,2	323	0,069
40%	600	1.615,5	324	0,068
45%	675	1.644,9	329	0,068
50%	750	1.677,1	336	0,068
55%	825	1.711,9	336	0,066
60%	900	1.749,3	324	0,063

tato si spiega con il fatto che, essendo sia il ramo di salita sia quello di discesa completamente carichi, i due rami sono equilibrati in termini di peso ed energia, e questo equilibrio non dipende dalla pendenza; quindi, indipendentemente dai valori assunti dalla pendenza, l'energia richiesta all'impianto è unicamente quella necessaria per vincere gli attriti.

L'equazione che lega la pendenza media "s" della linea al suo consumo specifico "e" è quindi:

$$e = \beta_0 + \beta_1 s$$

$$e \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right] = 0,0669 \frac{kWh}{pass \cdot km} - 0,004 \frac{kWh}{pass \cdot km} \% s [\%]$$

D. Impatto energetico in funzione della pendenza- carico generico

Il risultato di inesistenza di una relazione statisticamente rilevante tra pendenza e consumo specifico è valida non solo nel caso di completo utilizzo della linea nei due rami, ma in ogni scenario in cui il tasso di utilizzo è simmetrico; in cui, cioè, il numero di passeggeri nel ramo di discesa è uguale al numero di passeggeri nel ramo di salita, ed è dovuto al fatto che la tecnologia funiviaria è, al netto degli attriti, conservativa: l'energia gravitazionale che viene ceduta dai veicoli (e dai passeggeri) nel ramo di discesa viene reimmessa nel sistema ed utilizzata per aumentare l'energia gravitazionale, quindi la quota, dei veicoli e dei passeggeri nel ramo di salita.

Appare quindi evidente che il risultato di indipendenza statistica è valido unicamente sotto l'ipotesi di simmetria, in termini di fattori di utilizzo, della linea. Negli altri casi, qualitativamente:

- 1) Se il ramo di salita è più carico del ramo di discesa, il consumo specifico segue una funzione crescente rispetto all'inclinazione della linea.
- 2) Se il ramo di discesa ha un coefficiente di riempimento maggiore di quello di salita, il consumo specifico è decrescente rispetto all'inclinazione della linea: in questo caso maggiore è l'inclinazione della linea, quindi il dislivello, minore è l'energia necessaria per movimentare l'impianto, in quanto l'energia potenziale persa da parte di veicoli e passeggeri nel ramo di discesa viene reimmessa nel sistema e interviene in modo più ingente nel bilancio energetico. Inoltre, se l'energia

Tabella 9 – Table 9

Coefficienti della retta di regressione lineare che correla il consumo specifico alla pendenza della linea  
Coefficients of the linear regression line correlating specific consumption to the slope of the line

Coefficiente Coefficient	Valore atteso Expected value	Intervallo di confidenza Confidence interval
$\beta_0 \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right]$	0,0669	(0,065; 0,069)
$\beta_1 \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \% \right]$	-0,004	(-0,006; 0,005)

the specific consumption of the cable car system and the utilization of the line by using the sum of the filling factors of the two branches as the only independent variable, instead of using the pair of independent variables 'a' (filling factor of the branch between the tension station and the drive station) and 'd' (filling factor of the branch between the drive station and the tension one).

$$e = f(a + d), \text{ not } e = f(a, d)$$

The following Tab. 7 shows the actual capacity data in the two directions and the specific energy as a function of the overall utilization factor a+d.

As shown in the following Fig. 7, the specific energy values obtained from the simulations using SIF software are lower than the theoretical values, which would be obtained by modelling the relationship through a hyperbola constrained to the passage through the point  $(C_{200\%}, e_{C=200\%}) = (2,960 \text{ passengers per hour; } 0.065 \text{ kWh/(pass}\cdot\text{km)})$ , having equation

$$e = \frac{\beta}{c} \text{ with } \beta=191$$

The hyperbola thus defined is able to well approximate the specific consumption of the installation, but it tends to underestimate it (up to 8.9%, in the scenario where the capacity used is 10% of the nominal capacity). This happens because in cableway installations the weight of passengers is not negligible compared to the vehicles one, and therefore the energy required to overcome the rope-roller friction, which is an increasing function of the weight of the loaded vehicles, increases with the hourly utilized capacity of the plant.

C. Energy impact as a function of the slope - symmetrical load

In the scenarios analyzed in the previous paragraphs, a horizontal cableway line, in which the height of the two terminal stations is equal, was always been considered. In this paragraph, on the other hand, a ropeway line with a constant gradient, but varying in the different scenarios, is simulated. In the case of a non-zero gradient of the line, the position of the drive and the tensioner units becomes relevant: in all the scenarios analyzed, the drive station is foreseen to be the upstream one, while the tensioning station is foreseen to be downstream, a conformation that optimizes the calculation of the line in terms of rope tension and power required.

The horizontal length of the line is kept constant at 1,500 meters, as the hourly capacity of the line remains the same as in the base scenario of 1,480 passengers per hour in each direction; in addition, the simulated line has a unitary fill factor in both the ascent and descent branches. The following Tab. 8 shows the geometric and energy data of the cableway installation as a function of slope, while the following Fig. 8 shows the trend of the unit energy impact e as a function of slope s.

The coefficients of the linear regression line, together with their confidence interval, are shown in the following Tab. 9. Since the 95% confidence interval of the angular coefficient of the linear regression line (-0.006; +0.005) contains the null value, it is possible to state with 95% confidence that there is no significant correlation between the slope of the

potenziale gravitazionale ceduta dai veicoli nel ramo di discesa (più carichi) è, al lordo delle perdite dovute agli attriti, superiore all'energia potenziale gravitazionale che è necessario fornire ai veicoli (più scarichi) nel ramo di salita, il sistema non necessita di energia per il suo moto, e l'energia specifica assume valori negativi. Operativamente, in impianti funiviari, l'energia ottenuta dal sistema quando evolve naturalmente verso il movimento viene convertita in energia elettrica e ceduta alla rete elettrica.

Mantenendo i vincoli di linea relativamente alla portata oraria di 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia e di lunghezza orizzontale della linea di 1.500 m, sono stati valutati quantitativamente tre scenari limite, corrispondenti a: (i) rami entrambi carichi, (ii) ramo di salita carico e ramo di discesa scarico, e (iii) ramo di salita scarico e ramo di discesa carico; non sono invece stati valutati i due scenari relativi a fune nuda e ad entrambi i rami scarichi, in quanto, essendo la portata oraria in queste ultime condizioni di carico nulla, il consumo specifico non può essere definito.

La Tab. 10 e la Fig. 9 riportano i valori di consumo energetico unitario in funzione dell'angolo medio di linea nei tre scenari di carico analizzati.

- i) Quando entrambi i rami sono completamente carichi (retta blu in Fig. 9), quindi il fattore di riempimento è simmetrico nei due rami, come precedentemente menzionato, non esiste correlazione statistica tra il consumo specifico e la pendenza della linea funiviaria. Si sottolinea che, in questo scenario, in caso di linea orizzontale il consumo specifico è circa la metà rispetto a quello definito nelle condizioni (ii) e (iii), in quanto, essendo fissata la portata oraria in 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia, il presente scenario ha portata doppia rispetto a quelli sotto descritti.
- ii) Quando il ramo di salita è carico e quello di discesa vuoto (retta azzurra in Fig. 9), il contributo gravitazionale al moto dell'impianto dato dai veicoli, vuoti, nel ramo di discesa è minimo, ed è necessario immettere nel sistema l'energia necessaria, oltre che a coprire le perdite per attrito, anche a vincere lo squilibrio gravitazionale tra i due rami, che dipende in modo crescente dalla pendenza.
- iii) Quando il ramo di salita è completamente scarico e quello di discesa è completamente carico (retta viola in Fig. 9), i veicoli carichi nel ramo di discesa sono in grado di fornire il massimo contributo al moto dell'impianto. Quando la pendenza della linea supera il 60%, l'energia fornita dalla perdita di quota dei veicoli carichi nel ramo di discesa è in grado di vincere gli attriti e di

Tabella 10 – Table 10

Consumo specifico in funzione dell'inclinazione della linea e dello scenario di carico.  
Specific consumption as a function of line inclination and load scenario.

Ramo di salita/ Ascent branch	Carico/ Loaded	Carico/ Loaded	Vuoto/ Empty
Ramo di discesa/ Descent branch	Carico/ Loaded	Vuoto/ Empty	Carico/ Loaded
Pendenza/ Slope= 0%	0,065	0,129	0,117
Pendenza/ Slope= 5%	0,065	0,140	0,107
Pendenza/ Slope= 10%	0,066	0,151	0,100
Pendenza/ Slope= 15%	0,068	0,164	0,093
Pendenza/ Slope= 20%	0,067	0,174	0,081
Pendenza/ Slope= 25%	0,069	0,187	0,073
Pendenza/ Slope= 30%	0,067	0,195	0,060
Pendenza/ Slope= 35%	0,069	0,209	0,052
Pendenza/ Slope= 40%	0,068	0,217	0,042
Pendenza/ Slope= 45%	0,068	0,226	0,032
Pendenza/ Slope= 50%	0,068	0,234	0,023
Pendenza/ Slope= 55%	0,066	0,240	0,013
Pendenza/ Slope= 60%	0,063	0,241	-0,001

ropeway line and its specific unit consumption. This result can be explained by the fact that, since both the ascent and descent branches are fully loaded, the two branches are balanced in terms of weight and energy, and this balance does not depend on the gradient; therefore, regardless of the values assumed by the gradient, the energy required from the installation is only the one required to overcome the friction.

The equation linking the average slope 's' of the line to its specific consumption 'e' is thus:

$$e = \beta_0 + \beta_1 s$$

$$e \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right] = 0,0669 \frac{kWh}{pass \cdot km} - 0,004 \frac{kWh}{pass \cdot km} s [\%]$$

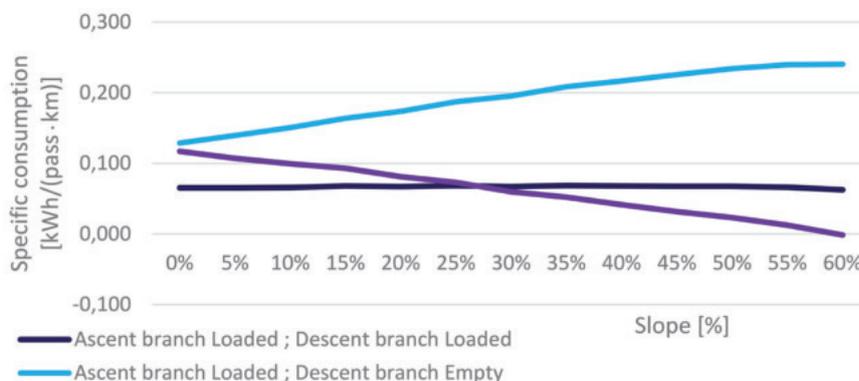


Figura 9 - Consumo specifico in funzione dell'inclinazione della linea e dello scenario di carico.

Figure 9 - Specific consumption as a function of line inclination and load scenario.

fornire l'energia necessaria per l'aumento di quota dei veicoli, scarichi, nel ramo di salita. Oltre a questo valore di pendenza, il sistema genera energia, e l'impatto energetico dell'impianto funiviario è addirittura negativo.

La seguente Tab. 11 riporta i coefficienti delle rette di regressione lineare che approssimano le relazioni tra la pendenza  $s$  e il consumo specifico e nei tre scenari di carico analizzati.

La relazione tra la pendenza  $s$  e il consumo specifico ha quindi equazione:

$$e = \beta_0 + \beta_1 s$$

$$e \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right] = \begin{cases} 0,0669 \frac{kWh}{pass \cdot km} - 0,004 \frac{kWh}{pass \cdot km} s [\%]; & \text{if asc = loaded; desc = loaded} \\ 0,1236 \frac{kWh}{pass \cdot km} + 0,1236 \frac{kWh}{pass \cdot km} s [\%]; & \text{if asc = loaded; desc = empty} \\ 0,1297 \frac{kWh}{pass \cdot km} - 0,0097 \frac{kWh}{pass \cdot km} s [\%]; & \text{if asc = empty; desc = loaded} \end{cases}$$

E. Impatto energetico in funzione dell'utilizzo- linea inclinata

Viene in questo paragrafo analizzato l'impatto energetico in funzione dell'utilizzo, considerando una linea funiviaria che mantenga una capacità oraria di 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia e una lunghezza orizzontale di 1.500 metri, ma che (al contrario di quanto descritto nel paragrafo 5.2, in cui la linea analizzata era orizzontale) presenta un'inclinazione costante del 60%.

Con tale linea, sono stati simulati 121 scenari di carico: da 0% al 100%, con granularità del 10%, per i tassi di riempimento del ramo di salita e del ramo di discesa, e per ogni condizione è stato calcolato l'impatto energetico unitario come segue. I risultati sono collezionati nella Tab. 12 e graficamente rappresentati dalla Fig. 10.

$$e_{ad} = \frac{P_{a,d}}{C(a+d) \cdot L}$$

Coefficienti di regressione lineare che quantificano la correlazione tra pendenza  $s$  e consumo specifico e nei tre scenari di carico analizzati  
 Linear regression coefficients quantifying the correlation between slope  $s$  and specific consumption  $e$  in the three load scenarios analysed

Coefficiente Coefficient	Ramo di salita carico; ramo di discesa carico Loaded upward branch; loaded downward branch	Ramo di salita carico; ramo di discesa scarico Loading upward branch; unloading downward branch	Ramo di salita scarico; ramo di discesa carico Ascending branch unloaded; descending branch loaded
$\beta_0 \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right]$	0,0669	0,1236	0,1292
$\beta_1 \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right]$	-0,004	0,0099	-0,0097

D. Energy impact as a function of the slope - generic load

The result of the inexistence of a statistically significant relationship between slope and specific consumption is valid not only in the case of complete utilization of the line in the two branches, but in any scenario in which the utilization rate is symmetrical; that is, in which the number of passengers in the descent branch is equal to the number of passengers in the ascent branch, and is due to the fact that the cableway technology is, net of friction, conservative: the gravitational energy that is given up by the vehicles (and passengers) on the descent branch is fed back into the system and used to increase the gravitational energy, hence the height, of the vehicles and passengers on the ascent branch.

It is therefore evident that the statistical independence result is only valid under the assumption of symmetry, in terms of utilization factors, of the line. In the other cases, qualitatively:

- 1) If the ascent branch is more heavily loaded than the descent one, the specific consumption follows an increasing function with respect to the inclination of the line.
- 2) If the descent branch has a higher filling coefficient than the ascent one, the specific consumption is decreasing with respect to the slope of the line: in this case, the greater the inclination of the line, and therefore the difference in height, the less energy is required to move the system, since the potential energy lost by vehicles and passengers in the descent branch is fed back into the system and intervenes more in the energy balance. Furthermore, if the gravitational potential energy yielded by the vehicles in the descent branch (more loaded) is, gross of losses due to friction, higher than the gravitational potential energy that must be supplied to the vehicles (more unloaded) in the ascent branch, the system does not require energy for its motion, and the specific energy takes on negative values. Operationally, in cableway systems, the energy obtained by the system as it evolves naturally towards movement is converted into electrical energy and transferred to the power grid.

Maintaining the line constraints of 1,480 passengers per hour in each direction and a horizontal line length of 1,500 m, three limit scenarios were quantitatively assessed, corresponding to (i) both-loaded branches, (ii) loaded ascent branch and unloaded descent branch, and (iii) unloaded ascent branch and loaded descent branch; on the other hand, the two scenarios relating to empty rope and both unloaded branches were not evaluated, since, as the hourly capacity under the latter load conditions is zero, the specific consumption cannot be defined.

Tab. 10 and Fig. 9 show the unit energy consumption values as a function of the average line angle in the three load scenarios analyzed.

Tabella 11 – Table 11

Tabella 12 – Table 12

Consumo specifico [kWh/(pass·km)] dell’impianto simulato in funzione dei coefficienti di riempimento del ramo di salita (a) e del ramo di discesa (d)  
*Specific consumption [kWh/(pass·km)] of the simulated system as a function of the filling coefficients of the uphill branch (a) and downhill branch (d)*

d: fattore di carico del ramo di discesa loading of the descent branch	a: fattore di carico del ramo di salita load of the ascent branch											
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
0%		1,263	0,695	0,506	0,411	0,354	0,316	0,289	0,269	0,253	0,241	
10%	1,020	0,574	0,425	0,350	0,306	0,276	0,255	0,239	0,226	0,216	0,208	
20%	0,453	0,344	0,290	0,257	0,235	0,220	0,208	0,199	0,192	0,186	0,181	
30%	0,263	0,229	0,209	0,195	0,185	0,178	0,172	0,168	0,164	0,161	0,159	
40%	0,169	0,160	0,155	0,151	0,148	0,145	0,144	0,142	0,141	0,140	0,139	
50%	0,112	0,114	0,116	0,118	0,119	0,119	0,120	0,121	0,121	0,122	0,122	
60%	0,074	0,082	0,087	0,092	0,095	0,098	0,100	0,103	0,104	0,106	0,107	
70%	0,047	0,057	0,065	0,071	0,076	0,080	0,084	0,087	0,090	0,092	0,094	
80%	0,027	0,038	0,047	0,054	0,060	0,065	0,070	0,073	0,077	0,080	0,082	
90%	0,011	0,023	0,032	0,040	0,047	0,052	0,057	0,062	0,066	0,069	0,072	
100%	-0,002	0,012	0,021	0,029	0,036	0,042	0,048	0,052	0,057	0,060	0,063	

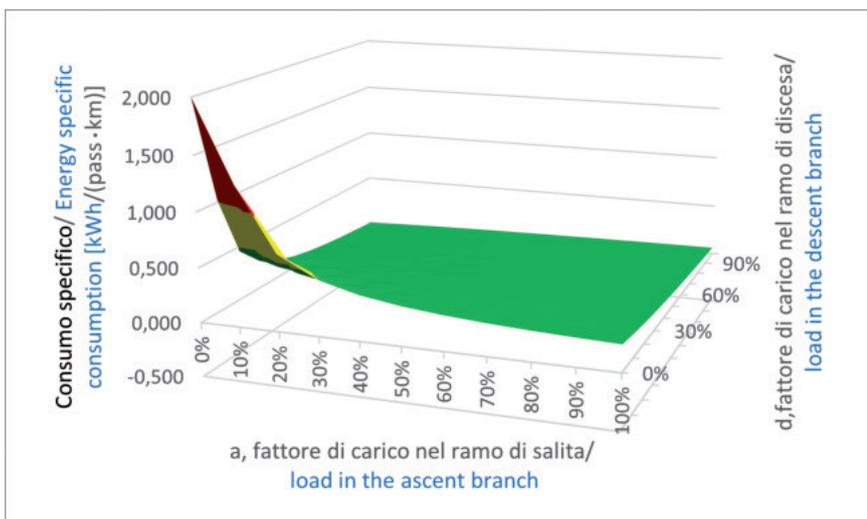


Figura 10 - Consumo specifico [kWh/(pass·km)] dell’impianto simulato in funzione dei coefficienti di riempimento del ramo di salita (a) e del ramo di discesa (d).

*Figure 10 - Specific consumption [kWh/(pass·km)] of the simulated system as a function of the filling coefficients of the uphill branch (a) and downhill branch (d).*

dove:

- a [%] è il fattore di riempimento del ramo ascendente di linea;
- d [%] è il fattore di riempimento del ramo discendente di linea;
- $e_{a,d} \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right]$  è il consumo specifico della linea, dipendente dai fattori di riempimento dei due rami di linea;
- $P_{a,d}$  [kW] è la potenza a regime dell’impianto, output del software SIF, dipendente dai fattori di riempimento dei due rami di linea;

i) When both branches are fully loaded (blue line in Fig. 9), id est the filling factor is symmetrical in the two branches, as previously mentioned, there is no statistical correlation between the specific consumption and the slope of the ropeway line.

It is emphasized that, in this scenario, the specific consumption in the case of a horizontal line is approximately half that the one defined in conditions (ii) and (iii), since, as the hourly capacity is set at 1,480 passengers per hour per direction of travel, this scenario has twice the capacity of those described below.

ii) When the ascent branch is loaded and the descent branch empty (blue line in Fig. 9), the gravitational contribution to the motion of the system given by the vehicles, empty, in the descent branch is minimal, and it is necessary to inject into the system the energy required, not only to cover friction losses, but also to overcome the gravitational imbalance between the two branches, which depends increasingly on the gradient;

iii) When the ascent branch is fully unloaded and the descent branch is fully loaded (purple line in Fig. 9), the loaded vehicles in the descent branch are able to make the maximum contribution to the motion of the system. When the slope of the line exceeds 60%, the energy provided by the loss of altitude of the loaded vehicles in the

- $C_{a,d} [\frac{pass}{ora \cdot senso \ di \ marcia}]$  è la capacità oraria nominale, definita nelle simulazioni in 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia;
- $L$  è la lunghezza inclinata della linea. Considerando una lunghezza orizzontale di 1.500 m e un angolo di inclinazione del 60%, la lunghezza inclinata della linea è 1.749 m.

Contrariamente a quanto dimostrato nel caso di linea orizzontale, con una linea inclinata la portata oraria complessiva dei due rami non è sufficiente a determinare univocamente il consumo energetico specifico della linea, che è invece funzione delle due variabili indipendenti  $a$  (fattore di riempimento del ramo ascendente) e  $d$  (fattore di riempimento del ramo discendente).

$$e = f(a; d), \text{ non } e = f(a + d)$$

Questo risultato è spiegato dal fatto che i carichi dei rami di salita e di discesa danno un contributo diverso nel calcolo del consumo energetico:

- il carico nel ramo di salita dà un contributo positivo in termini di consumo energetico, in quanto maggiore è il carico nel ramo di salita, maggiore è l'energia richiesta dal sistema per il suo movimento;
- il carico del ramo di discesa dà un contributo negativo in termini di consumo energetico, in quanto maggiore è il carico nel ramo discendente, maggiore è l'energia prodotta internamente dal sistema (attraverso la perdita dell'energia potenziale gravitazionale dei veicoli in discesa) e che non deve essere immessa nel sistema dall'esterno.

Nelle seguenti Tab. 13 e Fig. 11 sono riportati i valori del consumo energetico specifico relativi ad una capacità effettiva pari a 1.480 passeggeri all'ora ( $a+d=100\%$ ), in funzione della coppia di valori  $a$  e  $d$  con cui viene raggiunta tale capacità trasportistica, quindi in funzione della distribuzione dei passeggeri tra i due rami di linea. Mentre nel caso precedentemente affrontato di linea orizzontale il valore del consumo energetico era costante in funzione della distribuzione del carico nei due rami, con una linea inclinata il consumo specifico è tanto maggiore quanto più il ramo di salita è carico.

Se invece si prende in considerazione un ciclo intero, cioè se si inserisce nel modello il vincolo che ogni passeggero che percorre la linea in senso ascendente la debba percorrere anche in senso discendente e viceversa, la dipendenza dell'energia specifica dalla distribuzione del carico sui due rami viene eliminata. La Tab. 14 e la Fig. 12 riportano i valori e l'andamento del consumo energetico unitario relativo ad un ciclo ramo in salita- ramo in discesa (o viceversa), e dimostrano che la somma del consumo specifico di energia dei due rami è la stessa per tutti gli scenari di distribuzione del carico. In particolare, nella prima colonna "scenario del ciclo" (Tab. 14), il primo vettore rappresenta la distribuzione dei carichi lungo la linea funiviaria della prima parte del ciclo, ed il secondo vettore rappresenta la distribuzione dei carichi lungo la linea della seconda parte del ciclo; all'interno di ogni vettore,

descent branch is able to overcome the friction and provide the energy required for the increase in altitude of the unloaded vehicles in the ascent branch. Beyond this slope value, the system generates energy, and the energy impact of the ropeway system is even negative.

The following Tab. 11 shows the coefficients of the linear regression lines approximating the relationships between the slope  $s$  and the specific consumption  $e$  under the three load scenarios analyzed.

The relationship between the slope  $s$  and the specific consumption thus has equation:

$$e \left[ \frac{kWh}{pass \cdot km} \right] = \begin{cases} e = \beta_0 + \beta_1 s \\ 0,0669 \frac{kWh}{pass \cdot km} - 0,004 \frac{\frac{kWh}{pass \cdot km}}{\%} s \text{ [%];} \\ \text{if asc = loaded; desc = loaded} \\ 0,1236 \frac{kWh}{pass \cdot km} + 0,1236 \frac{\frac{kWh}{pass \cdot km}}{\%} s \text{ [%];} \\ \text{if asc = loaded; desc = empty} \\ 0,1297 \frac{kWh}{pass \cdot km} - 0,0097 \frac{\frac{kWh}{pass \cdot km}}{\%} s \text{ [%];} \\ \text{if asc = empty; desc = loaded} \end{cases}$$

E. Energy impact depending on the utilization - inclined line

This paragraph analyses the energy impact as a function of the utilization, considering a cable car line that maintains an hourly capacity of 1,480 passengers per hour in each direction and a horizontal length of 1,500 meters, but which (contrary to what was described in section 5.2, in which the analyzed line was horizontal) has a constant slope of 60%.

With this line, 121 load scenarios were simulated: from 0% to 100%, with a 10% granularity, for the ascent and descent branch fill rates, and the unit energy impact was calculated for each condition as follows. The results are collated in Tab. 12 and graphically represented by Fig. 10.

$$e_{ad} = \frac{P_{a,d}}{C(a+d) \cdot L}$$

where:

- $a$  [%] is the filling factor of the ascent line branch;
- $d$  [%] is the filling factor of the descent line branch;
- $e_{a,d} [\frac{kWh}{pass \cdot km}]$  is the specific line consumption, dependent by the filling factors of the two line branches;
- $P_{a,d}$  [kW] is the power output of the plant, output of the SIF software, dependent on the filling factors of the two line branches;
- $C_{a,d} [\frac{pass}{ora \cdot senso \ di \ marcia}]$  is the nominal hourly capacity, defined in the simulations as 1,480 passengers per hour per direction of travel;
- $L$  is the inclined length of the line. Given a horizontal length of 1,500 m and an inclination angle of 60%, the inclined length of the line is 1,749 m.

Contrary to what has been demonstrated in the case of a horizontal line, with an inclined line the total hourly flow rate of the two branches is not sufficient to unambiguously determine the specific energy consumption of the line, which is instead a function of the two independent variables  $a$  (fill-

la prima percentuale è il riempimento nel ramo di salita (a) e la seconda percentuale è il riempimento nel ramo di discesa (d).

**6. Sistemi ibridi a derivazione funiviaria**

Sono precedentemente stati citati i punti di forza della tecnologia funiviaria, che la rendono adatta ad installazioni in contesti urbani, quali il limitato impatto energetico ed ambientale, il ridotto impatto economico in termini di investimento ed esercizio, e facilità di superare ingenti dislivelli e ostacoli antropici e naturali con basso impatto al suolo.

Con particolare riferimento all'ultimo punto, si enfatizza che negli ultimi anni le installazioni funiviarie in ambito urbano hanno trovato applicazione in contesti peculiari e specifici: a titolo di esempio, si citano:

- la London cable car (quadrante di

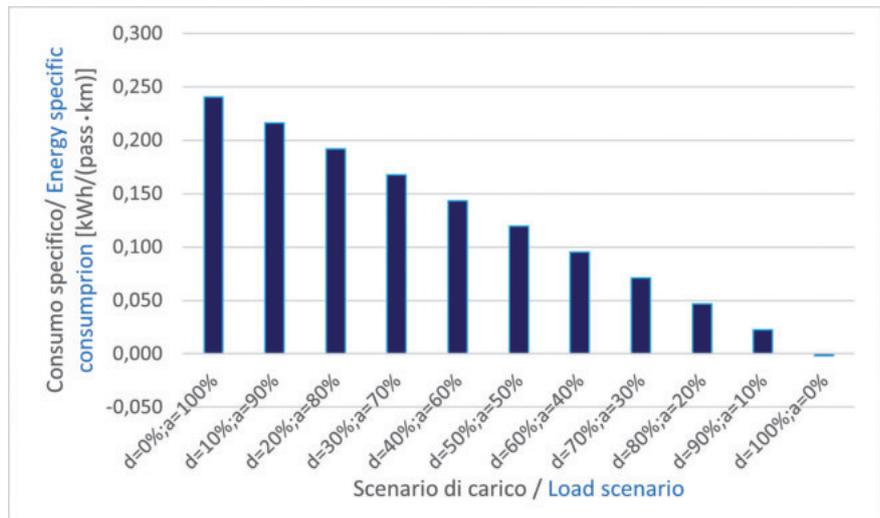


Figura 11 - Consumo specifico [kWh/(pass·km)] in funzione dello scenario di carico, con il vincolo di mantenere una capacità oraria effettiva di 1.480 passeggeri all'ora (cioè la metà della massima capacità oraria complessiva, che è di 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia).

Figure 11 - Specific consumption [kWh/(pass·km)] as a function of the load scenario, with the constraint of maintaining an effective hourly capacity of 1,480 passengers per hour (i.e. half of the maximum total hourly capacity, which is 1,480 passengers per hour per direction of travel).

Tabella 13 – Table 13

Consumo specifico [kWh/(pass·km)] in funzione dello scenario di carico, con il vincolo di mantenere una capacità oraria effettiva di 1.480 passeggeri all'ora (cioè la metà della massima capacità oraria complessiva, che è di 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia)

*Specific consumption [kWh/(pass·km)] as a function of the load scenario, with the constraint of maintaining an effective hourly capacity of 1,480 passengers per hour (i.e. half of the maximum total hourly capacity, which is 1,480 passengers per hour in each direction)*

Scenario	Consumo energetico specifico [kWh/(pass·km)] Specific energy consumption [kWh/(pass·km)]
d=0%; a=100%	0,241
d=10%; a=90%	0,216
d=20%; a=80%	0,192
d=30%; a=70%	0,168
d=40%; a=60%	0,144
d=50%; a=50%	0,119
d=60%; a=40%	0,095
d=70%; a=30%	0,071
d=80%; a=20%	0,047
d=90%; a=10%	0,023
d=100%; a=0%	-0,002

ing factor of the ascent branch) and d (filling factor of the descent branch).

$$e = f(a; d), \text{ not } e = f(a + d)$$

This result is explained by the fact that ascent and descent branch loads make different contributions to the calculation of energy consumption:

- the load in the ascent branch makes a positive contribution in terms of energy consumption, as the greater the load in the ascent branch, the greater the energy required by the system for its movement;
- the load in the descent branch makes a negative contribution in terms of energy consumption, as the greater the load in the descent branch, the more energy is produced internally by the system (through the loss of the gravitational potential energy of the downward vehicles) and does not have to be fed into the system from outside.

In the following Tab. 13 e Fig. 11 the specific energy consumption values for an effective capacity of 1,480 passengers per hour (a+d=100%) are shown, as a function of the pair of values a and d with which this transport capacity is reached, therefore as a function of the distribution of passengers between the two line branches. While in the previously discussed case of a horizontal line, the value of energy consumption was constant as a function of the load distribution in the two branches, with a sloped line, the specific consumption is all the greater the more the ascent branch is loaded.

On the other hand, if an entire cycle is taken into account, id est if the constraint that each passenger travelling in the ascent branch must also travel in the descent branch

Tabella 14 – Table 14

Consumo specifico riferito ad un ciclo in differenti scenari di distribuzione del carico (capacità oraria effettiva = 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia)

*Specific consumption related to one cycle under different load distribution scenarios (effective hourly capacity = 1,480 passengers per hour per direction of travel)*

Scenario di ciclo ( $a_1, d_1$ ) + ( $a_2, d_2$ ) Cycle Scenario ( $a_1, d_1$ ) + ( $a_2, d_2$ )	$e_1$ [kWh/ (pass·km)]	$e_2$ [kWh/ (pass·km)]	$\sum e$ [kWh/ (pass·km)]	Media aritmetica (e) [kWh/(pass·km)] Arithmetic mean (e) [kWh/(pass·km)]
(0%;100%) + (100%;0%)	-0,002	0,241	0,239	0,120
(10%;90%) + (90%;10%)	0,023	0,216	0,239	0,120
(20%;80%) + (80%;20%)	0,047	0,192	0,239	0,120
(30%;70%) + (70%;30%)	0,071	0,168	0,239	0,120
(40%;60%) + (60%;40%)	0,095	0,144	0,239	0,120
(50%;50%) + (50%;50%)	0,119	0,119	0,239	0,120

- nordovest in Fig. 13), che unisce la penisola di Greenwich ai Royal Docks, attraversando il fiume Tamigi;
- la Teleferic de Montjuic a Barcellona (quadrante di sudest in Fig. 13), localizzata nei pressi del porto industriale della metropoli catalana, collega il parco del Montjuic al castello del Montjuic, superando un ingente dislivello;
- le reti di impianti aerei a fune Mi Teleferico di La Paz (quadrante di nordest in Fig. 13) e Metrocable di Medellin (quadrante di sudovest in Fig. 13) attraversano sobborghi con elevatissima densità costruttiva e abitativa nei pressi delle due megalopoli sudamericane.

and vice versa is included in the model, the dependence of the specific energy by the load distribution on the two branches is eliminated. The Tab. 14 and the Fig. 12 show the values and the trend of the unit energy consumption for an ascent branch-descent branch cycle (or vice versa), and demonstrate that the sum of the specific energy consumption of the two branches is the same for all load distribution scenarios. In particular, in the first column "cycle scenario" (Tab. 14), the first vector represents the distribution of loads along the cable car line of the first part of the cycle, and the second vector represents the distribution of loads along the line in the second part of the cycle; within each vector, the first percentage is the filling of the ascent branch (a) and the second percentage is the filling of the descent branch (d).

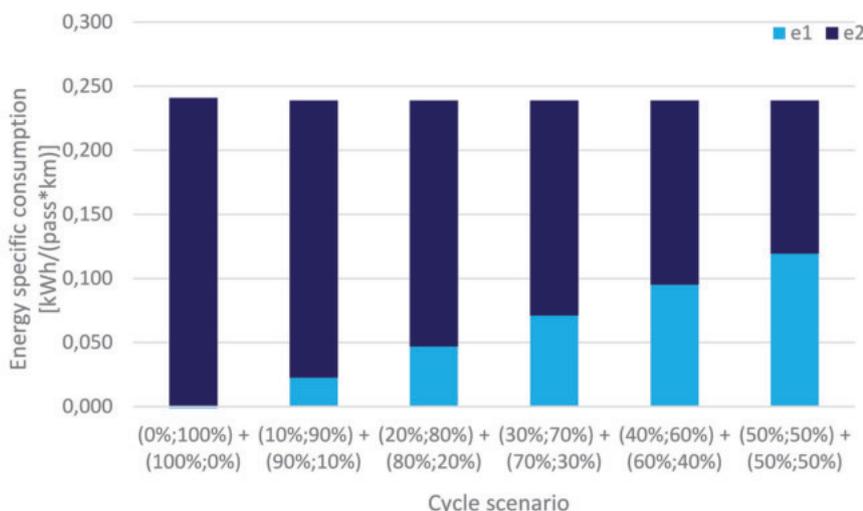


Figura 12 - Consumo specifico riferito ad un ciclo in differenti scenari di distribuzione del carico (capacità oraria effettiva = 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia).

*Figure 12 - Specific consumption related to one cycle under different load distribution scenarios (effective hourly capacity = 1,480 passengers per hour per direction of travel).*

### 6. Cable car-derived hybrid systems

The strengths of the cable car technology, which make it suitable for installations in urban contexts, such as its limited energy and environmental impact, its reduced economic impact in terms of investment and operation, and its ease in overcoming large gradients and man-made and natural obstacles with low impact on the ground, have been mentioned above.

With particular reference to the last point, it is emphasized that in recent years, ropeway installations in urban areas have found application in peculiar and specific contexts: by way of example, we cite the following:

- the London cable car (north-west quarter in Fig. 13), which links the Greenwich Peninsula to the Royal Docks, crossing the River Thames;



Figura 13 - Fotografie di installazioni funiviarie in ambito urbano. Dal quadrante in alto a sinistra in senso orario: London cable car (Londra, UK), Mi Teleferico (La Paz, BOL), Teleferic de Montjuic (Barcellona, SPA), Metrocable (Medellin, COL).

Figure 13 - Photographs of cableway installations in urban areas. Clockwise from top left quarter: London cable car (Londra, UK), Mi Teleferico (La Paz, BOL), Teleferic de Montjuic (Barcellona, SPA), Metrocable (Medellin, COL).

D'altra parte, gli impianti funiviari non hanno trovato ampia applicazione in ambito metropolitano in circostanze diverse da quelle peculiari prima menzionate, in quanto esistono dei vincoli propri della tecnologia che ne limitano la capacità di integrazione nel tessuto urbano e, in definitiva, l'impiego in tali contesti urbani. *In primis*, le linee funiviarie sono normalmente vincolate a seguire tracciati rettilinei, in quanto la fune traente, che trasmette il moto ai veicoli, può difficoltosamente definire angoli in linea; *in secundis*, nonostante l'impatto lungo la linea dell'installazione funiviaria sia minimo e limitato puntualmente ai sostegni, le stazioni hanno relativamente grandi dimensioni, e (soprattutto le stazioni motrici, che ospitano il gruppo motore) possono essere causa di inquinamento rumoroso non trascurabile.

Con l'obiettivo di conservare i punti di forza della tradizionale tecnologia funiviaria e di superarne i limiti, negli ultimi anni si stanno affacciando sul mercato sistemi con tecnologia ibrida.

È questo il caso del sistema CableSmart, sistema sviluppato dalla società di ingegneria italiana Dimensione Ingegnerie con supporto, all'occasione, del Politecnico di Torino (area Trasporti) e la cui descrizione è dettagliata in [1]. Nel sistema CableSmart, come schematizzato in Fig.

- la Teleferic de Montjuic in Barcelona (southeast quarter in Fig. 13), located close to the industrial harbor of the Catalan metropolis, connects the Montjuic park to the Montjuic castle, overcoming a considerable difference in height;
- Mi Teleferico aerial cableway networks in La Paz (north-east quarter in Fig. 13) and Metrocable in Medellin (southwest quarter in Fig. 13) run through suburbs with very high construction and housing density across the two South American megacities.

On the other hand, cable car systems have not found wide application in metropolitan areas in circumstances other than the peculiar ones mentioned above, as there are constraints inherent to the technology that limit their ability to integrate into the urban fabric and, ultimately, their use in such urban contexts. First of all, cableway lines are normally constrained to follow rectilinear paths, as the hauling rope, which transmits motion to the vehicles, can hardly define angles; secondly, although the impact along the line of the cableway installation is minimal and limited to the supports, the stations are relatively large, and (especially the drive stations, which hosts the motor unit) can be the cause of non-negligible noise pollution.

With the aim of preserving the strengths of the traditional ropeway technology and overcoming its limitations, hybrid technology systems have been appearing on the market in recent years.

14, il moto può essere trasmesso al veicolo, di derivazione funiviaria, in due modalità alternative: (i) tramite l'ammorsamento ad una fune traente, in modo del tutto simile ad una tradizionale telecabina; oppure (ii) tramite quattro ruote automotrici installate nelle adiacenze della morsa, in modo non dissimile ad una monorotaia sospesa.

In questo modo, tale sistema è in grado di conciliare i punti di forza della tradizionale tecnologia funiviaria, in termini di facilità di superamento di ingenti dislivelli e ostacoli naturali e antropici con basso impatto al suolo, ai vantaggi tipici di sistemi a rotaia, come la facile integrazione nel tessuto urbano e la possibilità di definire percorsi sinuosi e curve con ridotto raggio di curvatura.

In aggiunta alla sinergia tra punti di forza prima descritta, il sistema CableSmart presenta altri benefici che lo rendono particolarmente adatto all'esercizio in ambiti urbani:

- per alimentare le moto-ruote che garantiscono il moto del veicolo lungo le tratte su rotaia, è accolto a bordo veicolo un pacco batterie. Ciò consente l'elettrificazione dei veicoli, che ospitano al loro interno sistemi di comfort termico quali climatizzazione, riscaldamento e condizionamento, sistemi di infotainment e telecamere di sicurezza;
- nei tradizionali impianti funiviari ad ammortamento automatico, nelle stazioni, quando il veicolo non è ammortato alla fune traente e scollega le sue caratteristiche cinematiche da quelle della fune (che si muove costantemente alla velocità della linea, tipicamente 5-6m/s), avanza grazie al contatto con un treno di pneumatici montati nella stazione e collegati tra loro tramite cinghie, che ricevono il movimento dalla fune e lo trasmettono per contatto al veicolo. Tale meccanismo, oltre ad essere energeticamente non ottimale, non permette la completa fermata del veicolo in stazione, caratteristica fondamentale per la completa e comoda fruizione di un sistema di trasporto urbano da parte di tutte le fasce di popolazione. Nel sistema CableSmart, invece, durante il transito in stazione, il moto viene trasferito ai veicoli attraverso le motoruote installate sul veicolo stesso. In questo modo, i veicoli sono in grado di fermarsi completamente in stazione per consentire l'imbarco e lo sbarco dei passeggeri con una modalità ed una interfaccia simili a quelle di un ascensore verticale, consentendo così la comoda e completa fruizione del servizio di trasporto anche a persone con mobilità ridotta, o con valigie, passeggini...;
- l'eliminazione della complessa catena cinematica prima menzionata, necessaria nella tecnologia funivia-

*This is the case of the CableSmart system, a system developed by the Italian engineering company Dimensione Ingegnerie with support, on this occasion, from the Politecnico di Torino (DIATI- transportation department) and whose description is detailed in [1]. In the CableSmart system, as schematized in Fig. 14, motion can be transmitted to the vehicle, derived from a cableway, in two alternative ways: (i) by means of a hauling rope, similarly to a traditional cable car; or (ii) through four self-propelled wheels installed adjacent to the grip, like a suspended monorail.*

*In this way, this system is able to reconcile the strengths of traditional ropeway technology, in terms of the ease of overcoming large differences in high and natural and anthropic obstacles with a low impact on the ground, with the typical advantages of rail systems, such as easy integration into the urban fabric and the possibility of defining sinuous routes and curves with a small radius of curvature.*

*In addition to the synergy of strengths described above, the CableSmart system has other benefits that make it particularly suitable for operation in urban environments:*

- *in order to power the motorized wheels that ensure the vehicle's motion along the rail segments, a battery pack is installed in the vehicle. This enables the electrification of the vehicles, which accommodate thermal comfort systems such as air conditioning, heating and air conditioning, infotainment systems and security cameras;*
- *in traditional detachable grip cableways, in the stations, when the vehicle is not attached to the hauling rope and disconnects its kinematic characteristics from those of the rope (which moves constantly at the speed of the line, typically 5-6m/s), it moves forward thanks to contact with a set of tires mounted in the station and connected to each other by belts, which receive the movement from the rope and transmit it by contact to the vehicle. This mechanism, in addition to being sub-optimal in terms of energy, does*



Figura 14 - Bozzetto di un'installazione di sistema CableSmart: la linea è disegnata in rosso nella sua parte funiviaria, e in blu nel suo segmento su rotaia.  
 Figure 14 - Sketch of a CableSmart system installation: the line is drawn in red in its cableway segment, and in blue in its rail segment.

ria tradizionale per conferire il moto ai veicoli durante il transito nelle stazioni, consente alla tecnologia CableSmart di diminuire ulteriormente l'impatto energetico ed ambientale dell'installazione.

A tal proposito, viene menzionato nuovamente il già citato [1], che presenta una analisi dettagliata sull'impatto energetico ed ambientale del sistema CableSmart, con particolare enfasi alle sue tratte su rotaia e in cui viene dimostrato che le emissioni specifiche del sistema, in termini di  $gCO_2/(pass\text{-}km)$ , nella tratta su rotaia sono circa il 45% in meno rispetto a quelle dei suoi segmenti su fune. Inoltre, viene in [1] proposta una dissertazione rispetto alla sinergia tra un impianto CableSmart e un impianto fotovoltaico con sistema di accumulo energetico tramite batterie, in cui viene riportato che è possibile diminuire l'impatto sulla rete elettrica dell'impianto CableSmart fino al -70% in ambienti particolarmente favorevoli in termini di produzione fotovoltaica e di sincronismo tra produzione e carico come Dubai City.

- Il sistema CableSmart consente la definizione di una vera e propria rete di trasporto: linee su fune e linee su rotaia possono infatti costituire gli archi che uniscono diverse stazioni (nodi) e possono venire attraversate da veicoli che si muovono tra i segmenti senza soluzione di continuità. Inoltre, la relativamente bassa capienza unitaria dei veicoli (6-10 persone) ben si adatta alla customizzazione del viaggio: in fase di imbarco, l'utente può prenotare la fermata attraverso un'interfaccia simile a quella di un ascensore verticale.

Sulla base del sistema CableSmart descritto in questo articolo, oltre che in [1][2][4][5], è stato inaugurato in Svizzera (a Flims- Cantone Grigioni) nel dicembre 2023 il primo sistema di trasporto ibrido a derivazione funiviaria.

## 7. Analisi dei risultati

La dettagliata analisi del carico energetico relativo ad installazioni funiviarie in diverse condizioni di capacità oraria, di carico e di pendenza ha evidenziato che:

- la funzione tra il consumo specifico "e" e la capacità oraria della linea "C" segue una relazione inversa, dovuta al fatto che, nonostante un aumento della capacità oraria è causa di un appesantimento della linea, in termini di numero di sostegni e numero dei rulli e, quindi, in termini di entità delle forze di attrito e conseguentemente dell'impatto energetico assoluto del sistema, questo incremento è minore rispetto all'aumento di capacità nominale (ed effettiva, in quanto questo risultato è stato ottenuto a parità di fattore di utilizzo della linea, ipotizzato al 100%);
- nel caso di linea orizzontale, la funzione che, a parità di capacità oraria nominale, lega il consumo specifico "e" alla capacità oraria "C" effettiva della linea, è una relazione inversa costantemente minore rispetto all'iperbole vincolata al passaggio per il punto  $(C_{C(eff)=C(nom)}, e(C_{C(eff)=C(nom)}))$  relativo all'utilizzo unitario della linea.

*not allow the vehicle to come to a complete stop at the station, a fundamental characteristic for the complete and comfortable use of an urban transport system by all segments of the population. In the CableSmart system, on the other hand, during the transit through the station, motion is transferred to the vehicles through the wheels installed on the vehicle itself. In this way, the vehicles are able to stop completely in the station to allow passengers to embark and disembark in a manner and interface similar to that of a vertical lift, thus allowing the comfortable and complete use of the transport service even for people with reduced mobility, or with suitcases, pushchairs, etc;*

- *the elimination of the complex kinematic chain mentioned above, which is necessary in traditional ropeway technology to give motion to the vehicles during transit through the stations, allows CableSmart technology to further reduce the energy and environmental impact of the installation.*

*In this regard, the already mentioned [1], which presents a detailed analysis of the energy and environmental impact of the CableSmart system, with particular emphasis on its rail segments, shown that the system's specific emissions, in terms of  $gCO_2/(pass\text{-}km)$ , in the rail segment are approximately 45% lower than those of its cable car segments. Furthermore, in [1] a dissertation is proposed regarding the synergy between a CableSmart system and a photovoltaic plant with energy storage through batteries, in which it is reported that it is possible to decrease the impact on the electric grid of the CableSmart system by up to -70% in particularly favorable environments in terms of photovoltaic production and synchronism between production and energy load such as Dubai City.*

- *The CableSmart system allows the definition of a real transport network: cable car segment rail segment can form the arcs joining different stations (nodes) and can be crossed by vehicles moving seamlessly among the segments. Furthermore, the relatively low unit capacity of the vehicles (6-10 persons) is well suited to customization of the journey: when boarding, the user can book the stop via an interface similar to that of a vertical lift.*

*Based on the CableSmart system described in this article, as well as in [1][2][4][5], the first ropeway-derived hybrid transport system was opened in December 2023 in Switzerland (in Flims, Canton Graubünden).*

## 7. Analysis of results

*The detailed energy load analysis of cableway installations under different conditions of hourly capacity, load and gradient shown that:*

- *the function between the specific consumption "e" and the hourly capacity of line "C" follows an inverse relationship.*

*An increase in hourly capacity causes an increase in the line complexity, in terms of number of supports and number of rollers and also in terms of magnitude of the friction forces and of the absolute energy impact of the system. Despite this, the increase of the absolute energy impact of the system is lower than the grow of the nominal capacity (and effective*

Tale risultato è dovuto al fatto che il rapporto tra la massa dei passeggeri e quella dei veicoli è nel caso di impianti funiviari relativamente alto, e quindi il contributo, in termini di aumento di forza premente e conseguentemente di attrito, di un aumento dei passeggeri trasportati non è trascurabile.

Inoltre, nel caso di linea orizzontale, il consumo specifico “e” è funzione unicamente del fattore di utilizzo della linea, con insensibilità del modello al modo in cui la linea viene riempita (quindi ai fattori di riempimento dei due rami di linea);

- se la linea è caricata in modo simmetrico, quindi se il fattore di riempimento del ramo ascendente è uguale al fattore di riempimento del ramo discendente, è stata dimostrata la non significatività della relazione tra pendenza e consumo energetico: in tal caso, quindi, l’impatto energetico è indipendente dalla pendenza della linea. Questo esito è legittimato dal fatto che, al lordo degli attriti, un impianto funiviario è un sistema conservativo, in cui l’energia potenziale persa dai veicoli e dai passeggeri nel ramo discendente viene utilizzata per bilanciare energeticamente la linea e per fornire energia potenziale a veicoli e passeggeri nel ramo ascendente, aumentando la quota.

In modo non dipendente dalla pendenza, quindi, l’energia da immettere nel sistema al fine del funzionamento di una linea funiviaria in cui il numero di passeggeri è uguale nei due rami, è sempre pari a quella necessaria per vincere gli attriti;

- eliminando il vincolo di simmetria nei fattori di riempimento dei due rami, (i) se il ramo ascendente è più carico di quello discendente, esiste una correlazione crescente tra pendenza e consumo energetico; (ii) se invece il ramo discendente è più carico di quello ascendente, maggiore è la pendenza, minore è il consumo energetico. In questo ultimo scenario, per alti valori di pendenza e di sbilanciamento del carico, è possibile definire un consumo energetico negativo: in tal caso, il differenziale di energia potenziale tra il ramo discendente e quello ascendente è maggiore dell’energia che viene complessivamente dissipata in attriti;
- al contrario di quanto descritto per lo scenario orizzontale, quindi, nel caso di linea inclinata, il fattore di riempimento totale della linea, che ingloba entrambi i sensi di marcia, non è sufficiente per definire in modo univoco il consumo energetico dell’installazione funiviaria, ma è necessario esplicitare anche la suddivisione dei passeggeri tra i due rami di linea. Nella condizione generale, quindi, il carico energetico associato all’impianto funiviario è funzione dei due fattori di riempimento, tra loro indipendenti, del ramo di salita “a” e di quello di discesa “d”.

Menzionando i pregi e le criticità della tecnologia funiviaria, con particolare enfasi alla potenziale adozione di tali sistemi in contesti urbani, l’articolo ha inoltre ribadito

*capacity, as this result was obtained with the same line utilization factor, assumed to be 100%);*

- *in the case of a horizontal line, the function that, given the same nominal hourly capacity, links the specific consumption “e” to the effective hourly capacity “C” of the line, is an inverse relation constantly smaller than the hyperbolic bound to the point  $(C_{C(eff)=C(nom)}; e(C_{C(eff)=C(nom)}))$  relating to the maximum utilization of the line. This result is due to the fact that the ratio of the mass of passengers to the mass of vehicles is relatively high in the case of ropeways, and therefore the contribution, in terms of an increase in the pressing force and consequently in friction, of an increase in carried passengers is not negligible.*

*Furthermore, in the case of a horizontal line, the specific consumption ‘e’ is a function solely of the line utilization factor, with the model being insensitive to the way the line is filled (id est the filling factors of the two line branches);*

- *if the line is symmetrically loaded, id est if the filling factor of the ascending branch is equal to the filling factor of the descent branch, the relationship between slope and energy consumption has been shown to be statistically non-significant: in this case, the energy impact is independent of the slope of the line. This outcome is legitimized by the fact that, gross of friction, a ropeway plant is a conservative system, in which the potential energy lost by vehicles and passengers in the descent branch is used to energetically balance the line and to provide potential energy to vehicles and passengers in the ascent branch, increasing their altitude.*

*Therefore, in a way that is not dependent on the gradient, the energy that should be fed into the system in order to operate a cableway line in which the number of passengers is the same in both branches is always equal to that required to overcome frictions;*

- *by eliminating the symmetry constraint in the filling factors of the two branches, (i) if the ascent branch is more loaded than the descent branch, there is an increasing correlation between slope and energy consumption; (ii) on the other hand, if the descent branch is more loaded than the ascent one, the greater the slope, the lower the energy consumption. In this last scenario, for high values of slope and load imbalance, it is possible to define a negative energy consumption: in this case, the potential energy differential between the descent and the ascent branch is greater than the energy that is dissipated in friction overall;*
- *contrary to what has been described for the horizontal scenario, in the case of a sloped line, the total filling factor of the line, which encompasses both directions of travel, is not sufficient to unambiguously define the energy consumption of the cableway installation, but it is also necessary to make explicit the split of passengers between the two line branches. In the general condition, therefore, the energy load associated with the ropeway installation is a function of the two independent filling factors of the ascent branch “a” and the descent branch “d”.*

*Mentioning the advantages and the criticalities of the ropeway technology, with particular emphasis on the poten-*

quanto affermato in [1] in merito a sistemi ibridi a derivazione funiviaria (CableSmart).

Tali sistemi ibridi consentono di superare i punti di debolezza della funivia tradizionale, che non hanno ancora consentito a questa tecnologia di entrare in maniera capillare nel mercato della mobilità urbana. Un sistema monocavo tradizionale, infatti, appare intrinsecamente limitato da alcuni vincoli tecnologici quali l'estrema difficoltà di definire tratti curvi, la relativa complessità delle stazioni e la non elettrificazione dei veicoli, che non consente l'installazione di sistemi di videosorveglianza e sistemi di comfort a bordo cabina. Questi fattori allontanano i tradizionali sistemi funiviari dalle esigenze della domanda e dai contesti urbani, e costituiscono una spiegazione della motivazione per cui i tradizionali sistemi funiviari, nonostante gli indubbi punti di forza in termini di superamento di dislivelli, e di ostacoli antropici e naturali con basso impatto al suolo e basso impatto ambientale ed energetico, non sono ancora adottati frequentemente in contesti urbani.

D'altro canto, il sistema ibrido è in grado di mantenere i punti di forza della tecnologia tradizionale funiviaria e di superarne i limiti. In questo sistema, infatti, il moto può essere trasferito ai veicoli (derivati da quelli funiviari) in due modi:

- attraverso una fune, in modo simile ad una tradizionale funivia. In questi tratti, il veicolo è ammorsato alla fune traente e lo spostamento avviene grazie alla fune. I sistemi ausiliari ed il comfort termico all'interno del veicolo sono comunque garantiti dalle batterie montate a bordo del veicolo stesso.
- Attraverso ruote motorizzate montate nella parte superiore del veicolo, alimentate da batterie installate a bordo. In questi segmenti, il sistema funziona in modo simile a una monorotaia sopraelevata.

Nel tratto in fune, il sistema ibrido mantiene vantaggi e svantaggi di una telecabina tradizionale, mentre nei tratti su rotaia eredita le caratteristiche di un sistema su ruota, ed è quindi in grado di definire percorsi curvilinei e di adattarsi efficacemente ai tessuti urbani.

### 8. Conclusioni

Gli impatti energetico ed ambientale associati ad impianti funiviari, già descritti in [1][2][4], sono stati in questo articolo più approfonditamente esaminati.

In particolare, le analisi descritte in questo articolo hanno dettagliatamente indagato il consumo energetico specifico [kWh/(pass.km)] e le emissioni specifiche [gCO<sub>2</sub>/(pass.km)] correlati ad una telecabina in vari scenari.

Il presente articolo ha proposto un'analisi quantitativa dell'impatto energetico della tecnologia funiviaria, evidenziando come variabili geometriche e di utilizzo influenzino i consumi energetici. Utilizzando il software SIF, si sono simulate le performance di una linea funiviaria urbana che sia coerente la normativa vigente.

*tial adoption of such systems in urban contexts, the article also reiterated what was stated in [1] about cable car derived hybrid systems (CableSmart).*

*Such hybrid systems make it possible to overcome the weaknesses of the traditional cableway, which have not yet allowed this technology to enter into the urban mobility market in a widespread manner. A traditional cable car system, in fact, is intrinsically limited by certain technological constraints such as the extreme difficulty of defining curved stretches, the relative complexity of the stations and the non-electrification of the vehicles, which does not allow the installation of video surveillance and comfort systems on board the cabin. These factors are distancing traditional cableway systems from the needs of the demand and from urban contexts, and constitute an explanation of why traditional cableway systems, despite their undoubted strengths in terms of overcoming gradients and anthropic and natural obstacles with low ground, environmental and energy impact, are still not frequently adopted in urban contexts.*

*On the other hand, the hybrid system is able to maintain the strengths of traditional ropeway technology while overcoming its limitations. Indeed, in this system, motion can be transferred to vehicles (derived from ropeway vehicles) in two ways:*

- *through a rope, similar to a traditional cable car. In these sections, the vehicle is attached to the hauling rope and movement takes place via the cable. The auxiliary systems and thermal comfort inside the vehicle are however ensured by the batteries mounted on board the vehicle.*
- *Through motorized wheels mounted at the top of the vehicle, powered by batteries installed on board. In these segments, the system operates similar to an elevated monorail.*

*In the cable car section, the hybrid system retains the advantages and disadvantages of a traditional gondola, while in the rail sections it inherits the characteristics of a wheeled system, and is therefore able to define curved routes and adapt effectively to urban areas and fabric.*

### 8. Conclusions

*The energy and environmental impacts associated with ropeway installations, already described in [1][2][4], have been more thoroughly examined in this article.*

*In particular, the analyses described in this article investigated in detail the specific energy consumption [kWh/(pass.km)] and specific emissions [gCO<sub>2</sub>/(pass.km)] related to a cable car plant under various scenarios.*

*This paper proposed a quantitative analysis of the energy impact of ropeway technology, highlighting how geometric and usage variables influence energy consumption. Using SIF software, the performance of an urban ropeway line was simulated to be consistent with the current Italian regulations.*

Si è dapprima simulata una linea orizzontale di lunghezza pari a 1.500 m con riempimento unitario, variandone la capacità nominale da 1.480 a 5.000 passeggeri all'ora per senso di marcia; osservandone una diminuzione del consumo energetico specifico da 0,065 a 0,040 kWh/(pass·km) al crescere della capacità. Un modello di regressione lineare ha permesso di stabilire una relazione inversa statisticamente rilevante tra capacità oraria e consumo specifico energetico, quantificata dalla retta che lega il consumo specifico e all'inverso della capacità nominale  $\frac{1}{C}$ .

$$e = 0,0293 + 52,7518 \frac{1}{C}$$

Fissando la capacità nominale a 1.480 passeggeri all'ora per senso di marcia, e variando il fattore di riempimento dei due rami del sistema, è emerso come il consumo energetico specifico dipenda in modo inverso dalla somma dei fattori di riempimento, e non -in modo indipendente- dai due fattori di riempimento dei due rami.

Quando la linea è simmetricamente carica, l'analisi ha dimostrato che la pendenza non influisce significativamente sul consumo energetico, in quanto l'intervallo di confidenza del coefficiente angolare della retta di regressione include il valore nullo.

Al contrario, scenari con carichi asimmetrici rivelano che una maggiore inclinazione riduce il consumo energetico se il ramo di discesa è più carico di quello di salita, poiché l'energia potenziale gravitazionale persa dai veicoli, carichi, nel ramo discendente viene reimmessa nel sistema e riutilizzata per ridurre il consumo energetico complessivo. In questo caso, la relazione decrescente tra la pendenza  $s$  e il consumo energetico unitario  $e$  è modellizzata dalla retta di equazione:

$$e = 0,1297 \frac{\text{kWh}}{\text{pass} \cdot \text{km}} - 0,0097 \frac{\frac{\text{kWh}}{\text{pass} \cdot \text{km}}}{\%} s$$

Viceversa, nel caso in cui il ramo ascendente è più carico di quello discendente, viene dimostrata una statisticamente rilevante relazione lineare crescente tra la pendenza  $s$  e l'impatto energetico  $e$ , in accordo con l'equazione:

$$e = 0,1236 \frac{\text{kWh}}{\text{pass} \cdot \text{km}} + 0,1236 \frac{\frac{\text{kWh}}{\text{pass} \cdot \text{km}}}{\%} s$$

Infine, l'articolo comprende una descrizione di CableSmart, una tecnologia ibrida a derivazione funiviaria che mira a superare i punti di debolezza della tradizionale tecnologia funiviaria (che non le hanno ancora permesso di avere ampio utilizzo in ambito urbano), mantenendone i punti di forza.

## 9. Ringraziamenti

Il presente articolo deriva dalla relazione presentata al seminario "Impianti a fune urbani. Progettazione, energia consumata ed impatto, ritorno di esperienze", organizzato dall'Associazione Italiana per l'Ingegneria del Traffico e dei Trasporti (AIIT) con il supporto dell'Ordine degli Ingegneri

Firstly, a horizontal line with a length of 1,500 meters with unitary filling was simulated, varying its nominal capacity from 1,480 to 5,000 passengers per hour per direction; observing a decrease in specific energy consumption from 0.065 to 0.040 kWh/(pass·km). A linear regression model established a statistically significant inverse relationship between hourly capacity and specific energy consumption, quantified by the straight line linking specific consumption and the inverse of nominal capacity  $\frac{1}{C}$ .

$$e = 0,0293 + 52,7518 \frac{1}{C}$$

By setting the nominal capacity at 1,480 passengers per hour per direction of travel and varying the filling factor of the two branches of the system, it was apparent that the specific energy consumption depends inversely on the sum of the filling factors, and not -independently- on the two filling factors of the two branches.

When the line is symmetrically loaded, the analysis showed that the slope does not significantly affect the energy consumption, as the confidence interval of the angular coefficient of the regression line includes the null value.

Quite the opposite, the analysis of scenarios with asymmetrical loads reveal that a greater slope reduces energy consumption if the descent branch is more heavily loaded than the ascent branch, since the gravitational potential energy lost by the loaded vehicles in the descent branch is fed back into the system and reused to reduce overall energy consumption. In this case, the decreasing relationship between the slope  $s$  and the unit energy consumption  $e$  is modelled by the line described by the equation:

$$e = 0,1297 \frac{\text{kWh}}{\text{pass} \cdot \text{km}} - 0,0097 \frac{\frac{\text{kWh}}{\text{pass} \cdot \text{km}}}{\%} s$$

Conversely, in the case where the ascent branch is more heavily loaded than the descent one, a statistically significant increasing linear relationship is demonstrated between the slope  $s$  and the energy impact  $e$ , in accordance with the equation:

$$e = 0,1236 \frac{\text{kWh}}{\text{pass} \cdot \text{km}} + 0,1236 \frac{\frac{\text{kWh}}{\text{pass} \cdot \text{km}}}{\%} s$$

Finally, the article includes a description of CableSmart, a cableway-derived hybrid technology that aims to overcome the weaknesses of traditional cable car technology (which have not yet allowed it to be widely used in urban areas) while maintaining its strengths.

## 9. Acknowledgements

This article derives from the report presented at the seminar "Impianti a fune urbani. Progettazione, energia consumata ed impatto, ritorno di esperienze / Urban ropeways. Design, consumed energy and impact, return of experiences", organized by the Italian Association for Traffic and Transport Engineering (Associazione Italiana per l'Ingegneria del Traffico e dei Trasporti, AIIT) with the support of the Order of Engineers of the Province of Turin and under the

ri della Provincia di Torino e sotto l'egida del Collegio degli Ingegneri Ferroviari Italiani (CIFI) in data 10.11.2023 presso l'Unione Industriali di Torino.

*aegis of the College of Italian Railway Engineers (Collegio degli Ingegneri Ferroviari Italiani CIFI) on 11.10.2023 at the Industrial Union of Turin.*

## BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] BAZZOLO S., BLENGINI S., DALLA CHIARA B. (2019), "Energy load analysis of a fully automated hybrid cable-driven public transport system: simulation with a photovoltaic system and storage / Analisi del carico energetico di un sistema di trasporto pubblico ibrido a fune ad automazione integrale: simulazione con impianto fotovoltaico ed accumulo"; Ingegneria Ferroviaria; dicembre.
- [2] AFFATATO M., BLENGINI S., DALLA CHIARA B. (2015), "Automated People Movers with rope traction: engineering and modelling an innovative hybrid solution to optimise energy use / Automated People Mover con trazione a fune: progettazione e modellizzazione di una soluzione ibrida innovativa finalizzata al risparmio energetico"; Ingegneria Ferroviaria; dicembre.
- [3] FICKERT L., ZHANG Z., QIAN C., LUO Y. (2018), "Discussion on the energy efficiency and electrotechnical questions of urban cable car system"; Proceedings of the 3rd International Conference on Electrical and Information Technologies for Rail Transportation (EITRT) 2017; marzo.
- [4] NAVONE M., DALLA CHIARA B., BLENGINI S., VAIR E. (2017), "Cable driven Automated People Movers for urban applications: modelling the roller for investigating energy consumption / Impianti automatici con trazione a fune per trasporti urbani: modellazione dei rulli per la verifica del consumo energetico"; Ingegneria Ferroviaria; settembre.
- [5] BAZZOLO S., DALLA CHIARA B. (supervisor), BLENGINI S. (supervisor) (2023), PhD thesis "Cable driven innovative systems for urban transport: engineering, design, and energy consumption"; Politecnico di Torino- DIATI; giugno.
- [6] PETRUCCELLI U., FABRIZIO D. (2023), "Regulatory, technological and operational innovations in cableway transport / Innovazioni normative, tecnologiche ed operative nei trasporti a fune"; Ingegneria Ferroviaria; marzo.
- [7] United Nations Population Fund (2023), "State of world population 2023- 8 billion lives, infinite possibilities: the case for rights and choices", Aprile.
- [8] DALLA CHIARA B. (2020), Appunti del corso di dottorato "Suitable transport systems"; Diati-Politecnico di Torino.
- [9] European Court of Auditors (2020), "Special report 06/2020- Sustainable urban mobility in the EU: no substantial improvement is possible without member states' commitment".
- [10] Inrix (2018), "INRIX Roadway Analytics".
- [11] European Environment Agency (2022), Article "Premature deaths due to air pollution continue to fall in the EU. more efforts needed to deliver a toxic-free environment".
- [12] European Commission; "EU Transport in figures – Statistical Pocketbook"; 2019
- [13] C2ES- Center for climate and energy solutions (2023), article "global emissions"; website "https://www.c2es.org/content/international-emissions/"; consulted in November.
- [14] EPA- United States Environmental Protection Agency (2023), article "Greenhouse gas emissions from a typical passenger vehicle".
- [15] Parlamento Europeo (2023), articolo "Emissioni di gas serra nell'UE per Paese e settore: infografica"; 15.03.2018, ultimo aggiornamento: 28.03.2023.
- [16] ISTAT- Istituto Nazionale di Statistica (2023), comunicato stampa "Incidenti stradali in Italia, anno 2022".
- [17] European Commission (2023), article "Road safety in the EU: fatalities below pre-pandemic levels but progress remains too slow".
- [18] National Geographic (2019), "Cities- ideas for a brighter future"; National Geographic- special issue 04.2019; April.
- [19] Unipol Sai Assicurazioni (2019), comunicato "osservatorio Unipol Sai sulle abitudini di guida degli italiani nel 2018 in seguito all'analisi dei dati delle scatole nere installate nelle automobili".
- [20] UNI; UNI /TR 11735:2018 "Linee guida per la progettazione dei sistemi di trasporto persone ad automazione integrale con trazione a fune".
- [21] Parlamento Europeo (2016), Briefing EU legislation in progress "Cableways installations- Proposal for a new regulation".
- [22] Enel (2022), "Bilancio sostenibilità 2022- Le performance di Enel nella lotta al cambiamento climatico"; 2022
- [23] ABA (American bus association) foundation (2019), "Updated comparison of energy use & CO<sub>2</sub> emissions from different transportation modes".
- [24] VITALI V. (2022), "C.D.P. Software per verifica linea monofuni (tipologie: morsa fissa, automatica, puls. e telemix ), realize 0110"; giugno.
- [25] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2021), "Decreto Dirigenziale 172/2021", 18.06.2021.



**Costruzioni  
Linee  
Ferroviarie**



**Promofer**  
Safety Services

**UNIFERR**



**il futuro corre su binari sicuri**

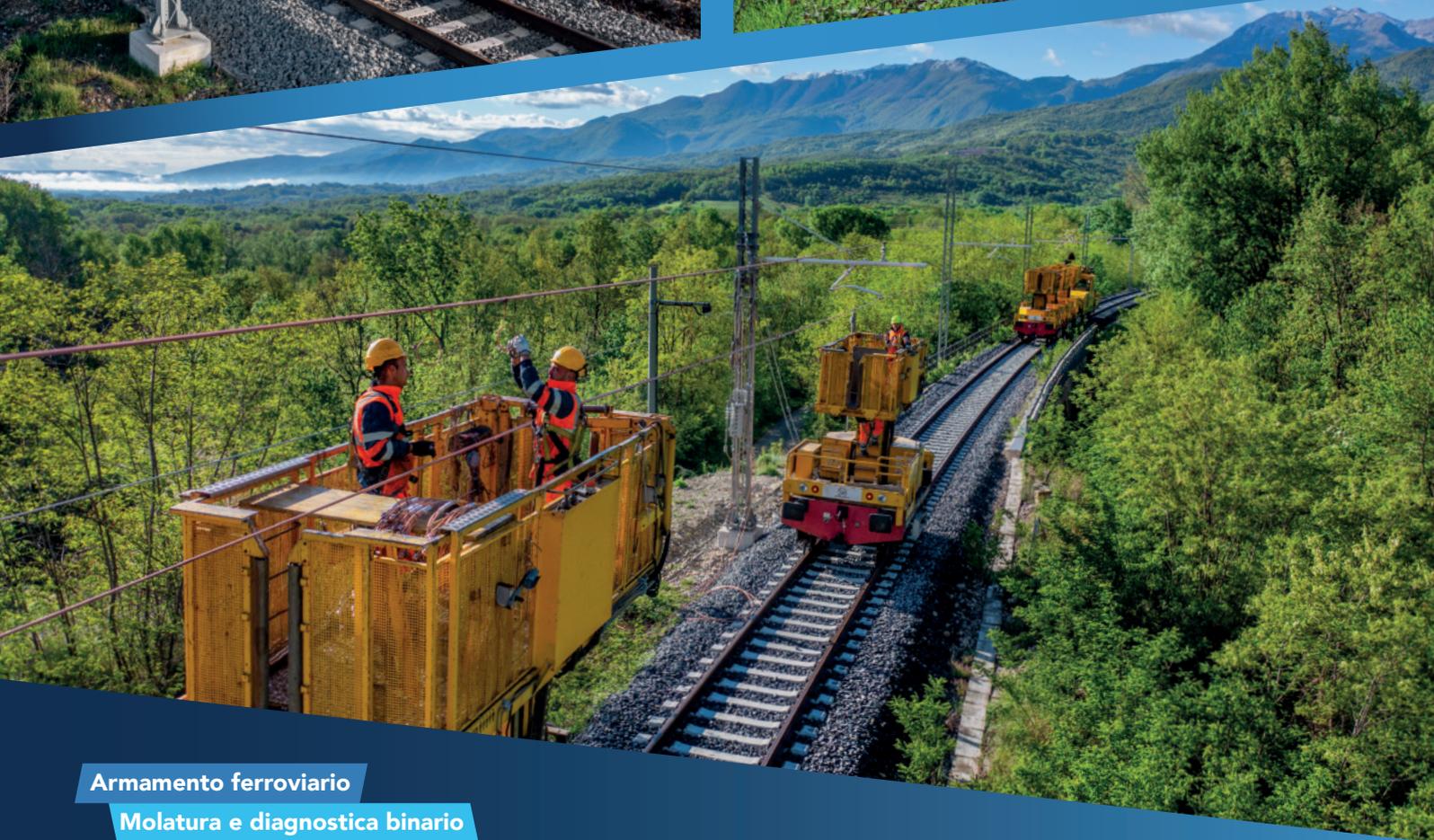
**dal 1945**

CLF con le società controllate, Sifel, Tes e Sitec ha raggiunto, in oltre mezzo secolo di storia, un elevato grado di specializzazione nella progettazione, manutenzione e realizzazione di nuove linee ferroviarie, tranviarie e metropolitane in Italia e all'estero.

La forza che spinge CLF verso lo sviluppo è la conoscenza di tutto il processo sia nel campo delle infrastrutture che nel settore del materiale rotabile.



Via della Cooperazione, 34 - 40129 (Bologna - Italy) - Tel. +39 051 323424 - Fax +39 051 324135 - clf.spa@clfspa.it - www.clfspa.com



Armamento ferroviario

Molatura e diagnostica binario

Energia, segnalamento e TLC

Macchine ferroviarie

Materiali ferroviari

Ingegneria e progettazione



## Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

### TRASPORTI SU ROTAIA

#### Nazionale: Stazioni del Territorio, progetto del Gruppo FS per rigenerare i piccoli centri con nuovi servizi

Rendere le stazioni un valore aggiunto del tessuto sociale sfruttandone la presenza capillare sul territorio nazionale per convertirle in centri multiservizi per i cittadini e le comunità locali.

È questo l'obiettivo di Stazioni del Territorio, progetto promosso dalle società del Gruppo FS e rivolto agli scali ferroviari dei comuni con meno di 15 mila abitanti.

L'iniziativa mira a trasformare le stazioni in centri polifunzionali utilizzando fabbricati, con spazi disponibili, e aree esterne in disuso così da metterli a disposizione della cittadinanza con l'inserimento di servizi polivalenti e di pubblica utilità.

Il progetto è stato presentato nella sede del Gruppo FS a Roma dal Vicepresidente del Consiglio e Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti M. SALVINI, dal Commissario alla Riparazione e Ricostruzione Sima 2016 G. CASTELLI, dal Segretario Generale ANCI V. NICOTRA, dall'Amministratore Delegato del Gruppo FS L. FERRARIS dall'Amministratore Delegato e Direttore Generale di RFI G. STRISCIUGLIO, dal Direttore *Luiss School of Government* e Condirettore *Luiss Policy Observatory* G. ORSINA. Durante la presentazione è stato effettuato un collegamento in diretta con la stazione di Popoli-Vittorito (Pescara).

Stazioni del Territorio coinvolgerà 20 scali in tutta Italia e ha già pre-

so il via in cinque stazioni pilota, situate nelle quattro regioni del Centro Italia coinvolte nei sismi del 2009 e del 2016: Popoli-Vittorito (Pescara), Urbisaglia-Sforzacosta e Matelica (Macerata) sono in fase di completamento, mentre Antrodoto Centro (Rieti) e Baiano di Spoleto (Perugia) sono attualmente interessate dagli interventi che si concluderanno nel 2025.

Per ogni stazione sono state ascoltate le esigenze espresse dal territorio e sono stati inseriti i servizi e le funzioni richieste, dagli ambulatori medici alla farmacia, dalle postazioni di lavoro con prese elettriche agli Amazon Locker.

Le altre stazioni che saranno coinvolte sono: Sesto Calende (Varese), Arona (Novara), Gemona del Friuli (Udine), Camogli (Genova), Diano Marina (Imperia), Passignano sul Trasimeno (Perugia), Piazza al Serchio (Lucca), Loreto (Ancona), S. Gavino Monreale (Sud Sardegna), Golfo Aranci (Sassari), Tropea (Vibo Valentia), Maratea (Potenza), Cesano di Roma (Roma), Sant'Agata di Militello (Messina), San Marcellino - Frignano (Caserta).

I criteri per la selezione delle stazioni sono stati i seguenti: Comuni al di sotto dei 15mila abitanti, copertura della rete internet, disponibilità di spazi adeguati all'inserimento dei servizi, con servizio viaggiatori attivo, e situate prevalentemente in contesti urbanizzati.

I servizi presenti in stazione sono stati oggetto di accordi sottoscritti dal Gruppo FS Italiane con: Amazon Locker, Associazione Nazionale Carabinieri, Croce Rossa Italiana, Federazione dei Medici di Medicina Genera-

le (FIMMG), Federfarma e Sport e Salute.

L'iniziativa prevede anche l'interlocuzione con Infratel Italia che, in stretto coordinamento con i comuni, è a disposizione per portare la connessione WI-FI gratuita all'interno delle stazioni ferroviarie.

Secondo lo studio "Piccole Stazioni: un tempo nuovo per i borghi" realizzato dal *Policy Observatory* della *Luiss School of Government* in collaborazione con il Gruppo FS è emerso infatti che il 78% degli intervistati ritiene che risiedere in un borgo offra una migliore qualità della vita rispetto alla città, di particolare interesse che il 39% dei giovani tra i 18 e i 34 anni abbia valutato la possibilità di vivere in un borgo. Questa tendenza, tuttavia, secondo il *Policy Observatory* si scontra con alcune sfide, come l'accesso ai servizi, la connettività e le opportunità di lavoro.

Il progetto Stazioni del Territorio si propone quindi come un ponte verso la realizzazione di questa aspirazione, offrendo alle stazioni ferroviarie non solo una rinnovata centralità ma anche un cambio di visione: da semplici snodi ferroviari a hub di servizi, cultura e coesione sociale per le rispettive comunità locali (Da: *Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 16 aprile 2024).

#### Abruzzo-Lazio: a Palazzo Silone il Dibattito Pubblico sul progetto di potenziamento della linea Pescara-Chieti

Si è conclusa a Palazzo Silone la conferenza stampa di presentazione del Dibattito Pubblico (Fig. 1) sul progetto di potenziamento della linea Pescara-Chieti. Dopo i saluti istituzionali di P. BIONDI, Sindaco dell'Aquila, alla conferenza stampa hanno partecipato il Presidente della Regione Abruzzo, M. MARSILIO; la Componente della Commissione Nazionale Dibattito Pubblico (CNDP) e Relatrice per il Progetto, A. SCOGNAMIGLIO; l'Amministratore Delegato di Rete Ferroviaria Italiana - RFI (Gruppo FS), G. STRISCIUGLIO; il Vicedirettore Generale *Operation* di RFI, V. MACEL-



(Fonte: RFI, Gruppo FSI)

Figura 1 – Al via il Dibattito Pubblico sul progetto di potenziamento della linea Pescara-Chieti.

LO; il Coordinatore del Dibattito Pubblico, R. ZUCCHETTI.

Il Dibattito Pubblico ha l'obiettivo di informare e illustrare il programma dell'opera di raddoppio della tratta Pescara-Chieti-Interporto d'Abruzzo, volta a rendere competitivo il sistema ferroviario sulla direttrice Roma-Pescara rispetto alle altre modalità di trasporto, nonché a garantire migliori livelli prestazionali dell'offerta in termini di tempi di percorrenza e di capacità. Beneficeranno contestualmente dell'opera i servizi passeggeri, ma anche le relazioni merci da e per l'Interporto d'Abruzzo.

Il sito DP Pescara Chieti ([potenziamentopescarachieti.it](http://potenziamentopescarachieti.it)) fornirà un'informazione completa e tempestiva sul progetto infrastrutturale e sull'avanzamento del Dibattito Pubblico; da giovedì 2 maggio partiranno gli incontri del Dibattito Pubblico, per esaminare attentamente insieme ai cittadini e ai soggetti interessati le potenzialità del progetto e i suoi impatti sul territorio.

- I lotti sottoposti a Dibattito Pubblico

Il Progetto di raddoppio della tratta Pescara-Chieti-Interporto d'Abruz-

zo rientra nel più ampio intervento di velocizzazione della direttrice Roma-Pescara, quale itinerario trans-appenninico per un migliore collegamento dei territori dell'entroterra con Roma e la direttrice Adriatica. Il potenziamento del collegamento ferroviario si estende per circa 16 km di linea ed è articolato nei seguenti tre lotti:

- o Lotto 1: Raddoppio della Pescara Porta Nuova - P.M. San Giovanni Teatino (da progressiva 0+000 a 6+500), attraverso delle rettifiche puntuali di tracciato.
- o Lotto 2: Raddoppio della P.M. San Giovanni Teatino - Chieti (da progressiva 6+500 a 12+050) con una variante velocizzata di tracciato (variante di San Martino).
- o Lotto 3: Chieti - Interporto D'Abruzzo (da progressiva 12+852 a 16+959). Il Piano regolatore generale dell'impianto ferroviario di Chieti separa il Lotto 3 dal Lotto 2.

Il costo del Programma di Investimento di potenziamento dell'intera linea Roma-Pescara sottoposto a valutazione è stimato complessivamente in 15,9 miliardi di euro ed è previsto il suo completamento entro il 2032.

- I benefici del progetto

La realizzazione degli interventi di raddoppio della tratta Pescara-Chieti-Interporto d'Abruzzo costituisce un'opportunità concreta per contribuire alla valorizzazione del territorio e agli obiettivi di sostenibilità ambientale, anche in virtù della sinergia con altri interventi inclusi nel programma di potenziamento della linea Roma-Pescara (*Global Project*).

In particolare, il progetto:

- o potenzia le prestazioni dell'infrastruttura ferroviaria, grazie alla presenza di servizi regionali più capillari che consentiranno tempi di percorrenza equivalenti a fronte di una maggiore offerta sul territorio determinata dalla presenza nuova fermata "Pescara Aeroporto". I servizi regionali veloci dedicati a spostamenti pendolari di maggiore ampiezza inoltre saranno caratterizzati da una riduzione dei tempi di percorrenza;
- o incrementa la capacità della linea, portando ad un significativo aumento dei servizi giornalieri che, per i servizi regionali, passano dai 44 treni/giorno attuali, ai 100 treni/giorno nello scenario di progetto;
- o favorisce le opportunità di sviluppo dell'intermodalità logistica grazie al miglioramento della rete ferroviaria, in quanto gli interventi di raddoppio ferroviario prevedono l'implementazione di servizi ferroviari aggiuntivi da/per Interporto d'Abruzzo che contribuiranno ad aumentare la movimentazione delle merci su treno, con un incremento dagli attuali 4 treni/giorno a 8 treni/giorno nello scenario di progetto;
- o supporta gli obiettivi ambientali di mitigazione dei cambiamenti climatici e riduzione dell'inquinamento atmosferico. A seguito della prevista attivazione di tutti gli interventi, il Global Project comporterà una riduzione al 2029 di 227.235.962 veicoli-km per gli autoveicoli e circa 8.310.000 veicoli-km per i mezzi pesanti e una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente pari a 7.135 tonnellate/anno.

- Gli appuntamenti del Dibattito

Il calendario degli appuntamenti del Dibattito ha previsto webinar e eventi in presenza finalizzati a trasmettere una informazione esauriente e imparziale e promuovere il confronto tra tutte le diverse posizioni esistenti, anche quelle dei singoli cittadini.

- Webinar:
  - o “Presentazione del progetto” | Giovedì 2 maggio, ore 17:30 – 19:30
  - o “Le ragioni dell’opera e i vantaggi per l’entroterra e la costa abruzzese” | Martedì 7 maggio, ore 17:30 – 19:30
  - o “Gli aspetti urbanistici e ambientali dell’opera” | Giovedì 9 maggio, ore 17:30 – 19:30
- “Il tracciato dell’opera e le principali interferenze con il territorio”, Incontri a inviti con amministratori locali e tecnici:
  - o Pescara, martedì 14 maggio, ore 10:30 – 13:00
  - o San Giovanni Teatino, mercoledì 15 maggio, ore 10:30 – 13:00
  - o Chieti, giovedì 16 maggio, ore 10:30 – 13:00
- Incontri pubblici (disponibile anche lo streaming):
  - o “L’opera al servizio dei territori: obiettivi nazionali, benefici locali e soluzioni per il suo inserimento nel contesto di Pescara” | Pescara, martedì 14 maggio, ore 17:30 – 20:00
  - o “L’opera al servizio dei territori: obiettivi nazionali, benefici locali e soluzioni per il suo inserimento nel contesto di San Giovanni Teatino” | San Giovanni Teatino, mercoledì 15 maggio, ore 17:30 – 20:00
  - o “L’opera al servizio dei territori: obiettivi nazionali, benefici locali e soluzioni per il suo inserimento nel contesto di Chieti” | Chieti, giovedì 16 maggio, ore 17:30 – 20:00.

Per i webinar e gli incontri pubblici che hanno previsto la diretta streaming, sono disponibili i link di accesso sul sito DP Pescara Chieti ([potenziamentopescarachieti.it](http://potenziamentopescarachieti.it))

Per M. MARSILIO, Presidente della Regione Abruzzo: “Questo progetto è

un passo in avanti e un segnale molto importante per lo sviluppo del territorio. Ora si entra nel vivo del Dibattito con un calendario che viene presentato per definire la parte di progetto che riguarda la tratta da Pescara fino a Chieti, un altro passaggio fondamentale che per decenni è rimasto bloccato per un’antica contesa sull’attraversamento di Sambuceto. Si va avanti su una ferrovia che è fondamentale, è una spina dorsale dei collegamenti della nostra Regione verso la Capitale”.

Il Professor R. ZUCCHETTI, Coordinatore del Dibattito Pubblico e Senior Advisor di PTS, ha dichiarato: “Il dibattito pubblico non decide cosa fare: serve a far emergere tutte le critiche e le proposte migliorative del progetto in modo che chi dovrà poi decidere lo possa fare con il massimo delle informazioni. Per questo invito tutti a contribuire, informandosi, inviando osservazioni e contributi e partecipando agli incontri pubblici. È un progetto molto importante, che unirà in maniera rapida e sostenibile il centro dell’Italia; al tempo stesso, sono consapevole dei disagi che la sua realizzazione progetto crea a molte persone e attività economiche: proprio queste difficoltà ci devono sollecitare a fare un buon lavoro insieme, per trovare soluzioni che riducano e, dove non è possibile, compensino adeguatamente chi viene danneggiato”.

Per G. STRISCIUGLIO, Amministratore Delegato RFI: “Avviamo la fase di Dibattito Pubblico su quest’opera perché crediamo nel confronto con gli *stakeholder*, partito circa due anni fa, con la Regione e con i comuni abruzzesi. La velocizzazione della linea Roma Pescara consente il diritto alla mobilità di aree interne, di territori lontani dai grandi nodi urbani una maggiore capacità di spostamento per i pendolari verso Roma e verso Pescara, di animare il turismo alla scoperta di luoghi attraversati dalla ferrovia”. Tra gli altri, ha preso parte all’evento A. SCOGNAMIGLIO, Componente della Commissione Nazionale Dibattito Pubblico (CNDP) e Relatrice per il Progetto (Da: *Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 24 Aprile 2024).

### Lombardia: stazioni ferroviarie più integrate nel territorio: intesa Regione – RFI

Stazioni ferroviarie sempre più connesse con il territorio grazie a una mobilità urbana multimodale e sostenibile. Prende il via un nuovo approccio progettuale che riqualifica e ridisegna le aree circostanti le stazioni, per trasformarle in veri e propri hub di mobilità pubblica, condivisa e più ecologica e promuovere lo shift modale verso mezzi di trasporto a basso impatto ambientale.

L’intesa fra Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana (società capofila del Polo Infrastrutture del Gruppo FS Italiane) è stata siglata da Regione Lombardia e da Rete Ferroviaria Italiana. L’accordo definisce un programma strategico e individua un elenco di ambiti di stazione dove co-finanziare e realizzare riassetto e razionalizzazione delle piazze e della viabilità di accesso, ristrutturazione e riorganizzazione dei terminal bus, potenziamento della rete ciclopedonale tra stazioni, centri storici e principali attrattori territoriali (come scuole superiori o ospedali), apertura di nuovi sottopassaggi, velostazioni e aree dedicate alla sosta di biciclette e veicoli della *sharing mobility*. Il tutto, facilitando e velocizzando l’interscambio e l’integrazione tra i diversi mezzi di trasporto.

Gli interventi, per un importo totale di 41 milioni di euro, sono finanziati da Regione Lombardia, a valere sul Fondo europeo di sviluppo regionale 2021-2027 e da Rete Ferroviaria Italiana, con fondi del Contratto di Programma MIT-RFI. La giunta regionale ha già approvato il provvedimento, denominato “Multimodale Urbano”, che assicura il finanziamento dei progetti presentati da RFI insieme ai Comuni serviti alle stazioni inserite nel piano, con i fondi PR FESR 2021-2027 relativi all’obiettivo di policy 2.8: “*promoting sustainable multimodal urban mobility, as part of transition to a net zero carbon*”.

Con la firma di questo accordo risorse di RFI e Regioni vengono, per la prima volta, fatte convergere in un ambito territoriale allargato rispetto al pe-

rimetro in asset RFI. È intenzione condivisa proseguire in questa direzione per garantire continuità alle analisi tecniche e aggiornamento costante degli obiettivi strategici al fine di individuare ulteriori opportunità di co-finanziamento (Da: *Comunicato Stampa RFI, Gruppo FSI, 23 aprile 2024*).

## TRASPORTI URBANI

### Nazionale: trasporto pubblico locale, oltre 4 miliardi a favore delle Regioni

È online il provvedimento siglato dal ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, M. SALVINI, di concerto con il ministro dell'Economia e delle Finanze, G. GIORGETTI, che ripartisce 4.123.064.270 euro quale anticipazione dell'80% delle risorse destinate al concorso finanziario dello Stato agli oneri del trasporto pubblico locale, anche ferroviario, a favore delle Regioni a statuto ordinario.

Il MIT provvederà all'erogazione delle risorse, ripartite come da tabella allegata al decreto, con cadenza mensile fino al raggiungimento dell'intero importo (Da: *Comunicato Stampa MIT, 24 aprile 2024*).

### Lazio: ATAC, dall'8 aprile aperti i cantieri per la trasformazione di metro A di Roma

Ad aprile hanno aperto i cantieri per completare la trasformazione della metro A, necessaria per affrontare il notevole incremento di domanda di trasporto sulla linea previsto in occasione dell'avvio del Giubileo. ATAC ha predisposto un lungo elenco di attività che vanno dal restyling delle stazioni, al rinnovo e alla manutenzione straordinaria degli impianti di trazione, fino alla sostituzione dei binari che completerà il lavoro già svolto tra Anagnina e Ottaviano. Tutti i cantieri si concluderanno entro dicembre del 2024.

- Il rinnovo dei binari di metro A. Dall'8 aprile riaperto il cantiere notturno per la sostituzione dei binari lungo la linea. Questo com-

porterà il ritorno delle chiusure serali della metro A, con ultime corse alle 21.00, da domenica al giovedì, con orario di servizio regolare fino all'1.30 il venerdì e il sabato. Nei giorni di chiusura anticipata verrà attivato un servizio sostitutivo, per il quale verranno impiegati 76 bus navetta che si attesteranno in superficie in corrispondenza delle stazioni chiuse.

- Stazioni rinnovate e più affidabili. Tutte le stazioni della linea A è previsto vengano rinnovate. Le prime che saranno interessate dai lavori di riqualificazione saranno Spagna, Ottaviano e Cipro che verranno completate nel corso del 2024. La chiusura anticipata della linea per il rinnovo dei binari consentirà alle maestranze di avere più tempo per risolvere definitivamente l'annoso problema delle infiltrazioni idriche. Sarà necessario, per consentire gli interventi più invasivi, prevedere un periodo di chiusura delle stazioni di Spagna, dal 15 luglio al 3 ottobre e di Ottaviano dal 22 luglio al 9 settembre 2024. La stazione Cipro, anch'essa interessata da lavori di rinnovo dell'infrastruttura nel periodo estivo, rimarrà aperta con sola limitazione di accesso in alcune aree.
- Manutenzione straordinaria su scale mobili e ascensori. Su tutta la linea A si interverrà con attività di manutenzione straordinaria su 105 impianti di trazione, compresa la sostituzione di 22 montascale. Il piano di interventi richiede la chiusura della stazione Vittorio Emanuele dall'8 aprile fino al 30 giugno. Tale scelta è obbligata perché i profondi lavori straordinari riguarderanno in parallelo tutte e quattro le scale mobili presenti nella stazione determinandone l'impossibilità di accesso. Tutti gli altri interventi di manutenzione e sostituzione degli impianti di trazione lungo la linea A è previsto siano eseguiti durante il normale svolgimento del servizio (Da: *Comunicato Stampa ATAC, 1 aprile 2024*).

## TRASPORTI INTERMODALI

### Nazionale: la logistica aiuta l'economia circolare

L'industria logistica deve giocare un ruolo fondamentale nel rendere più vicino il futuro dell'economia globale nel segno dell'economia circolare e della sostenibilità. È questa la conclusione del convegno "Circular economy e ESG: implicazioni per la logistica" organizzato a Torino dal Freight Leaders Council (FLC), associazione che rappresenta i principali gruppi logistici italiani, in collaborazione con il socio Intesa Sanpaolo Innovation Center, impegnato attivamente, tra le altre cose, ad accelerare il cambiamento aziendale con strategie di *open innovation* focalizzate sull'economia circolare.

Con una crescente attenzione alle tematiche ambientali e alla responsabilità sociale delle imprese, l'adozione di strategie di logistica sostenibile non è più una scelta, ma una necessità per rimanere competitivi e rispondere alle aspettative dei consumatori e degli investitori.

Durante il convegno, tenutosi nel grattacielo Intesa Sanpaolo, è emerso un quadro dettagliato dei principali filoni tematici che influenzano il settore logistico. Uno dei punti salienti è stata l'analisi dei macro-scenari sulle materie prime e del loro impatto sull'industria logistica. Con una presentazione esaustiva dei diversi scenari, gli esperti di Intesa Sanpaolo *Innovation Center* hanno analizzato i rischi legati alla complessa situazione geopolitica, con particolare riferimento ai problemi emergenti nel Mar Rosso. Inoltre, è stata approfondita l'analisi delle previsioni sull'andamento delle materie prime, inclusi petrolio e derivati, diritti di emissione e metalli industriali. Tale approfondimento ha fornito agli imprenditori logistici una prospettiva chiara sui possibili sviluppi futuri e sulle strategie da adottare per mitigare i rischi.

Altro tema centrale è stato l'esplorazione dell'Economia Circolare e delle sue implicazioni per il settore logistico. Particolare attenzione è stata ri-

volta al posizionamento di Intesa Sanpaolo, con una presentazione dettagliata dell'offerta della Banca per supportare le aziende nell'adozione di pratiche circolari, con un focus sul *Circular Economy Lab* e sulle iniziative volte a promuovere una maggiore sostenibilità ambientale e una gestione più efficiente delle risorse. Infine, è stato affrontato il tema dell'innovazione a supporto del settore logistico, anche attraverso lo sviluppo di start up, per il quale Intesa Sanpaolo Innovation Center mette a disposizione specifici strumenti finanziari. Sono stati, infine, discussi il concetto di Open Innovation, le tecnologie emergenti come Infinity ID e Wenda e il loro potenziale impatto sul futuro della logistica.

M. TELLINI, *Head of Circular Economy*, Intesa Sanpaolo Innovation Center, ha dichiarato: "L'adesione di Intesa Sanpaolo Innovation Center al *Freight Leader Council* testimonia l'attenzione verso la rilevanza strategica che il settore del trasporto e della logistica rivestono nel supportare il processo di ridisegno e transizione del sistema industriale verso un'economia circolare innovativa e rigenerativa del capitale naturale. La vulnerabilità delle catene di approvvigionamento e l'adozione di innovazioni tecnologiche dedicate, accompagnate alla rimodulazione delle competenze, rappresentano sfide sistemiche che i player del settore possono affrontare con successo in logica di *open innovation* e collaborazione di filiera."

"La logistica abbraccia gli standard ESG come pilastro fondamentale per un futuro sostenibile e responsabile, garantendo efficienza operativa e riduzione dell'impatto ambientale, quella logistica che rappresenta il cuore pulsante dell'economia italiana, in grado di realizzare un trasporto efficiente delle merci, contribuendo in modo significativo alla crescita e alla competitività del Paese." È quanto ha commentato M. MARCIANI, presidente del *Freight Leaders Council*.

L'innovazione, la sostenibilità e l'efficienza nella logistica sono stati anche i temi al centro della visita, organizzata in esclusiva per i soci del *Freight Leaders Council* (FLC), all'Interporto di Torino

S.I.T.O. Lo Scalo Internazionale Torino Orbassano è una piattaforma logistica intermodale situata nell'area metropolitana di Torino. Si occupa principalmente dello smistamento e dello scambio di merci tra diverse modalità di trasporto, come ferrovia, strada e navigazione interna. È un importante nodo per la distribuzione delle merci nel Nord Italia e nei paesi limitrofi e contribuisce alla crescita economica e alla competitività del territorio.

Il presidente di SITO, G. QUIRICO, ha accolto i partecipanti del convegno all'Interporto, dove sono attualmente in fase di esecuzione importanti lavori di ammodernamento e potenziamento del terminal ferroviario di proprietà della Società, ai quali si aggiungeranno nei prossimi mesi altri investimenti di completamento. L'amministratore delegato della partecipata SITO LOGISTICA, E. P. D'ALICANDRO, ha aggiunto che "innovazione, sostenibilità ed efficienza sono i principi a cui si ispira il Piano Industriale della SITO, approvato dai soci ed in via di attuazione. Tali principi - ha proseguito - sono stati declinati su precise linee di intervento: facilità di insediamento; connessioni fisiche e digitali; e efficientamento energetico e produzione di energia rinnovabile; impatto sociale, governance".

I partecipanti hanno potuto constatare come i concetti discussi durante il convegno possano trovare concretezza in una piattaforma logistica pensata 40 anni fa ed ora orientata allo sviluppo di una nuova logistica.

Durante la visita, è stato possibile, inoltre, esaminare da vicino le avanzate infrastrutture e le innovative soluzioni logistiche messe in atto dalla struttura, aprendo così nuove prospettive per lo scambio di conoscenze e per un miglioramento globale del settore logistico (Da: *Comunicato Stampa FLC*, 7 marzo 2024).

### **Puglia-Basilicata: protocollo d'intesa per lo sviluppo del traffico merci nell'area industriale di Jesce (MT)**

Firmato da Regione Puglia, Regione Basilicata, Consorzio per lo svilup-

po industriale della Provincia di Matera e Rete Ferroviaria Italiana (società capofila del Polo Infrastrutture del Gruppo FS), il Protocollo d'intesa per lo sviluppo del traffico merci nell'area industriale di Jesce (MT).

Il protocollo d'intesa prevede il progetto di un nuovo hub intermodale nell'area industriale della città lucana, il ripristino del raccordo ferroviario, con la stazione di Casal Sabini (una bretella lunga circa 6 km) e l'adeguamento tecnologico della tratta ferroviaria Sabini, Gioia del Colle, lunga circa 25 km e al momento chiusa al traffico ferroviario dei treni merci.

Con l'accordo, valido un anno e rinnovabile, RFI si impegna a svolgere il ruolo di soggetto attuatore degli interventi, Regione Puglia e Regione Basilicata a reperire le risorse necessarie e il Consorzio ASI Matera a sottoscrivere un contratto di raccordo con RFI, una volta realizzato il collegamento con la stazione di Casal Sabini.

La finalità del Protocollo d'intesa è quella di porre le basi per lo sviluppo del traffico merci su ferro nell'area industriale di Matera creando un collegamento con l'infrastruttura ferroviaria nazionale in un'ottica di sviluppo sostenibile della mobilità delle merci e in linea con gli obiettivi di transizione ecologica (Da: *Comunicato Stampa RFI, Gruppo FS*, 23 aprile 2024).

## INDUSTRIA

### **Veneto: IronLev presenta il primo test al mondo di un veicolo a levitazione magnetica su binario ferroviario esistente**

Un veicolo a levitazione magnetica in grado di circolare su una tratta ferroviaria esistente senza alcun adeguamento infrastrutturale (Fig. 2). La rivoluzionaria tecnologia italiana viene presentata a LetExpo2024, la Fiera dei Trasporti e della Logistica Sostenibili, da IronLev, azienda hi-tech trevigiana, che ha effettuato il primo test al mondo di levitazione magnetica sulla tratta Adria-Mestre in collaborazione con la Regione Veneto.

Il test ha dimostrato, per la prima volta in assoluto, la possibilità di applicare la levitazione magnetica su rotaie di linee ferroviarie già in uso, con notevoli vantaggi in termini di efficienza, nonché di riduzione del rumore e delle vibrazioni per l'assenza di attrito, confermati dal test osservazioni intraprese.

Nello specifico, durante la prova, il prototipo del veicolo del peso di una tonnellata ha percorso con successo il tracciato di riferimento ad una velocità autolimitata di 70 km/h, senza l'aggiunta di modifiche al tracciato di prova lungo 2 km o la necessità di integrarlo con elementi aggiuntivi. Grazie a tale tecnologia, chiamata quindi tecnicamente "levitazione ferromagnetica passiva", i pattini magnetici di fatto sospendono il veicolo interagendo direttamente con i tradizionali binari ferroviari.

"Abbiamo dimostrato che il nostro prototipo può essere applicato su larga scala, rivoluzionando il settore del trasporto ferroviario, grazie alla semplicità tecnica, alla versatilità di utilizzo e al costo inferiore rispetto a sistemi simili", ha affermato A. GIROTTI, presidente di IronLev. "Un grande passo avanti, quindi, rispetto alle tecnologie alternative finora proposte, che non sono state efficacemente applicate su larga scala a causa degli ele-

vati costi, anche energetici, dovuti alla necessità di sviluppare un'infrastruttura ad hoc per consentire la levitazione sistema per operare. Fondamentale, poi, è l'assenza di rumore di rotolamento e vibrazioni, che rendono la nostra tecnologia la migliore soluzione per le applicazioni di trasporto urbano, consentendo la valorizzazione delle aree urbane circostanti".

I prossimi obiettivi di IronLev prevedono lo sviluppo di un ulteriore carrello motorizzato per arrivare a un test di un veicolo completo, con pesi fino a 20 tonnellate e una velocità di 200 km/h.

Ironlev è un'azienda hi-tech italiana, con sede a Treviso, specializzata in sistemi a levitazione magnetica, già presente sul mercato con un'ampia gamma di prodotti in molteplici settori, dal mondo dell'architettura ai sistemi di movimentazione industriale e agli ascensori (Da: *Comunicato Stampa IronLev*, 12 marzo 2024).

### Nazionale: OICE, report sui bandi PNRR di progettazione e altri servizi tecnici

- Sulla scia del calo generale, nel primo trimestre 2024 si riducono le gare PNRR ( 54,3% in valore sul quarto trimestre 2023, per 101,3 mln di attività tecniche).



(Fonte: IronLev)

Figura 2 – Il veicolo è di natura passiva, basato su una speciale configurazione di magneti permanenti; quindi IronLev consente agli oggetti di levitare senza la necessità di energia elettrica esterna.

- Aumenta fino al 65,6% del totale la quota in valore dei bandi per le gare di DL, verifiche e collaudi (era al 52,9% nel 1° trim. 2023).
- Il valore dei bandi PNRR è il 47,9% del totale del mercato (era al 23,5% nel 4° trimestre 2023 e al 31,6% un anno fa).
- Nell'edilizia scolastica il maggior numero di bandi, il 14,5%, mentre il settore sanitario affida il valore maggiore, con il 21,0%.
- LUPOI: "Il calo dei bandi è fisiologico, ma è incomprensibile l'atteggiamento del Governo che ha rifiutato il ripristino dell'anticipazione contrattuale per servizi e forniture".

Sono questi i principali dati del nuovo Report diffuso dall'OICE (l'Associazione delle società di ingegneria e architettura aderente a Confindustria) sui bandi di gara relativi ad opere del PNRR e del Piano nazionale complementare, emessi nel primo trimestre 2024, che certificano una netta riduzione del numero e del valore delle gare rispetto al boom di fine 2023.

Nel periodo gennaio-marzo 2024 sono stati infatti pubblicati 262 bandi, per un valore di servizi di 101,3 mln di euro, che attiveranno 1,8 mld di lavori. Rispetto al quarto trimestre del 2023, il primo trimestre 2024 mostra un calo del 77,0% nel numero dei bandi e del 54,3% nel valore dei servizi a base d'asta, con un conseguente impatto anche sul valore dell'importo dei lavori cui i servizi si riferiscono, che cala infatti del 37,0%.

Nell'ultimo trimestre del 2023, infatti, erano state 1.138 le gare rilevate, per oltre 221,6 mln di servizi tecnici e 2,8 mld di lavori. Sul quarto trimestre 2023, in segno positivo il valore dei soli bandi di progettazione (+153,7%).

Il trend trimestrale per le gare PNRR è coerente con il calo rilevato dall'Osservatorio OICE per tutte le gare, PNRR e non. Il valore dell'intera domanda di servizi tecnici crolla del 77,5%, e il numero del 58,3%. Il "peso" delle gare PNRR, rapportato a tutte le gare per servizi tecnici, si riduce fortemente per quanto riguarda il numero, passando dal 50,3% del quarto trimestre 2023 al 27,8% del primo trimestre

2024, mentre il valore risulta in aumento passando dal 23,5% al 47,9%. Per il Presidente dell'OICE, G. LUPOR: "I dati ci dicono che anche per gli interventi finanziati con i fondi PNRR si assiste ad una riduzione del numero e del valore importante. Occorre rilevare, come elemento coerente con le scadenze del PNRR, che una quota importante di attività, in valore, si sta spostando sulla fase di direzione lavori, e di collaudo. Le nostre società rimangono sempre fortemente ingaggiate su importanti interventi, spesso oggetto di accordi quadro impegnativi, ancor più dopo l'assurda eliminazione dell'anticipazione contrattuale. Su questo punto troviamo veramente illogico e irrazionale il parere contrario emesso dal Ministero delle Infrastrutture su un emendamento al DL 19 PNRR, "super segnalato" dai gruppi parlamentari e da noi promosso, che avrebbe ripristinato l'anticipazione per servizi e forniture limitatamente a questi interventi. Su questo punto come sui profili attinenti ai tempi di pagamento occorre intervenire al più presto a tutela non solo del settore delle imprese ma anche dei professionisti, degli studi e delle società di ingegneria."

Tornando ai dati, i bandi di sola progettazione nel primo trimestre 2024 sono stati 19, il 7,3% del numero totale dei bandi PNRR emessi, con un 77,9% sul trimestre precedente. Le gare con progettazione e direzione dei lavori sono state 27, il 10,3% del totale (82,9%), e quelle con altri servizi di architettura e ingegneria sono state 146, il 55,7% del numero totale (79,2%). Gli appalti integrati sono stati 70, il 26,7% del totale dei bandi pubblicati, con un 63,7% sul trimestre ottobre dicembre 2023.

Per quanto attiene all'importo delle procedure, i bandi di progettazione hanno raggiunto un valore di 21,5 mln, il 21,2% del valore totale dei bandi PNRR emessi, con un +153,7% sul trimestre precedente. Le gare con progettazione e direzione dei lavori valgono invece 13,3 mln, il 13,2% del totale (47,4%), mentre quelle con altri servizi di architettura e ingegneria toccano i 56,1 mln, pari al 55,4% del totale (49,0%). Il valore della progettazione

affidata negli appalti integrati vale 10,4 mln, il 10,3% del totale, con un 86,6% rispetto al trimestre precedente.

Stante il calo dei bandi nel primo trimestre 2024, rilevato dall'Osservatorio OICE (58,3% in numero e 77,5% nel valore), è evidente come, nell'ultimo anno, la richiesta di servizi si stia spostando verso la fase esecutiva. Infatti, i servizi di direzione lavori, coordinamento sicurezza, collaudi, validazione (definiti come "altri servizi di ingegneria") e di progettazione esecutiva richiesta nell'appalto integrato, che nel primo trimestre 2023 erano il 54,1% del totale dei bandi SAI e nel quarto trimestre dello stesso anno erano saliti al 78,6%, nel trimestre gennaio marzo 2024 raggiungono l'82,4%. Per quanto riguarda il loro valore, diverso è l'andamento nei tre trimestri analizzati, con un forte incremento tra il primo e il quarto del 2023 (dal 52,9% all'84,7%), e un consistente decremento al 65,6% registrato a gennaio marzo 2024.

Sempre nell'anno in corso, i Comuni sono le stazioni appaltanti più attive nel primo trimestre, con 154 bandi pubblicati, pari al 58,8% del

numero totale, mentre le Concessionarie e privati sovvenzionati affidano la percentuale più alta delle risorse, con 27,8 mln, pari al 27,4% del valore totale dei servizi messi in gara. Nel trimestre gennaio marzo 2024 è l'edilizia scolastica ad avere il primato per numero di bandi pubblicati (38 in tutto), il 14,5% del totale, mentre in valore è nell'edilizia sanitaria che si registra l'importo più alto (21,2 mln di euro), con il 21,0% del totale (Da: *Comunicato Stampa OICE*, 17 aprile 2024).

### VARIE

#### Nazionale: nuova sede ANSFISA a Genova

"L'obiettivo è quello di far crescere e organizzare una nuova Sede che non solo rappresenta un importante presidio territoriale ma che è destinata ad avere un peso strategico nazionale." Queste le parole con cui il Direttore dell'Agenzia D. CAPOMOLLA ha dato il via alla prima riunione ufficiale che si è tenuta nei nuovi uffici di Genova (Fig. 3). "L'evoluzione di AN-



(Fonte: ANSFISA)

Figura 3 - Sono operativi i nuovi uffici di ANSFISA a Genova dove si è tenuta una riunione tra il management dell'Agenzia e il personale che opererà sul territorio. Durante l'incontro, che è stato anche occasione per inaugurare ufficialmente la nuova Sede, si è fatto il punto sulle priorità, nell'ottica di portare avanti l'evoluzione di ANSFISA, sempre più orientata ad ottimizzare l'organizzazione dei processi operativi e le attività sul territorio.

SFISA deve guardare con convinzione anche ad incrementare la capacità di monitoraggio e la qualità delle ispezioni, indirizzando il lavoro sul campo proprio dove emergono le problematiche e dove c'è più necessità di supervisionare, verificare e richiedere che si intervenga. Rendere il nostro lavoro sempre più capillare e incisivo significa andare a prevenire e a sensibilizzare i gestori proprio dove c'è più bisogno”.

Nell'ambito dell'inaugurazione dei nuovi uffici, oltre al momento del tradizionale taglio del nastro e del brindisi di buon augurio, è stato quindi organizzato un momento di confronto operativo che ha coinvolto il personale sul territorio e tutto il management dell'Agenzia, presente sul posto, proprio a testimoniare la soddisfazione di poter contare su questo nuovo presidio tecnico che oltre ad essere un punto di riferimento nell'ambito territoriale avrà il compito di sostenere e promuovere lo sviluppo delle attività di monitoraggio, contribuendo a costruire un sistema sempre più evoluto con cui ottimizzare modi e tempi in cui vengono svolte le attività di supervisione e controllo.

Si sono trattate però anche tematiche di carattere generale, affrontando i diversi argomenti che per ANSFISA sono prioritari a partire dalla definizione di standard omogenei laddove ci sono attività di autorizzazione da effettuare fino alla ricerca di sinergie fra i diversi settori, quello di strade e autostrade, quello ferroviario e quello degli impianti a fune e a guida vincolata, per ottimizzare l'impiego di risorse. Si è parlato infatti anche delle attività programmate per colmare le carenze di organico con il personale tecnico non ancora sufficientemente dimensionato e delle iniziative di formazione, come per esempio proprio il Master in “Gestione della sicurezza delle reti e dei si-

stemi di trasporto” pensato e condotto in collaborazione con UNIGE a cui partecipano anche i tecnici dell'Agenzia proprio per rafforzare le competenze specialistiche sui processi di gestione della sicurezza e di analisi dello stato delle infrastrutture, anche utilizzando i più moderni strumenti modellistici digitali.

È emersa nello specifico l'esigenza di rinforzare le sedi nelle aree del nord vista la copiosità delle attività programmate e anche la numerosità delle infrastrutture e degli impianti. Proprio in Liguria, ad esempio, sono state effettuate il 15% delle ispezioni eseguite nell'ultimo triennio sulle rete stradale, un dato significativo che dà l'idea di quanta attenzione ci sia sull'area. “A questo ufficio è affidato un ruolo centrale rispetto al grado di innovazione che si può mettere in campo nel lavoro tecnico che viene svolto ogni giorno e se ora siamo qui a dircelo vuol dire che intanto una parte del percorso è stato compiuto e che adesso si va avanti in questa direzione,” ha chiosato E. RENZI, Responsabile della Direzione per la Sicurezza

za delle infrastrutture stradali e autostradali (Da: *Notizie ANSFISA*, 23 aprile 2024).

### **Calabria-Sicilia: Ponte sullo Stretto, prima riunione della Conferenza di servizi**

Si è tenuta la prima riunione (Fig. 4) della Conferenza di servizi istruttoria per il collegamento stabile tra la Calabria e la Sicilia.

Alla riunione di insediamento hanno partecipato, tra gli altri, la società Stretto di Messina, di tutti i Comuni dell'area, dell'Autorità portuale e degli enti interessati.

Dopo la presentazione del progetto, è stata avviata la vera e propria fase istruttoria, ai sensi dell'art. 3, comma 4, del Decreto-Legge 35/2023, prodromica all'approvazione del progetto definitivo da parte del CIPESS e volta all'acquisizione delle prime osservazioni da parte degli enti e delle amministrazioni partecipanti (Da: *Comunicato Stampa MIT*, 16 aprile 2024).



(Fonte: MIT)

Figura 4 – Con l'insediamento, avviata la fase di istruttoria con le prime osservazioni dei partecipanti alla Conferenza dei Servizi per il Ponte sullo Stretto di Messina.

**L. Franceschini, A. Garofalo, R. Marini e V. Rizzo**  
**ELEMENTI GENERALI DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO**  
**Tradizione, evoluzione, sviluppi**  
Seconda edizione

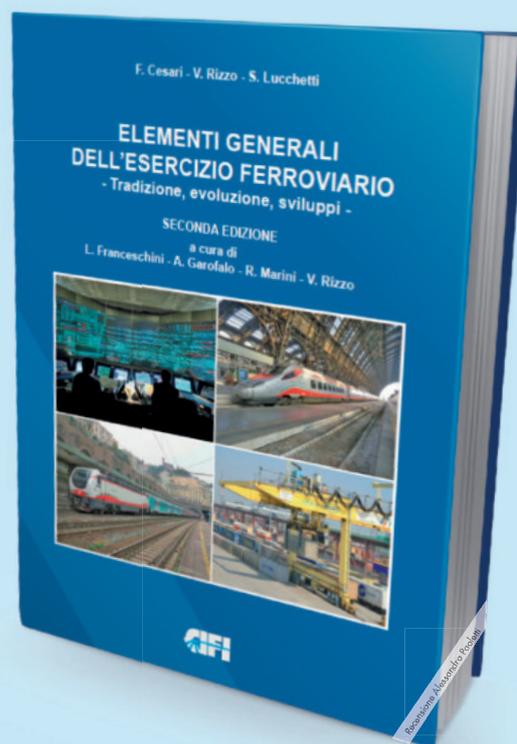
Il CIFI ha pubblicato la seconda edizione del libro "Elementi generali dell'esercizio ferroviario". La prima edizione era stata data alle stampe nel 1999. Andata esaurita anche la ristampa, il CIFI ha giustamente ritenuto opportuno, anziché procedere ad un'ulteriore ristampa, di pubblicare una nuova edizione, aggiornando ed integrando i contenuti del testo originario, in base agli sviluppi intervenuti nel frattempo. In effetti gli ultimi quindici anni hanno visto realizzarsi tali e tanti cambiamenti nell'organizzazione, nelle infrastrutture, nelle tecnologie ferroviarie che una semplice rilettura non era sufficiente.

Partendo da tali considerazioni, gli autori di questa seconda edizione, una squadra affiatata ed eterogenea di tre generazioni di ferrovieri, lasciando traccia dell'evoluzione storica, hanno svolto un completo lavoro di revisione ed aggiornamento ma anche di integrazione ed aggiunta di nuove parti. Nella prima edizione il sistema ad Alta Velocità era in fase di progetto, ora è in fase di consolidato esercizio. Il modello di esercizio prevalente era quello in cui le stazioni erano affidate ai "dirigenti movimento", ora sono ampiamente diffusi evoluti sistemi di comando e controllo delle linee che interessano nodi ferroviari e direttrici di traffico.

Per quanto riguarda il materiale rotabile, l'elettronica di potenza e di comando ha definitivamente sostituito la regolazione reostatica e consentito l'adozione generalizzata di motori asincroni trifasi. I sistemi per la ripetizione dei segnali in macchina erano facoltativi, ora i sistemi per la protezione della marcia dei treni sono obbligatori. Inoltre, le Ferrovie italiane si stanno proiettando sempre di più all'estero e non mancano riferimenti e confronti con le ferrovie straniere. Infine l'interoperabilità è anch'essa nel pieno della applicazione pratica, mentre era prima solo accennata come intenzione.

Il volume espone quindi in un quadro ordinato e logicamente articolato gli elementi essenziali, i concetti e le informazioni di base dell'esercizio ferroviario considerato nel suo complesso e nei diversi settori in cui si differenzia.

Nel volume sono inserite, quando opportune, notizie storiche e di costume dell'esercizio ferroviario. Questo consente al lettore di comprendere il perché di certe scelte tecnologiche e normative, quasi sempre dettate dalla necessità di risolvere problematiche magari oggi considerate banali,



ma all'epoca di elevato spessore e sfidanti per coloro che le hanno dovute affrontare e risolvere.

Il volume ha intenti formativi e si indirizza ad una estesa platea di lettori: operatori dell'esercizio ferroviario, professionisti, tecnici, studenti e cultori della materia, rappresentando un'introduzione di base al sistema ferroviario. Il testo comprende tutte le diverse discipline della ferrovia, riportando l'evoluzione e la descrizione degli attuali sviluppi relativi all'infrastruttura, alle tecnologie, al materiale rotabile ed alla normativa.

Il volume costituisce un "classico" del CIFI, in edizione completamente aggiornata e rinnovata, immanicabile per ogni percorso di inquadramento e aggiornamento della materia.

Formato 17x24 cm, 640 pagine, 157 figure in bianco e nero, 120 figure a colori, 42 tabelle.  
Prezzo di copertina Euro 40,00 (Sconto del 20% ai Soci CIFI).



carico per asse 25 to



lavorazioni possibili con  
attrezzi comuni



vita utile > 50 anni

## Notizie dall'estero *News from foreign countries*

Massimiliano BRUNER

### **TRASPORTI SU ROTAIA *RAILWAYS TRANSPORTATION***

#### **Germania: batterie al posto del diesel, a Ortenau entrano in servizio i primi treni**

Tecnologia innovativa, protezione ancora maggiore del clima e maggiore comfort per i passeggeri: l'8 aprile 2024 il trasporto ferroviario regionale sulla Rete 8 ("Ortenau") raggiunge un nuovo livello. Così partono i primi quattro treni a batteria (Fig. 1) di *Siemens Mobility* inizia il servizio regolare, segnando una prima assoluta in Germania. L'inizio ufficiale è stato celebrato con un esclusivo viaggio inaugurale da Offenburg a Oberkirch e ritorno, accompagnato da W. HERMANN, ministro dei trasporti del Land Baden-Württemberg, insieme a numerosi ospiti invitati. "Con questo viaggio di apertura scriviamo un nuovo capitolo nella storia delle ferrovie", ha commentato il ministro Hermann. "Grazie alla trazione ibrida a batteria del Mireo Plus B, i treni che circolano nella regione di Ortenau sono più rispettosi del clima rispetto a quelli che utilizzano il diesel. Il Baden-Württemberg è pioniere nella tecnologia ferroviaria innovativa. Tutti i treni dovrebbero essere rispettosi del clima. Puntiamo a soluzioni alternative e rispettose del clima laddove non esistono ancora linee elettriche aeree".

Il CEO di SWEG, T. HARMS, ha dichiarato: "SWEG non è solo sinonimo di qualità, ma anche di innovazione. Siamo particolarmente lieti di poter ora mettere a disposizione dei nostri passeggeri questi treni innovativi e dimostreremo il nostro ruolo di

partner affidabile sia allo Stato del Baden-Württemberg che a *Siemens Mobility*".

A. NEUMANN, CEO *Rolling Stock* di *Siemens Mobility*, ha dichiarato: "Siamo orgogliosi che la nostra prima flotta di treni a batteria Mireo Plus B entri ora in servizio passeggeri. Desideriamo ringraziare lo Stato del Baden-Württemberg e SWEG per la loro fiducia nella nostra tecnologia innovativa ed ecologica. Ampliando il trasporto ferroviario possiamo dare un contributo attivo alla protezione del clima. L'introduzione di questi treni altamente avanzati, che possono percorrere fino a 120 km con l'alimentazione a batteria, segna un passo importante verso un futuro sostenibile".

#### • Dove circolano i nuovi treni

I treni ibridi verranno inizialmente utilizzati sulle tratte da Offenburg a Bad Griesbach e da Offenburg a Hornberg. Sostituiscono il Regio Shuttle RS1 con motore diesel. I piani prevedono l'estensione graduale del servizio ibrido su altre rotte della rete. In preparazione all'introduzione dei treni *Siemens Mobility*, l'orario della rete è stato adeguato a metà dicembre 2023. Da allora, ad esempio, i treni nella valle Kinzigtal circolano direttamente da Offenburg via Hausach a Hornberg senza modifiche. E i passeggeri che viaggiano verso Freudenstadt di solito devono cambiare treno a Hausach, poiché i treni a batteria possono servire regolarmente la stazione di Freudenstadt solo se lì è stato installato un ulteriore collegamento di scambio.

In seguito al cambiamento dell'orario nel dicembre 2023, il servizio

passeggeri è stato migliorato colmando le lacune precedenti nell'orario. I treni ora circolano almeno su base oraria su tutte le tratte dal primo mattino alla sera. "Con la nuova rete e i nuovi treni aumentiamo la frequenza dei servizi e offriamo una maggiore capacità. I passeggeri ora hanno opzioni più comode e attraenti per cambiare treno e salire – sia nelle città che in campagna", ha osservato il ministro dei trasporti HERMANN.

#### • Treno innovativo: il Siemens Mireo Plus B

Alimentati da elettricità verde, i treni elettrici a batteria Mireo Plus B non producono emissioni e sono estremamente silenziosi. Grazie alla trazione ibrida a batteria possono essere utilizzati su percorsi con e senza linee elettriche aeree. In futuro, quando circoleranno sull'intera rete e sostituiranno il Regio Shuttle con motore diesel, ridurranno il consumo di gasolio di circa 1,8 milioni di litri all'anno. Nel funzionamento a batteria e in condizioni reali, il Mireo Plus B ha un'autonomia fino a 120 km. Le sue batterie possono essere ricaricate dalla linea aerea e con l'energia di frenata. Il sistema di batterie, installato sotto il pavimento dell'auto, comprende due contenitori che contengono batterie agli ioni di litio a lunga durata. I convogli hanno 120 posti a sedere e sono dotati di servizi igienici, aria condizionata e ampie aree ad uso speciale.

#### • Informazioni sulla nuova tecnologia

Il produttore *Siemens Mobility* ha vinto il bando di gara per la tecnologia aperta del Baden-Württemberg per la Rete 8 con il suo design Mireo Plus B. Ciò ha portato l'Agenzia statale per i veicoli ferroviari del Baden-Württemberg (SFBW) a ordinare 27 convogli a batteria Mireo Plus B a due carrozze da *Siemens Mobility*. I treni saranno sottoposti a manutenzione e assistenza da *Siemens Mobility* per SWEG per circa 30 anni nel deposito di manutenzione ferroviaria di nuova costruzione a Offenburg, inaugurato nel giugno 2023. La ma-

nutrizione predittiva dei treni basata sulle condizioni è resa possibile dall'uso del cloud- applicazione Siemens Mobility Railigent X Suite basata. Grazie ad algoritmi avanzati e all'analisi dei dati, le operazioni dei treni sono ottimizzate e potenziali interruzioni vengono rilevate e gestite prima che causino guasti. Ciò garantisce la disponibilità del 100% della flotta. L'infrastruttura di ricarica per i nuovi treni è stata installata da SWEG Schienenwege GmbH nelle stazioni ferroviarie di Achern e Biberach (Baden).

- Informazioni sulla Rete 8

A seguito della modifica dell'orario avvenuta a metà dicembre 2023, la Rete 8 ("Ortenau") comprende le seguenti tratte: Offenburg – Hornberg/Freudenstadt; Offenburg – Bad Griesbach; Offenburg – Achern – Ottenhöfen; e Biberach (Baden) – Oberharmersbach-Riersbach. Inoltre, a partire dal 2025, sarà integrata nella rete la linea Hermann Hesse riattivata tra Calw e Renningen. Complessivamente la Rete 8 circola circa due milioni e mezzo di treni-km all'anno. Lo stato del Baden-Württemberg ha affidato la gestione della rete a

SWEG fino a dicembre 2038 (da: *Comunicato Stampa Siemens Mobility*, 8 aprile 2024).

**Germany: batteries instead of diesel – first trains to into passenger service in Ortenau**

*Innovative technology along with even more climate protection and greater comfort and convenience for passengers – regional rail transport on Network 8 ("Ortenau") is rising to a new level on April 8, 2024. The first four battery-powered trains (Fig. 1) from Siemens Mobility begin regular service, marking a premiere in Germany. The official start was celebrated by an exclusive inaugural trip from Offenburg to Oberkirch and back, and was accompanied by W. HERMANN, Minister of Transport for the state of Baden-Württemberg, together with numerous invited guests. "We are writing a new chapter in railway history with this opening trip," commented Minister HERMANN. "Thanks to the battery hybrid drive of the Mireo Plus B, trains operating in the Ortenau region are more climate-friendly than those using diesel. Baden-Württemberg is a pioneer with innovative*

*train technology. All trains should be climate-friendly. We are relying on alternative, climate-friendly solutions wherever there are still no overhead power lines."*

SWEG CEO T. HARMS said: "SWEG not only stands for quality, but also for innovation. We are especially pleased to now be able to make these innovative trains available to our passengers and will be demonstrating our role as a reliable partner to both the state of Baden-Württemberg and Siemens Mobility."

A. NEUMANN, CEO Rolling Stock at Siemens Mobility, said: "We are proud that our first fleet of Mireo Plus B battery trains is now going into passenger service. We would like to thank the state of Baden-Württemberg and SWEG for their trust and confidence in our innovative and environmentally friendly technology. By expanding rail transport, we can make an active contribution to climate protection. The introduction of these highly advanced trains, which can operate up to 120 km on battery power, marks an important step towards a sustainable future."

- Where the new trains are running

The hybrid trains will initially be used on the routes from Offenburg to Bad Griesbach and from Offenburg to Hornberg. They replace the diesel-powered Regio Shuttle RS1. Plans call for gradually extending hybrid service on other routes in the network. In preparation for introducing the Siemens Mobility trains, the network timetable was adjusted in mid-December 2023. Since then, trains in the Kinzig valley, for example, have been running straight through from Offenburg via Hausach to Hornberg without requiring changes. And passengers traveling to Freudenstadt usually have to change trains in Hausach, since the battery trains can serve the Freudenstadt station on the regular schedule only when an additional switch connection has been installed there.

As a result of the timetable change in December 2023, passenger service has been improved by closing previous gaps in the schedule. Trains now oper-



(Fonte - Source: Siemens Mobility)

Figura 1 – Primo utilizzo in Germania del treno ibrido a batteria Mireo Plus B di Siemens Mobility: vantaggi per i passeggeri e per l'ambiente.

Figure 1 – Germany's first use of the Mireo Plus B battery hybrid train from Siemens Mobility; benefits for passengers and the environment.

ate at least on an hourly basis on all routes from early morning to evening. “With the new network and the new trains, we are increasing the service frequency and providing higher capacity. Passengers now have more comfortable and attractive options for changing trains and boarding – whether in the cities or country,” noted Minister of Transport HERMANN.

- **Innovative train: the Siemens Mireo Plus B**

Powered by green electricity, the Mireo Plus B battery-electric multiple-unit trains produce no emissions and are extremely quiet. Thanks to their battery hybrid drive, they can be used on routes with and without overhead power lines. In the future, when they operate throughout the entire network and replace the diesel-powered Regio Shuttle, they will slash consumption of diesel by around 1.8 million liters per year. In battery operation and under real conditions, the Mireo Plus B has a range of up to 120 km. Its batteries can be recharged from the overhead line and with braking energy. The battery system, installed beneath the car floor, includes two battery containers holding lithium-ion batteries with a long service life. The trainsets have 120 seats and are equipped with a toilet, air conditioning and spacious special use areas.

- **About the new technology**

Manufacturer Siemens Mobility won Baden-Württemberg’s open-technology call for tenders for Network 8 with its Mireo Plus B design. This led to Baden-Württemberg’s State Agency for Rail Vehicles (SFBW) ordering 27 Mireo Plus B two-car, battery trainsets from Siemens Mobility. The trains will be serviced and maintained by Siemens Mobility for SWEG for about 30 years in the newly built rail maintenance depot in Offenburg that opened in June 2023. Condition-based, predictive maintenance of the trains is made possible by the use of the cloud-based Siemens Mobility Railigent X Suite application. Thanks to advanced algorithms and data analytics, train operations are optimized

and potential disruptions are detected and handled before they lead to breakdowns. This ensures 100 percent availability of the fleet. The charging infrastructure for the new trains was installed by SWEG Schienenwege GmbH at the Achern and Biberach (Baden) train stations.

- **About Network 8**

Following the timetable change made in mid-December 2023, Network 8 (“Ortenau”) includes the following routes: Offenburg – Hornberg/Freudenstadt; Offenburg – Bad Griesbach; Offenburg – Achern – Ottenhöfen; and Biberach (Baden) – Oberharmersbach-Riersbach. In addition, the reactivated Hermann Hesse line between Calw and Renningen is planned to become part of the network as of 2025. All in all, Network 8 handles around two-and-a-half million train kilometers per year. The state of Baden-Württemberg awarded operation of the network to SWEG until December 2038 (From: Siemens Mobility Press Release, April 8<sup>th</sup>, 2024).

### **Romania: nuovo deposito di manutenzione progettato per treni elettrici, in zona Grivita a Bucarest**

Alstom ha annunciato il completamento di un nuovo impianto di manutenzione a Bucarest (Fig. 2), in Romania. Alstom Grivita Depot è il primo deposito della Romania dedicato alla manutenzione e al collaudo di treni e locomotive elettrici. Attualmente staziona presso il nuovo deposito la prima UEM dell’ordine di 37 unità destinata all’Autorità per la Riforma Ferroviaria (ARF), sottoposta ai collaudi obbligatori in vista della certificazione del mercato.

Alstom sta reclutando attivamente per il nuovo centro di manutenzione, con circa 50 dipendenti che dovrebbero unirsi al progetto e seguire una formazione specializzata. “Questo nuovo deposito sottolinea l’impegno duraturo di Alstom nei confronti del mercato rumeno e segna una pietra miliare significativa in quanto quest’anno celebriamo il nostro 30°

anniversario nel Paese. Oltre alle operazioni di manutenzione, Alstom Grivita Depot si dedica anche alle operazioni di test, validazione e messa a punto, per garantire che il nuovo materiale rotabile raggiunga le prestazioni richieste dai contratti”, afferma G. STANCIU, amministratore delegato di Alstom per Romania, Bulgaria e Moldavia.

“Si tratta del primo deposito moderno costruito in Romania negli ultimi 30 anni. La nuova struttura di manutenzione sarà dotata di tecnologie di ultima generazione, eguagliando o addirittura superando i depositi più avanzati al mondo, inclusa una sala di controllo digitale per la gestione della flotta”, afferma R. SACCIONE, amministratore delegato di Alstom Services per Romania, Bulgaria e Moldavia.

Il treno a sei casse Coradia Stream per ARF sta proseguendo il complesso programma di prove obbligatorie – statiche e dinamiche – secondo le norme TSI (Specifiche Tecniche di Interoperabilità) fissate a livello europeo e le Regole Tecniche Notificate Nazionali (NNTR), prima di essere in grado di circolare con i passeggeri. Tutte le funzionalità e le prestazioni del nuovo tipo di treno devono essere confermate attraverso centinaia di test di verifica, che vanno dai sistemi elettrici ed elettronici, ai sistemi di frenatura e propulsione, alla dinamica ferroviaria per la stabilità del treno, a tutti gli aspetti del comfort dei passeggeri e molto altro ancora. Dopo il completamento di questi test di verifica, sono necessari altri 60 test di certificazione finali per convalidare la conformità del treno e garantire l’autorizzazione all’inizio delle operazioni passeggeri.

Per ottimizzare il processo, Alstom utilizza tre treni simili contemporaneamente, dividendo le fasi chiave della procedura di test. La fase finale prima dell’esercizio passeggeri prevede prove di resistenza: percorrere 10.000 km su linee commerciali, senza passeggeri, in base alla disponibilità della linea.

Alstom è attiva in Romania da 30 anni ed è leader di mercato nelle so-

luzioni di elettrificazione e segnalamento ferroviario, impiegando attualmente oltre 1.500 persone. L'azienda è responsabile dell'implementazione di soluzioni di segnalamento o elettrificazione sul ramo settentrionale del corridoio ferroviario Reno-Danubio in Romania, nonché su due lotti della linea Cluj-Oradea e sul primo lotto della linea Caransebe-Lugoj. L'azienda fa parte del consorzio che costruirà il secondo sistema metropolitano in Romania, nella città di Cluj-Napoca, la prima linea metropolitana completamente automatizzata del Paese. La prima soluzione di segnalamento urbano CBTC nel paese è in fase di implementazione da parte di Alstom sulla linea 5 della metropolitana di Bucarest. Alstom è stata anche fornitore di servizi di manutenzione per la flotta metropolitana di Bucarest negli ultimi 20 anni ed è in vigore un nuovo contratto a lungo termine, valido fino al 2036.

- Ulteriori informazioni sui processi di test e certificazione

Le principali funzionalità e prestazioni da dimostrare secondo le Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI) applicabili e le Regole Tecniche Nazionali Notificate (NNTR):

- o Sistemi elettrici ed elettronici: comprende il collaudo di tutti i componenti relativi al funzionamento dei sistemi elettrici ed elettronici del treno, quali segnalamento, comunicazione, controllo del treno, rilevamento incendi e porte di accesso passeggeri.
- o Sistemi di frenatura: ciò implica garantire che i sistemi di frenatura del treno soddisfino gli standard prescritti di sicurezza, efficienza e prestazioni in varie condizioni e per l'intera vita del treno.
- o Dinamica ferroviaria: ciò implica garantire che il treno sia in grado di mantenere la stabilità contro il rischio di deragliamento in diversi tipi di geometria e qualità del binario e sotto carichi diversi.
- o Sistemi di trazione: questo test determina la capacità del treno di

accelerare, decelerare e mantenere la velocità in varie condizioni.

- o Comfort del passeggero: comporta la valutazione dell'esperienza del passeggero, come i livelli di rumore interno, il comfort di marcia, il controllo della temperatura e altre caratteristiche che possono influire sul comfort del passeggero.
- o Resistenza all'urto e robustezza strutturale: valuta la capacità del treno di sostenere carichi strutturali e la capacità di resistere agli urti in caso di collisione e di proteggere i passeggeri nelle carrozze.
- o Prestazioni ambientali: questi test vengono eseguiti per garantire che il treno sia conforme alle normative ambientali e includono un'ampia gamma di fattori come l'inquinamento acustico, l'efficienza energetica, la compatibilità elettromagnetica, l'ecodesign.
- o Condizioni di guida del treno: ciò implica garantire che la cabina di guida e le interfacce uomo-macchina siano sicure, efficienti e

confortevoli per garantire una corretta guida del treno.

- o Complessivamente, 10.000 km di test dinamici finali senza passeggeri, su una linea commerciale, sono considerati un importo adeguato per garantire che il treno soddisfi i requisiti normativi e garantisca che sia sicuro, durevole e affidabile per l'uso da parte dei passeggeri. Questa fase finale è progettata per garantire che il treno sia stato sottoposto a un'adeguata convalida per soddisfare gli standard richiesti per il servizio passeggeri. Testare un treno per una distanza così elevata in varie condizioni e ad alta velocità aiuta a identificare eventuali difetti che potrebbero svilupparsi durante la vita del treno. Inoltre, aiuta a garantire che tutti i componenti che potrebbero usurarsi nel tempo, come ruote, freni o sospensioni, siano stati sottoposti a un processo di test approfondito e dispongano di adeguati piani di sostituzione (Da: *Comunicato Stampa Alstom*, 23 aprile 2024).



(Fonte - Source: Alstom)

Figura 2 - Alstom completa il primo nuovo deposito a Bucarest costruito per il test, la validazione e la manutenzione del materiale rotabile elettrico; il primo Coradia Stream EMU interregionale è ora presso il nuovo deposito sottoposto ai test obbligatori in vista della certificazione; il deposito Alstom Grivita, situato nel centro di Bucarest, offre un comodo accesso alla linea ferroviaria principale.

*Figure 2 - Alstom completes the first new depot in Bucharest built for testing, validation and maintenance of electric rolling stock; first inter-regional Coradia Stream EMU is now at the new depot undergoing mandatory tests in view of certification; Alstom Grivita Depot, situated in central Bucharest, provides convenient access to rail mainline.*

## **Romania: new maintenance depot designed for electric trains, in the Grivita area in Bucharest**

Alstom has announced the completion of a new maintenance facility (Fig. 2) in Bucharest, Romania. Alstom Grivita Depot is Romania's first established depot dedicated to the maintenance and testing of electric trains and locomotives. Currently, the first EMU from the order of 37 units for the Authority for Railway Reform (ARF) is stationed at the new depot, undergoing mandatory testing in view of market certification.

Alstom is actively recruiting for the new maintenance centre, with approximately 50 employees expected to join the project and undergo specialised training. "This new depot underscores Alstom's enduring commitment to the Romanian market and marks a significant milestone as we celebrate our 30th anniversary in the country this year. Along with maintenance operations, Alstom Grivita Depot is also dedicated for testing, validation and fine-tuning operations, to ensure that the new rolling stock reaches the performances required by the contracts," says G. STANCIU, Alstom Managing Director for Romania, Bulgaria and Moldova.

"This is the first modern depot to be built in Romania in the last 30 years. The new maintenance facility will be equipped with the latest generation technology, matching, or even surpassing the most advanced depots in the world, including a digital control room for fleet management," says R. SACCIONE, Alstom Services Managing Director for Romania, Bulgaria and Moldova.

The six-car train Coradia Stream for ARF is continuing the very complex programme of mandatory testing – static and dynamic – in accordance with TSI regulations (Technical Specifications for Interoperability) set at European level and the National Notified Technical Rules (NNTR), before being able to circulate with passengers. All the functionalities and performances of the new type of train are to be

confirmed through hundreds of verification tests, ranging from electrical and electronic systems, to braking and propulsion systems, railway dynamics for the train stability, all aspects of passenger comfort and many more. Following the completion of these verification tests, an additional 60 final certification tests are necessary to validate train compliance and secure authorisation for passenger operations to commence.

To optimise the process, Alstom is using three similar trains simultaneously, dividing key phases of the testing procedure. The final stage before passenger operation involves endurance tests: covering 10,000 km on commercial lines, without passengers, subject to line availability.

Alstom has been active in Romania for 30 years and is a market leader in railway electrification and signalling solutions, currently employing over 1,500 people. The company is responsible for implementing signalling or electrification solutions on the Northern branch of the Rhine-Danube railway corridor in Romania as well as on two lots of the Cluj-Oradea line as well as the first lot of the Caransebe-Lugoj line. The company is part of the consortium building the second metro system in Romania, in the city of Cluj-Napoca, the first fully automated metro line in the country. The first CBTC urban signalling solution in the country is under implementation by Alstom on Bucharest's metro Line 5. Alstom has also been the provider of maintenance services for the Bucharest metro fleet for the last 20 years and a new long-term contract is in place, valid until 2036.

- Additional information on Testing and certification processes

The main functionalities and performances to be demonstrated according to applicable Technical Specification for Interoperability (TSI) and Notified National Technical Rules (NNTR):

- o **Electrical and electronic systems:** This includes the testing of all components related to the operation of the train's electrical and electronic

systems, such as signalling, communication, train control, fire detection and passenger access doors.

- o **Braking systems:** This involves ensuring that the train's braking systems meet the prescribed standards for safety, efficiency, and performance under various conditions and over the complete train lifetime.
- o **Railway Dynamics:** This involves ensuring that the train is able to maintain stability against risk of derailment in different type of track geometry and quality and under different loads;
- o **Propulsion systems:** This testing determines the train's ability to accelerate, decelerate, and maintain speed under various conditions.
- o **Passenger comfort:** This involves assessing the passenger experience, such as interior noise levels, ride comfort, temperature control, and other features that can impact the passenger's comfort.
- o **Crashworthiness and Structural Robustness:** This evaluates the train's ability to support structural loads and the ability to resist impacts in the event of a collision and protect the passengers in the carriages.
- o **Environmental performance:** This testing is done to ensure that the train complies with environmental regulations and includes a wide range of factors such as noise pollution, energy efficiency, electromagnetic compatibility, eco design.
- o **Train Driving Condition:** This involves ensuring that driver's cabin and man-machine interfaces are safe, efficient and comfortable to ensure proper train driving.
- o **Overall, 10,000 km of final dynamic testing without passengers, on a commercial line, is considered an adequate amount to ensure that the train meets regulatory requirements and ensure that it is safe, durable, and reliable for passenger use. This final phase is designed to ensure that the train has undergone proper validation to meet the required standards for passenger service. Testing a train for such a high distance under various conditions at high speeds helps to identify**

*ify any potential defects that could develop during the train's lifetime. Additionally, it helps to ensure that any components that may wear out over time, such as wheels, brakes, or suspension, have undergone a thorough testing process and have suitable replacement plans in place (From: Alstom Press Release, Aprile 23<sup>th</sup>, 2024).*

## **Australia: treno della Serie C in servizio passeggeri per il programma di carrozze ferroviarie dell'Australia occidentale**

Alstom ha consegnato (Fig. 3) il primo treno della Serie C con unità multiple elettriche (EMU) nell'ambito del programma METRONET Railcar del governo dell'Australia occidentale per il servizio passeggeri.

La consegna del primo treno in servizio passeggeri è un momento fondamentale per l'Australia occidentale che ha segnato il ritorno della produzione di treni nello Stato nel 2019 con l'aggiudicazione ad Alstom di un contratto da 800 milioni di euro (1,3 miliardi di dollari australiani) per la progettazione, fornitura, produzione e il collaudo di 41 treni elettrici (EMU) da 6 carrozze e due treni diesel (DMU) da 3 carrozze.

Il treno della Serie C, prodotto da Alstom presso il sito produttivo di Bellevue di METRONET a Perth, ha visto il trasferimento delle più recenti tecnologie ferroviarie e processi di produzione per creare uno dei siti di produzione di treni tecnologicamente più avanzati in Australia.

Prima di entrare in servizio passeggeri, il primo treno EMU è stato sottoposto a rigorosi test e validazio-

ni da parte di Alstom sulla rete ferroviaria di Perth. Il treno della Serie C si basa sulla comprovata piattaforma dei treni pendolari X'trapolis di Alstom, dotata di tecnologie avanzate ad alta efficienza energetica. È progettato per accogliere futuri aggiornamenti durante la vita operativa del treno. Ogni treno può trasportare 1.200 passeggeri e comprende tre doppie porte passeggeri per lato di ciascuna carrozza per un migliore flusso di passeggeri. Il treno può raggiungere velocità massime di 130 km/h con una durata di servizio di 35 anni e sarà mantenuto da Alstom.

Alstom impiega oltre 165 lavoratori nel sito di Bellevue. Raggiungere il 50% di contenuti locali sul treno della Serie C, con il contributo del sito di Bellevue e di oltre 15 aziende locali dell'Australia occidentale. Una partnership di pre-accordo con North Metropolitan TAFE sta fornendo esperienza nella produzione ferroviaria ai giovani aborigeni e isolani dello Stretto di Torres, alcuni dei quali si uniscono al team Alstom come apprendisti.

Commentando questo traguardo, P. DUPOND, amministratore delegato di Alstom Australia e Nuova Zelanda, ha dichiarato: "Il primo treno in servizio passeggeri è un momento speciale creato attraverso anni di partnership di fiducia con il governo dell'Australia occidentale, che mette in mostra l'esperienza globale e il know-how locale che noi abbiamo qui ad Alstom."

"Vedere questo treno trasportare passeggeri e soddisfare le aspettative del governo dell'Australia occidentale è motivo di grande orgoglio. Stiamo producendo il treno migliore e più avanzato che possiamo realizzare nell'Australia occidentale, insieme agli australiani occidentali e a beneficio degli australiani occidentali. Questo è un giorno speciale nella storia della nostra azienda in Australia", ha concluso DUPOND.

I treni X'trapolis per la crescente rete ferroviaria di Perth fanno parte dell'innovativo portafoglio ferroviario per pendolari Adessia di Alstom, progettato per supportare le città e le



(Fonte - Source: Alstom)

Figura 3 – Alstom consegna il primo treno elettrico della Serie C a Perth, nell'Australia occidentale, in servizio passeggeri dopo l'aggiudicazione di un contratto da 800 milioni di euro (1,3 miliardi di dollari australiani) nel 2019 per 252 carrozze ferroviarie di 41 treni elettrici a 6 carrozze e due treni diesel a 3 carrozze ; il primo treno prodotto nell'Australia occidentale in oltre 30 anni, segna un a pietra miliare nella storia ferroviaria del continente, costruito da Alstom presso lo stabilimento METRONET di Perth, Australia occidentale.

*Figure 3 – Alstom delivers first electric C-Series train in Perth, Western Australia, into passenger service following award of €800M (AUD\$1.3 billion) contract in 2019 for 252 railcars of 41 electric 6-car trains and two diesel 3-car trains; milestone marks the first train manufactured in Western Australia in over 30 years, built by Alstom at the METRONET facility in Perth, Western Australia.*

aree suburbane di tutto il mondo a crescere in modo sostenibile, accogliere un numero crescente di pendolari e alleviare la congestione del traffico. Oltre 60 sistemi per pendolari in tutto il mondo consentono a oltre 20 milioni di passeggeri di viaggiare ogni giorno sui treni pendolari realizzati da Alstom (Da: *Comunicato Stampa Alstom*, 8 aprile 2024).

### **Australia: C-Series train into passenger service for Western Australia Railcar Program**

*Alstom has (Fig. 3) the first Electric Multiple Unit (EMU) C-Series train as part of the Western Australian Government's METRONET Railcar Program for passenger service.*

*The delivery of the first train into passenger service is a seminal moment for Western Australia which marked the return of train manufacturing in the State in 2019 with the award to Alstom of a €800M (AUD\$1.3 billion) contract for the design, supply, manufacturing and testing of 41 6-car electric (EMU) trains and two 3-car diesel (DMU) trains.*

*The C-Series train, manufactured by Alstom at METRONET's Bellevue manufacturing site in Perth, has seen the transfer of the latest railway technologies and manufacturing processes to create one of the most technologically advanced train manufacturing sites in Australia.*

*Prior to entering passenger service, the first EMU train has undergone vigorous testing and validation by Alstom on the Perth rail network. The C-series train is based on Alstom's service proven X'trapolis commuter train platform, featuring enhanced energy efficient technologies. It is designed to accommodate future upgrades through the train's operational life. Each train can carry 1,200 passengers and includes three double passenger doors per side of each car for enhanced passenger flow. The train can reach peak speeds of 130 km/h with a 35-year service life and will be maintained by Alstom.*

*Alstom employs over 165 workers at the Bellevue site. Achieving 50% local content on the C-Series train, with the*

*contribution of Bellevue site and more than 15 local Western Australian businesses. A pre-employment partnership with North Metropolitan TAFE is providing rail manufacturing experience to Aboriginal and Torres Strait Islander young people, some of them joining the Alstom team as apprentices.*

*Commenting on the milestone, P. DUPOND, Managing Director of Alstom Australia and New Zealand, said: "The first train in passenger service is a special moment created through years of trusted partnership with the Western Australian Government showcasing the global expertise and local know-how that we have here at Alstom."*

*"Seeing this train taking passengers and meeting the expectations of the Western Australian Government is a source of great pride. We are manufacturing the best and most advanced train we can possibly make in Western Australia, alongside Western Australians and for the benefit of Western Australians. This is a special day in our company's history in Australia", concluded Mr Dupond.*

*The X'trapolis trains for Perth's growing rail network are part of Al-*

*stom's innovative Adessia commuter rail portfolio, designed to support cities and suburban areas all over the world to grow sustainably, accommodate increasing numbers of commuters and alleviate traffic congestion. More than 60 commuter systems worldwide enable 20+ million passengers to travel on commuter trains made by Alstom every day (From: Alstom Press Release, April 8<sup>th</sup>, 2024).*

### **TRASPORTI URBANI URBAN TRANSPORTATION**

### **Francia: prima corsa nella regione dell'Île-de-France per il Tzen 4, un autobus 100% elettrico dotato della soluzione di ricarica statica a terra (SRS)**

Alstom fornisce il sistema di ricarica statica a terra (SRS) per l'autobus Tzen 4, il primo autobus elettrico al 100% a doppia articolazione e ricarica a terra, finanziato al 100% da Île-de-France Mobilités (Fig. 4). Questo autobus equipaggerà infine la linea Tzen 4, tra Viry-Châtillon e la stazione RER di Corbeil-Essonnes, così co-



(Fonte - Source: Alstom)

Figura 4 – L'autobus Tzen 4 100% elettrico, interamente finanziato da Île-de-France Mobilités e progettato per Île-de-France Mobilités dal consorzio Van Hool – Kiepe Electric – Alstom, ha compiuto il suo primo viaggio al Bus Operations Center a Corbeil-Essonnes, Île-de-France.

Figure 4 – The 100% electric Tzen 4 bus, fully financed by Île-de-France Mobilités and designed for Île-de-France Mobilités by the Van Hool – Kiepe Electric – Alstom consortium, has made its first voyage at the Bus Operations Centre in Corbeil-Essonnes, Île-de-France.

me la nuova linea di autobus Tzen 5, tra il 13° arrondissement di Parigi e Choisy-le-Roi. Questa soluzione di trasporto innovativa e sostenibile del consorzio Van Hool – Kiepe Electric – Alstom è composta da autobus elettrici Van Hool bi-articolati lunghi 24 m, alimentati dai sistemi di batterie ad alta potenza e a ricarica rapida di Kiepe Electric che verranno ricaricate dal sistema SRS di Alstom.

“Da oltre 20 anni Alstom sviluppa e implementa soluzioni di ricarica a terra statiche e dinamiche senza catenaria (APS per tram e SRS per tram e autobus elettrici). Queste soluzioni sono utilizzate in una dozzina di città in tutto il mondo. I tram dotati di APS hanno già percorso più di 70 milioni di km. Sono lieto di questa anteprima mondiale: la prima circolazione dell'autobus Tzen 4, 100% elettrico, bi-articolato e ricaricato a terra grazie al nostro collaudato e innovativo sistema SRS”, ha affermato J.B. EYMÉOUD, Presidente di Alstom Francia.

- Una soluzione innovativa

La soluzione SRS di Alstom per gli autobus elettrici offre numerosi vantaggi sia alle città che agli operatori di autobus. SRS è un sistema di ricarica statica sicuro, con contatto a terra, che ricarica automaticamente le apparecchiature di bordo, ad altissima potenza e in pochi minuti. La ricarica può essere effettuata su una linea di autobus durante il funzionamento o in un deposito quando il veicolo non è in servizio. Grazie al suo posizionamento a terra, la soluzione SRS di Alstom non richiede infrastrutture aeree e si integra naturalmente nel paesaggio urbano. SRS è un sistema altamente affidabile e modulare, progettato per essere interoperabile e compatibile con tutti i tipi di autobus elettrici. Ciò significa che può essere distribuito su più flotte, indipendentemente dal produttore o dalle variazioni nella tecnologia delle batterie.

- Una tecnologia a prova di futuro

La soluzione SRS di Alstom è una tecnologia del futuro. Molte città si sono prefissate obiettivi di decarbo-

nizzazione sempre più ambiziosi e gli autobus elettrici stanno svolgendo un ruolo chiave in queste tabelle di marcia. Per lo sviluppo e l'implementazione della soluzione SRS per gli autobus elettrici sulle linee Tzen 4 e Tzen 5 nella regione dell'Île-de-France, Alstom si affida in particolare all'eccellenza di:

- o i team del sito di Vitrolles (il centro di sviluppo globale di Alstom per soluzioni di alimentazione elettrica sotto pavimento), per progettare il prodotto,
- o e i team Infrastrutture e Sistemi, responsabili dell'ingegneria, dell'installazione e dei test (Da: *Comunicato Stampa Alstom*, 15 marzo 2024).

**France: first run in the Île-de-France region for the Tzen 4, a 100% electric bus equipped with static ground charging solution (SRS)**

*Alstom is supplying the static ground charging system (SRS) for the Tzen 4 bus, the first double-articulated, ground-recharged 100% electric bus, 100% financed by Île-de-France Mobilités (Fig. 4). This bus will eventually equip the Tzen 4 line, between Viry-Châtillon and Corbeil-Essonnes RER station, as well as the new Tzen 5 bus line, between the 13<sup>th</sup> arrondissement of Paris and Choisy-le-Roi. This innovative and sustainable transport solution from the Van Hool – Kiepe Electric – Alstom consortium is made up of 24-m-long, bi-articulated Van Hool electric buses powered by Kiepe Electric's high-power, fast-charging battery systems that will be charged by Alstom's SRS system.*

*“For more than 20 years now, Alstom has been developing and deploying catenary-free static and dynamic ground charging solutions (APS for trams and SRS for trams and electric buses). These solutions are used in a dozen cities around the world. Trams equipped with APS have already covered more than 70 million km. I am delighted with this world première: the first circulation of the Tzen 4 bus, 100% electric, bi-articulated and re-*

*charged on the ground thanks to our proven and innovative SRS system,” said J.B. EYMÉOUD, President of Alstom France.*

- An innovative solution

*Alstom's SRS solution for electric buses offers numerous advantages to cities and bus operators alike. SRS is a safe, ground-contact static charging system that recharges on-board equipment automatically, at very high power and in just a few minutes. Charging can be conducted either on a bus line during operation or in a depot when the vehicle is not in service. Thanks to its positioning on the ground, Alstom's SRS solution does not require overhead infrastructure and blends naturally into the urban landscape. SRS is a highly reliable and modular system that is designed to be interoperable and compatible with all types of electric buses. This means it can be deployed across multiple fleets, regardless of the manufacturer or variations in battery technology.*

- A future-proof technology

*Alstom's SRS solution is a technology of the future. Many cities have set themselves increasingly ambitious decarbonisation targets, and electric buses are playing a key role in these roadmaps. For the development and deployment of the SRS solution for electric buses on the Tzen 4 and Tzen 5 lines in the Île-de-France region, Alstom is relying in particular on the excellence of:*

- o the teams at Vitrolles site (Alstom's global development centre for underfloor power supply solutions), to design the product,
- o and the Infrastructure & Systems teams, in charge of engineering, installation and tests (From: *Alstom Press Release, March 15<sup>th</sup>, 2024*).

**Danimarca: esercizio senza conducente, aggiornamento del segnalamento per l'intera rete S-Bane a Copenhagen**

Siemens Mobility aggiornerà l'intera rete S-Bane di Copenhagen, lunga 170 km, al più alto grado di auto-

mazione (tecnologia GoA4) per consentire operazioni ferroviarie non presidiate a partire dalla prima fase nel 2030. Rispettivi contratti sono stati firmati con Banedanmark (BDK) e DSB recentemente includendo le necessarie apparecchiature di segnalamento per i treni e lungo i binari. GoA4 consentirà all'operatore di far circolare più treni nell'intero sistema, migliorerà il livello di esperienza dei passeggeri, garantirà l'attuale tasso di puntualità e renderà la rete a prova di futuro. I nuovi contratti hanno un volume totale di circa 270 milioni di euro e si basano sul contratto originale del 2011 per dotare la rete dei treni S di Copenaghen con il sistema di controllo dei treni basato sulle comunicazioni [CBTC].

M. PETER, CEO di Siemens Mobility, ha dichiarato: "Siamo molto orgogliosi di continuare e rafforzare la nostra collaborazione di successo con Banedanmark e DSB per posizionare la fiorente città di Copenaghen come modello di infrastruttura ferroviaria moderna tra le capitali europee. Implementando la nostra migliore tecnologia di segnalamento entro il 2033, i treni saranno in grado di funzionare in modo automatico e senza conducente. Ciò renderà la nuova S-bane la più grande ferrovia urbana automatica del mondo".

J. MÜLLER, Direttore Strategy & Train Equipment presso DSB, ha dichiarato: "Siamo lieti di concludere questo contratto per l'aggiornamento CBTC GoA4 che è un elemento molto importante del nostro programma "Future S-bane". La S-bane di Copenaghen è già al momento un sistema ferroviario ben performante che serve l'area metropolitana di Copenaghen e con l'attuazione del programma "Future S-bane" si evolverà in uno dei sistemi di trasporto di massa completamente automatizzati più grandi e complessi del mondo che fornirà un servizio ancora migliore ai nostri passeggeri. Ciò avviene non solo attraverso una frequenza più elevata per una maggiore capacità e un miglioramento dei servizi ferroviari durante le operazioni non di punta, ma anche una ripresa più rapida dai

disturbi e migliori possibilità di adattare i servizi di traffico alla domanda a breve termine. DSB non vede l'ora di continuare il rapporto di successo con Siemens Mobility che è stato sviluppato negli ultimi dodici anni per rendere l'aggiornamento CBTC GoA4 di Copenaghen S-Bane altrettanto efficace quanto l'implementazione CBTC originale".

P. JONASSON, Direttore della costruzione di Banedanmark, ha dichiarato: "Siamo lieti della prospettiva che Banedanmark e DSB continuino il nostro lavoro con Siemens per migliorare la rete S-bane di Copenaghen. Il sistema CBTC ha già dimostrato i suoi meriti e speriamo che questo progetto può sollevare ulteriormente la S-Bane".

L'aggiornamento della tecnologia CBTC GoA4 sarà effettuato in cinque fasi con tempi di inattività molto limitati, garantendo che i servizi ferroviari a Copenaghen non vengano interrotti. La prima fase coprirà la linea F tra le stazioni København Syd e Hellerup, con la corsa di prova prevista per la metà del 2030 che porterà all'inizio delle operazioni passeggeri entro la fine del 2030. Durante questo approccio graduale, un mix di treni GoA2 esistenti e i nuovi treni GoA4 senza conducente opereranno fino al 2038. Per allora, l'ultimo nuovo treno GoA4 senza conducente sarà consegnato e supportato dalla tecnologia ibrida lungo i binari in grado di ospitare sia GoA2 che GoA4.

Inoltre, i nuovi accordi prevedono di dotare i due depositi di Hundige e Høje Taastrup di sistemi di comunicazione radio, estendendo così la raggiungibilità di tutti i treni. Inoltre, il sistema di gestione dei treni verrà ampliato per includere nuove funzioni di disposizione flessibile, garantendo in futuro un funzionamento ancora più regolare.

La rete principale della S-bane ha la capacità di gestire fino a 84 treni all'ora, trasportando oltre 100 milioni di passeggeri all'anno attraverso un totale di 88 stazioni su sette linee. Il sistema S-Bane di Copenaghen svolge un ruolo cruciale nella rete di trasporto pubblico della città, servendo

circa 350.000 pendolari al giorno. Questo numero è in costante aumento con l'espansione dell'area metropolitana intorno alla capitale danese, che ora ospita oltre un quinto della popolazione danese. L'aggiornamento della rete per supportare le operazioni ferroviarie non presidiate risponderà efficacemente a questa tendenza in crescita.

La *business unit Rail Infrastructure* di Siemens Mobility è leader di mercato e offre soluzioni di mobilità intelligente e un portafoglio diversificato di prodotti per vari mercati, tra cui le linee ferroviarie principali, il trasporto di massa e le ferrovie merci. La soluzione CBTC *Trainguard MT* di Siemens Mobility consente a 50 operatori in cinque continenti, in 25 paesi e servendo un totale di 47 città, di ottimizzare i propri sistemi metropolitani e gestirli in modo più efficiente, sostenibile ed economico. La soluzione CBTC è il sistema di controllo dei treni più diffuso a livello globale, attualmente utilizzato su 93 linee metropolitane con un volume giornaliero di passeggeri di oltre 30 milioni di persone. Ciò dimostra la capacità di massimizzare le prestazioni sia nei sistemi nuovi che in quelli esistenti, portando infine a un funzionamento dei treni completamente automatizzato (Da: *Comunicato Stampa Siemens Mobility*, 22 aprile 2024).

### **Denmark: driverless train operations, signaling upgrade for entire S-Bane network in Copenhagen**

*Siemens Mobility will upgrade the entire 170 km long S-Bane network in Copenhagen to the highest grade of automation (GoA4 technology) to enable unattended train operations starting with the first phase in 2030. Respective contracts have been signed with Banedanmark (BDK) and DSB recently including the necessary signaling equipment for trains and wayside. GoA4 will allow the operator to run more trains in the entire system, enhance the level of passenger experience, secure the current punctuality rate and will future-proof the network. The new contracts have a total volume*

of about 270m Euros and build on the original contract from 2011 to equip the Copenhagen S-train network with the Communications-Based Train Control System [CBTC].

M. PETER, CEO of Siemens Mobility, said: "We are very proud to continue and enhance our successful collaboration with Banedanmark and DSB to position the thriving city of Copenhagen as a model for modern rail infrastructure among European capitals. By implementing our best-in-class signaling technology by 2033, trains will be capable of operating automatically and driverless. This will make the new S-Bane the world's largest automatic urban railway."

J. MÜLLER, Director Strategy & Train Equipment at DSB, said: "We are happy to conclude this contract for the CBTC GoA4 upgrade which is a very important element of our programme "Future S-Bane". The Copenhagen S-bane is a well performing railway system serving the greater Copenhagen area and with implementation of the "Future S-Bane" programme it will evolve into one of the world's largest and most complex fully automated mass transit systems which will provide an even better service to our passengers. This comes not only via higher frequency for increased capacity and improved train services during off-peak operations, but also faster recovery from disturbances and better possibilities to adapt the traffic services to the demand on short term. DSB looks forward to continuing the successful relationship with Siemens Mobility which has been developed over the last twelve years to make the Copenhagen S-Bane CBTC GoA4 upgrade as successful as the original CBTC deployment."

P. JONASSON, Director of Construction at Banedanmark, said: "We are pleased about the prospect of Banedanmark and DSB continuing our work with Siemens to improve Copenhagen's S-Bane network. The CBTC system has already shown its merits and we hope that this project can lift the S-bane even further."

The CBTC GoA4 technology upgrade will be carried out in five phases

with very limited downtimes of the operation, ensuring that train services in Copenhagen are not interrupted. The first phase will cover the F-Line between stations København Syd and Hellerup, with the trial run scheduled for mid-2030 leading to the start of passenger operations by the end of 2030. Throughout this phased approach, a mix of existing GoA2 trains and new driverless GoA4 trains will operate until 2038. By then, the last new driverless GoA4 train will be delivered and supported by hybrid wayside technology capable of accommodating both GoA2 and GoA4.

Additionally, the new agreements involve equipping the two depots in Hundige and Høje Taastrup with radio-based communication systems, thereby extending the reachability of all trains. Furthermore, the train management system will be expanded to include new flexible disposition functions, ensuring an even more smooth operation in the future.

The S-Bane's core network has the capacity to handle up to 84 trains per hour, transporting over 100 million passengers annually across a total of 88 stations on seven lines. Copenhagen's S-Bane system plays a crucial role in the city's public transportation network, serving around 350,000 daily commuters. This number is steadily increasing as the metropolitan area around the Danish capital expands, now housing over one fifth of Denmark's population. Upgrading the network to support unattended train operations will effectively cater to this growing trend.

Siemens Mobility's Rail Infrastructure business unit is market leader offering intelligent mobility solutions and a diverse product portfolio for various markets, including mainline, mass transit, and freight railways. Siemens Mobility's CBTC solution Trainguard MT enables 50 operators across five continents, spanning 25 countries and serving a total of 47 cities, to optimize their metro systems and operate them more efficiently, sustainably, and economically. The CBTC solution is the most widely deployed train control system globally, currently

being utilized on 93 metro lines with a daily passenger volume of more than 30 million people. This demonstrates the capability to maximize performance in both new and existing systems, ultimately leading to fully automated train operation (From: Siemens Mobility Press Release, April 22<sup>nd</sup>, 2024).

**TRASPORTI INTERMODALI  
INTERMODAL TRANSPORTATION**

**Internazionale: MIT, accordo Italia-Tagikistan su autotrasporto**

Italia e Tagikistan hanno firmato (Fig. 5) un accordo al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti in materia di autotrasporto internazionale di merci e persone.

Il documento è stato siglato dal viceministro E. RIXI e dal ministro dei Trasporti della Repubblica del Tagikistan A. IBROHIM.

L'accordo fornisce il supporto normativo necessario per gli operatori che intendano intraprendere rapporti commerciali relativi al trasporto su strada tra i due Paesi, in base al principio della reciprocità. I contenuti sono stati definiti sulla base di documenti analoghi già attivi con altri paesi extra europei (Da: Comunicato Stampa MIT, 24 aprile 2024).

**International: MIT, Italy-Tajikistan agreement on road transport**

Italy and Tajikistan have signed (Fig. 5) an agreement at the Ministry of Infrastructure and Transport regarding the international road transport of goods and people.

The document was signed by Deputy Minister E. RIXI and Minister of Transport of the Republic of Tajikistan A. IBROHIM.

The agreement provides the necessary regulatory support for operators who intend to undertake commercial relationships relating to road transport between the two countries, based on the principle of reciprocity. The con-



(Fonte - Source: MIT)

Figura 5 - Documento siglato dal viceministro RIXI e dal ministro IBROHIM.  
Figure 5 - Document signed by the deputy minister RIXI and the minister IBROHIM.

tents were defined on the basis of similar documents already active with other non-European countries (From: MIT Press Release, 24 April 2024).

**INDUSTRIA  
MANUFACTURES**

**Francia: Condor prende in consegna il suo primo Airbus A320neo**

Condor ha preso in consegna il suo primo Airbus A320neo (Fig. 6) noleggiato da Avolon a seguito di un evento a Tolosa. Il nuovo aeromobile fa parte del continuo ammodernamento della flotta della compagnia aerea che comprende già l'A330neo per le rotte a lungo raggio. Operando con gli aeromobili delle famiglie A320 e A330neo, Condor beneficerà pienamente dei vantaggi derivanti dalla comunanza tra questi due tipi di famiglie di aeromobili.

Condor opera da oltre 20 anni con la famiglia A320 sulla sua rete di rotte europee. Con l'introduzione dell'A320neo, Condor si avvale di questa ricchezza di esperienza e beneficia degli ulteriori vantaggi in termini di efficienza e comfort offerti dall'A320neo.

La nuova flotta A320neo sarà alimentata da motori Pratt & Whitney e

offrirà ai passeggeri il massimo comfort con l'esclusiva cabina Airspace di Airbus. Alla fine di marzo 2024, la famiglia A320neo aveva ottenuto più di 10.000 ordini da oltre 130 clienti.

Grazie ai motori moderni e all'aerodinamica migliorata, i modelli della famiglia A320 riducono il consumo di carburante e le emissioni di CO<sub>2</sub> di almeno il 20% rispetto agli aerei della generazione precedente e riducono il

rumore del 50%. Dalla sua entrata in servizio nel 2016, Airbus ha consegnato oltre 3.000 aeromobili della famiglia A320neo (Da: Comunicato Stampa Airbus, 24 aprile 2024).

**France: Condor takes delivery of its first Airbus A320neo**

Condor has taken delivery of its first Airbus A320neo on lease from Avolon (Fig. 6) following an event in Toulouse. The new aircraft is part of the airline's ongoing fleet modernisation which already includes the A330neo for long-haul routes. By operating aircraft from the A320 and the A330neo families, Condor will fully benefit from the advantages of commonality between these two aircraft family types.

Condor has operated the A320 family on its European route network for more than 20 years. With the introduction of the A320neo, Condor is building on this wealth of experience and benefiting from additional efficiency and comfort advantages the A320neo offers.

The new A320neo fleet will be powered by Pratt & Whitney engines



(Fonte - Source: Airbus)

Figura 6 – Condor ha preso in consegna il suo primo Airbus A320neo noleggiato da Avolon a seguito di un evento a Tolosa.

Figure 6 – Condor has taken delivery of its first Airbus A320neo on lease from Avolon following an event in Toulouse.

and offer passengers maximum comfort with Airbus' unique Airspace cabin. At the end of March 2024, the A320neo family had won more than 10000 orders from over 130 customers.

Thanks to modern engines and improved aerodynamics, the A320 family models reduce fuel consumption and CO2 emissions by at least 20% compared to the previous generation aircraft and reduce noise by 50%. Since its entry into service in 2016, Airbus has delivered over 3000 A320neo Family aircraft (From: Airbus Press Release, April 24<sup>th</sup>, 2024).

### VARIE OTHERS

#### **Internazionale: pubblicato il bando europeo CEF per i combustibili alternativi sulla rete TEN-T**

Pronti 780 milioni di euro per la

realizzazione di infrastrutture quali stazioni di ricarica elettrica, stazioni di rifornimento di idrogeno, soluzioni di elettrificazione di banchine, stazioni di rifornimento di ammoniaca e metanolo nei porti, soluzioni per adozione dell'elettricità e dell'idrogeno per le movimentazioni negli aeroporti e dell'idrogeno in ambito ferroviario. Sono sovvenzioni messe a bando dalla Commissione europea, destinate a progetti di durata massima pari a 39 mesi, promossi da enti pubblici o privati.

Le proposte dovranno essere sottoposte al vaglio del MIT entro il 2 settembre 2024 per il rilascio della lettera di supporto obbligatoria alla partecipazione al bando europeo in scadenza il 24 settembre 2024.

L'informativa è disponibile al seguente link: <https://www.mit.gov.it/documentazione/informativa-bando-cef-afif-2024> (Da: *Comunicato Stampa MIT*, 16 aprile 2024).

#### **International: the European CEF tender for alternative fuels on the TEN-T network has been published**

780 million euros ready for the construction of infrastructures such as electric charging stations, hydrogen refueling stations, dock electrification solutions, ammonia and methanol refueling stations in ports, solutions for the adoption of electricity and hydrogen for movements at airports and hydrogen in the railway sector. They are grants announced by the European Commission, intended for projects with a maximum duration of 39 months, promoted by public or private bodies.

The proposals must be subjected to scrutiny by the MIT by 2 September 2024 for the release of the mandatory letter of support for participation in the European call expiring on 24 September 2024.

The information is available at the following link: <https://www.mit.gov.it/documentazione/formazione-bando-cef-afif-2024> (From: MIT Press Release, 16 April 2024).

## Inaugurazione della Sede CIFI Sezione di Napoli

(di Stefano LEONETTI)

Il 5 aprile 2024, all'interno della Stazione Ferroviaria di Napoli Mergellina, si è svolta l'inaugurazione della Sede della Sezione CIFI di Napoli. Il Preside, con l'ausilio dei Delegati e dei Soci della Sezione di Napoli, il contributo delle aziende Arcelor Mittal, Bruno Generators, Eredi Giuseppe Mercuri, F.S. Sistemi Urbani, Ferone, Pietro & C, H.T.C. (Tecni Kabel) I.V.M., Prati Armati, Rete Ferroviaria Italiana, Salcef Group, Stamperia Cargano Giuseppe, T.M.C. Titagarh-Firema e la Uretek Italia, ha promosso l'ottima organizzazione dell'evento, occasione straordinaria di incontro delle diverse generazioni di Soci.

Il Preside della Sezione di Napoli Ing. M. FERRARO (Fig. 1), durante l'attività di inaugurazione della

Sede, ha ringraziato i Delegati, Soci, Collaboratori e i Segretari della Sezione per l'impegno profuso nella organizzazione dell'evento e altresì le ditte presenti che hanno fornito il loro contributo.

I locali della nuova Sede di Napoli (Fig. 2 e Fig. 3) devono rappresentare un punto di riferimento e di incontro per tutti i Soci che vogliono contribuire alle attività della Sezione.

Il Segretario Generale del Collegio Ing. V. GIOVINE nel suo intervento ha sottolineato l'impegno del Preside (Fig. 4) ed ha evidenziato l'importanza della nascita della Sede della Sezione di Napoli che sta sensibilmente aumentando il numero di iscritti e le attività, augurando che anche le altre Sezioni del Collegio sul territorio nazionale possano avere in futuro una loro sede di riferimento.

All'evento sono stati invitati ed hanno partecipato i precedenti Presidi della Sezione di Napoli (Fig. 5) che, nell'occasione, sono stati omaggiati



Figura 1 – Intervento di presentazione della sede da parte dell'Ing. M. FERRARO, Preside Sezione CIFI di Napoli.



Figura 2 – Momento della presentazione della targa che rappresenta la nascita della Sede CIFI di Napoli.

con un ricordo della Giornata dall'attuale Preside di Sezione:

- Ing. V. CALABRESE Preside di Sezione nel triennio 1991-1993;

- Ing. A. SARNATARO Preside di Sezione nel triennio 1994-1996, inoltre è stato anche Vicepresidente CIFI Area Sud nei quadrienni 2004-2007, 2008-2011, 2012-2015;



Figura 3 – Immagine di entrata della Sede CIFI di Napoli.



Figura 4 – Intervento di saluto dell'Ing. V. GIOVINE, Segretario Generale del CIFI.

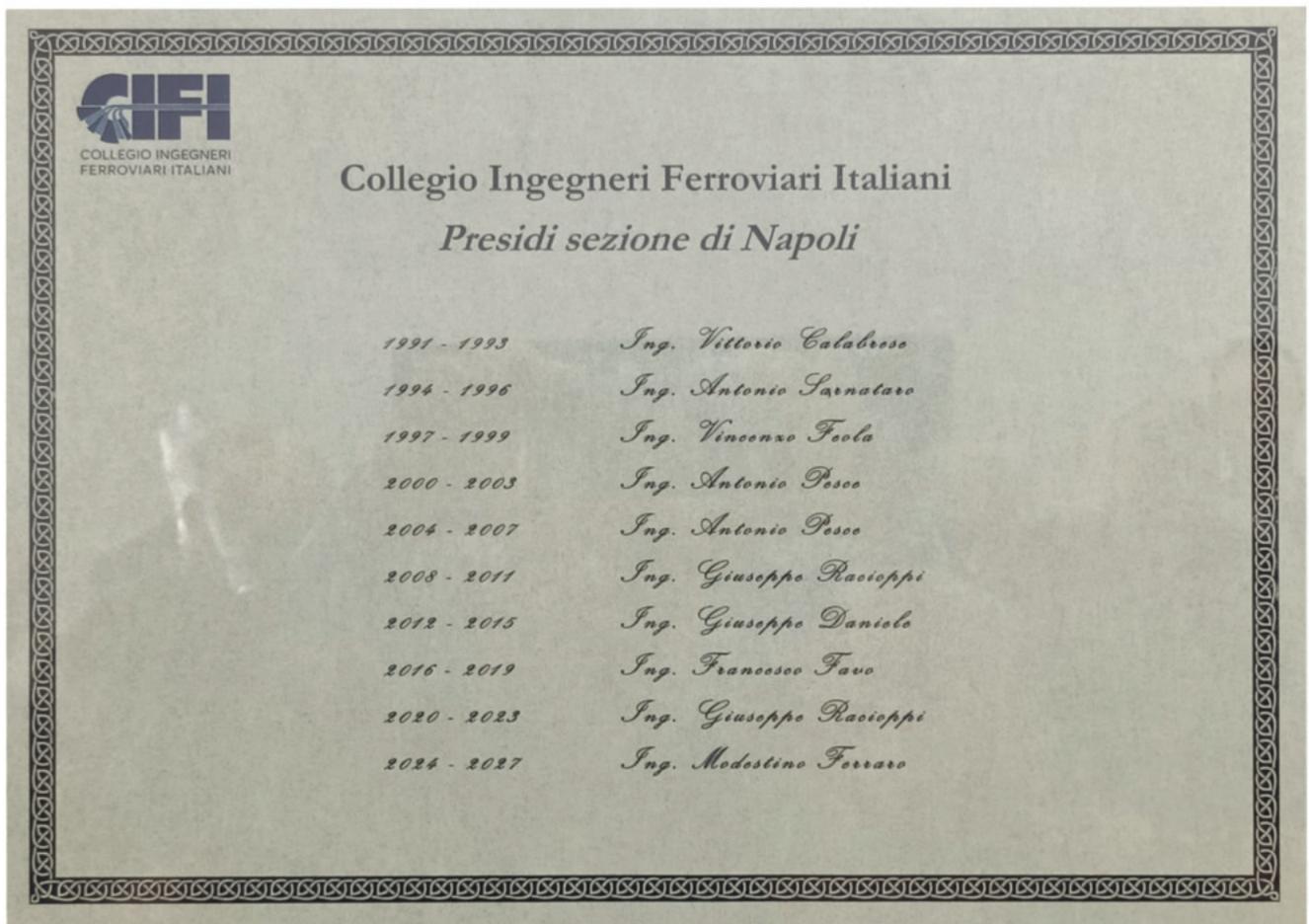


Figura 5 – Quadro Esposto con i nominativi dei Presidi della Sezione CIFI di Napoli dal 1991 all'attuale.



Figura 6 – Da sinistra il Preside della Sezione M. FERRARO, Il Segretario Generale V. GIOVINE, i Delegati della Sezione di Napoli G. RACIOPPI, V. ORAZZO e N. DI GUIDA.



Figura 7 – Foto ricordo del Preside della Sezione di Napoli e il Segretario Generale con i giovani Soci della Sezione che insieme alla Dott.ssa S. DI LORENZO hanno contribuito alla realizzazione dell'evento.

- Un ricordo alla memoria dell'Ing. V. FEOLA Preside di Sezione nel triennio 1997-1999, anche Vicepresidente Area Sud nel Quadriennio 2000-2003;
- Ing. A. PESCE Preside di Sezione nel Quadriennio 2000-2003 e 2004-2007;
- Ing. G. RACIOPPI Preside di Sezione nel Quadriennio 2008-2011;
- Ing. G. DANIELE Preside di Sezione nel Quadriennio 20012-1015:
- Ing. F. FAVO Preside di Sezione nel Quadriennio 2016-2019;
- Ing. G. RACIOPPI Preside di Sezione nel Quadriennio 2020-2023.

## NUOVA EDIZIONE DEL CIFI

Francesco BOCCHIMUZZO

### LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PUBBLICI NELLE FERROVIE

#### Volume I - Le regole generali

L'attuale codice degli appalti disciplina la programmazione, la progettazione, gli affidamenti e l'esecuzione dei contratti relativi a servizi, forniture e lavori pubblici, anche in applicazione delle Direttive Comunitarie emesse, in particolare per gli affidamenti degli appalti, a partire dagli anni '90 del secolo scorso.

Ma non è sempre stato così. Infatti, è solo a partire dal 1994, anno di emanazione della legge Merloni, che sono state ricomprese in un unico dispositivo le regole per la programmazione, la progettazione, l'affidamento e l'esecuzione dei lavori pubblici, precedentemente, a partire dalla prima legge sui lavori pubblici del 1865, contenute in separati filoni legislativi e regolamentari.

La prima linea ferroviaria (la Napoli-Portici) fu realizzata in Italia nel 1839, mentre altri duemila chilometri erano in esercizio (e almeno altrettanti in costruzione) nel 1865, anno di promulgazione della prima legge sui lavori pubblici, che, comunque, salvaguardava le "strade ferrate" dall'applicazione delle nuove regole.

A ciò aggiungasi la storica e altrettanto datata peculiarità del settore ferroviario che ha resistito per oltre un secolo, essendo oggi ritrovabile all'interno del Codice quale appannaggio dei cosiddetti settori speciali, e riservata sostanzialmente ai soli affidamenti sotto-soglia e alla esecuzione dei lavori, pure con qualche eccezione, mentre anche la progettazione risulta ormai regolamentata per il settore ferroviario, sempre in quanto appartenente ai settori speciali, in modo indistinto e senza specifiche particolarità per le ferrovie.

Ecco quindi che, negli ultimi decenni, il panorama delle pubblicazioni CIFI si è trovato sprovvisto di testi di orientamento che aiutassero il lettore a districarsi all'interno delle più recenti regole intervenute a disciplinare, tra le altre, anche le fasi della progettazione, a sua volta incrementatasi nella sua complessità per effetto dell'aggiornamento e della implementazione dei filoni legislativi interconnessi quali quelli disciplinanti l'ambiente, il paesaggio e il territorio nel suo complesso.

Ed è in questo contesto di intervenuta e naturale obsolescenza degli storici testi di cultura e formazione ferroviaria che molti ricorderanno (La Guardia, Parlavacqua, Taramasso...), che si colloca questo testo, concepito con l'ambizione di servire da riferimento e guida per la comprensione dell'intero ciclo realizzativo di un'opera ferroviaria: la programmazione, la progettazione, le autorizzazioni, gli affidamenti, l'esecuzione, il collaudo e la messa in esercizio.

Un... manuale prima dei manuali... così come definito dallo stesso autore per dare l'idea della necessità di approfondire successivamente nel dettaglio ogni singola tematica, e per mettere comunque in grado il lettore di aggiornare



autonomamente il proprio bagaglio di conoscenze, mano a mano che intervengono le immancabili modifiche/aggiornamenti dei vari filoni legislativi e regolamentari trattati, senza perdere l'orientamento e la padronanza a carattere generale dell'intero processo, e sapendo anche dare la giusta collocazione e considerazione a ogni nuova disposizione.

In questo Volume I – Le Regole Generali, viene quindi ripercorsa sia una rigorosa ricostruzione storica del cammino organizzativo e regolamentare delle ferrovie nel loro complesso, per dare ragione ed evidenza della evoluzione delle specificità tipiche del settore fin dalla nascita, sia la contestuale evoluzione del contesto legislativo nei vari filoni interessati e interessanti i lavori pubblici: ambiente, paesaggio, territorio e uso del suolo, sicurezza, autorizzazioni, espropri, conferenze di servizi. Dall'idea, al progetto pronto per essere messo in gara per l'affidamento.

Nel Volume II – La Gestione Esecutiva, di prossima pubblicazione, verranno poi trattate le fasi che, partendo dalla gara di appalto, si svilupperanno con l'esecuzione vera e propria e il collaudo e la messa in esercizio dell'opera.

Formato cm 24 x 17, 398 pagine in quadricromia. Prezzo di copertina € 38,00.

Sconto del 20% ai soci CIFI e/o agli abbonati alla Rivista "Ingegneria Ferroviaria". Per sconti, spese di spedizione e modalità d'acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella rivista "Ingegneria Ferroviaria".

# IF Biblio

(Dott. Arch. Maria Vittoria CORAZZA)

## INDICE PER ARGOMENTO

- 1 - CORPO STRADALE, GALLERIE, PONTI, OPERE CIVILI
- 2 - ARMAMENTO E SUOI COMPONENTI
- 3 - MANUTENZIONE E CONTROLLO DELLA VIA
  
- 4 - VETTURE
- 5 - CARRI
- 6 - VEICOLI SPECIALI
- 7 - COMPONENTI DEI ROTABILI
  
- 8 - LOCOMOTIVE ELETTRICHE
- 9 - ELETTROTRENI DI LINEA
- 10 - ELETTROTRENI SUBURBANI E METRO
- 11 - AZIONAMENTI ELETTRICI E MOTORI DI TRAZIONE
- 12 - CAPTAZIONE DELLA CORRENTE E PANTOGRAFI
- 13 - TRENI, AUTOMOTRICI E LOCOMOTIVE DIESEL
- 14 - TRASMISSIONI MECCANICHE E IDRAULICHE
- 15 - DINAMICA, STABILITÀ DI MARCIA, PRESTAZIONI, SPERIMENTAZIONE
  
- 16 - MANUTENZIONE, AFFIDABILITÀ E GESTIONE DEL MATERIALE ROTABILE
- 17 - OFFICINE E DEPOSITI, IMPIANTI SPECIALI DEL MATERIALE ROTABILE
  
- 18 - IMPIANTI DI SEGNALAMENTO E CONTROLLO DELLA CIRCOLAZIONE - COMPONENTI
- 19 - SICUREZZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
- 20 - CIRCOLAZIONE DEI TRENI
  
- 21 - IMPIANTI DI STAZIONE, NODALI E LORO ESERCIZIO
- 22 - FABBRICATI VIAGGIATORI
- 23 - IMPIANTI PER SERVIZIO MERCI E LORO ESERCIZIO
  
- 24 - IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA
  
- 25 - METROPOLITANE, SUBURBANE
- 26 - TRAM E TRAMVIE
  
- 27 - POLITICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI, TARIFFE
- 28 - FERROVIE ITALIANE ED ESTERE
- 29 - TRASPORTI NON CONVENZIONALI
- 30 - TRASPORTI MERCI
- 31 - TRASPORTO VIAGGIATORI
- 32 - TRASPORTO LOCALE
- 33 - PERSONALE
  
- 34 - FRENI E FRENATURA
- 35 - TELECOMUNICAZIONI
- 36 - PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
- 37 - CONVEGNI E CONGRESSI
- 38 - CIFI
- 39 - INCIDENTI FERROVIARI
- 40 - STORIA DELLE FERROVIE
- 41 - VARIE

**I lettori che desiderano fotocopie delle pubblicazioni citate in questa rubrica, e per le quali è autorizzata la riproduzione, possono farne richiesta al CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA. Prezzo forfettario delle riproduzioni: - € 6,00 fino a quattro facciate e € 0,50 per facciata in più, oltre le spese postali ed IVA. Spedizione in porto assegnato. Si eseguono ricerche bibliografiche su argomenti a richiesta, al prezzo di € 6,00 per un articolo segnalato e € 2,00 per ogni copia in più dello stesso articolo, oltre le spese postali ed IVA.**

**Tutte le riviste citate in questa rubrica sono consultabili presso la Biblioteca del CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA - Tel. 0647306454; FS (970) 66454 - Segreteria: Tel. 064882129.**

## CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2024

**(Gli Abbonati possono decidere di ricevere IF - Ingegneria Ferroviaria online)**

Prezzi IVA inclusa [€/anno]	Cartaceo	Online
- <b>Ordinari</b>	60,00	50,00
- Per il personale <b>non ingegnere</b> del Ministero delle Infrastrutture, e dei Trasporti, delle Ferrovie e Tranvie in concessione e Pensionati FS	45,00	35,00
- <b>Studenti</b> (allegare certificato di frequenza Università) <sup>(*)</sup> – (copia rivista online)		25,00
- <b>Estero</b>	180,00	50,00

*(\*) Gli studenti, dopo i 3 anni di iscrizione gratuita come nuovi associati, fino al compimento del 28° anno di età, possono iscriversi al CIFI quali Soci Juniores con una quota annua di € 25,00 che include l'invio online delle Riviste "IF - Ingegneria Ferroviaria" e "la Tecnica Professionale".*

I pagamenti possono essere effettuati (specificando la causale del versamento) tramite:

- CCP **31569007** intestato al CIFI – Via G. Giolitti, 46 – 00185 Roma;
- bonifico bancario sul c/c n. 000101180047 – Unicredit Roma, Ag. Roma Orlando – Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 – 00185 Roma. IBAN IT29U0200805203000101180047 - BIC: UNCRITM1704;
- pagamento online, collegandosi al sito [www.cifi.it](http://www.cifi.it);
- in contanti o tramite Carta Bancomat.

**Il rinnovo degli abbonamenti dovrà essere effettuato entro e non oltre il 31 marzo dell'annata richiesta. Se entro suddetta data non sarà pervenuto l'ordine di rinnovo, l'abbonamento verrà sospeso.**

**Per gli abbonamenti sottoscritti dopo tale data, le spese postali per la spedizione dei numeri arretrati saranno a carico del richiedente.**

Per ulteriori informazioni: Redazione Ingegneria Ferroviaria – tel. 06.4742987 - E mail: [redazioneif@cifi.it](mailto:redazioneif@cifi.it)

### RICHIESTA FASCICOLI ARRETRATI ED ESTRATTI

#### Prezzi IVA inclusa

Un fascicolo € **8,00**; doppio o speciale € **16,00**; un fascicolo arretrato: *Italia* € **16,00**; *Estero* € **20,00**.

Estratto di un singolo articolo apparso su un numero arretrato € **9,50** formato cartaceo compreso di spedizione; € **7,50** formato PDF. *I versamenti, anticipati, potranno essere eseguiti nelle medesime modalità previste per gli abbonamenti.*

## TERMS OF SUBSCRIPTION TO IF - INGEGNERIA FERROVIARIA YEAR 2024

**(The subscriber can decide to receive IF - Ingegneria Ferroviaria online)**

Price including VAT	Paper	Online
- <b>Normal (Italy)</b>	60.00	50.00
- Infrastructure and Transport Ministry staff, local railways staff, retired FSI staff	45.00	35.00
- <b>Students</b> (University attesting documentation required) <sup>(*)</sup> – (online version of IF journal)		25.00
- <b>Foreign countries</b>	180.00	50.00

*(\*) After 3 years of free association, students younger than 28 can enroll as CIFI Junior Associates with a yearly rate of € 25.00, which includes the online "IF - Ingegneria Ferroviaria" and "la Tecnica Professionale" subscription.*

The payment can be performed (specifying the motivation) by:

- CCP **31569007** to CIFI – Via G. Giolitti, 46 – 00185 Roma;
- Bank transfer on account n. 000101180047 – UNICREDIT Roma, Ag. Roma Orlando – Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 – 00185 Roma. IBAN: IT29U0200805203000101180047 - BIC: UNCRITM1704;
- Online, on the website [www.cifi.it](http://www.cifi.it);
- Cash or by Debit Card.

**The renewal of the subscription must be performed within March 31<sup>st</sup> of the concerned year. In case of lack of renewal after this date, the subscription will be suspended.**

For further information you can contact: Redazione Ingegneria Ferroviaria – Ph: +39.06.4742987 – E mail: [redazioneif@cifi.it](mailto:redazioneif@cifi.it)

### PURCHASE OF OLD ISSUES AND ARTICLES

#### Price including VAT

Single Issue € **8.00**; Double or Special Issue € **16.00**; Old Issue: *Italy* € **16.00**; *Foreign Countries* € **20.00**.

Single article € **9,50** shipping included; € **7,50** PDF article.

*The payment, anticipated, may be performed according to the same procedures applied for subscriptions.*

	<b>IF Biblio</b>	<b>Telecomunicazioni</b>	<b>35</b>
	<p>750 Comunicazione veloce e in assenza di cavi su tutta la lunghezza dei treni (SCHILPEROORT)</p> <p><i>Fast, wireless communication along the whole length of trains RTR European Rail Technology Review, Aprile 2010, Vol. 50, pagg. 35.</i></p> <p>Al giorno d'oggi, la comunicazione dati ad alta velocità è considerata assiomatica in molti campi. Ciò rende an-</p>	<p>cora più sorprendente il fatto che la tecnologia wireless tenda a essere generalmente ignorata nella progettazione anche delle ultime generazioni di treni.</p> <p><i>Nowadays, high-speed data communication is regarded as axiomatic in many fields. That makes it all the more surprising that wireless technology tends to be generally ignored in designing even the latest generations of trains.</i></p>	

	<b>IF Biblio</b>	<b>Manutenzione e controllo della via</b>	<b>3</b>
	<p>288 Frequenze del binario su massicciata (PAHNKE, MÜLLER-BORUTTAU, BREITSAMTER)</p> <p><i>Frequencies of the ballasted track RTR European Rail Technology Review, Aprile November 2010, Vol. 50, pag. 6.</i></p> <p>Considerando che il binario con massicciata nelle linee ad alta velocità ha la metà della durata di vita dei binari standard, ci si dovrebbe chiedere se da un lato tutto è fatto correttamente e dall'altro quale carico dinamico viene trasmesso al binario.</p> <p><i>Realizing the fact that the ballasted track in high-speed lines has half the lifetime of standard tracks we should ask the questions if on the one hand everything is done correctly and on the other hand which dynamic load is transmitted to the track.</i></p>	<p>289 Rotaie "dure" nelle curve strette (KNOLL, PRAGER, KOPP)</p> <p>La combinazione di carichi crescenti sui binari, forze di trazione elevate e budget limitati per la manutenzione sta costringendo i gestori dell'infrastruttura ferroviaria a ottimizzare ulteriormente l'interfaccia ruota/rotaia. L'uso di materiali duri per le rotaie potrebbe essere un modo per contribuire a prolungare la durata delle rotaie posate in curve strette.</p> <p><i>The combination of increasing loads on tracks, high tractive forces and limited maintenance budgets is forcing railway infrastructure managers to optimise the wheel/rail interface still further. The use of hard materials for rails might be one way of contributing to extending the service life of rails laid in tight curves.</i></p>	



**PLASTIROMA® Srl**  
1966 | 2024

WWW.plastiroma.it  
info@plastiroma.it



**CASSETTE DI CONTEGNO**

La Plastiroma produce, sia le cassette a catalogo FS che quelle a disegno. Le nostre cassette sono conformi agli standard:

EN 60529:1991	IP66
EN 60529:2000	IP67
EN 60529:2013	IP67
EN 62262:2002	IK10



Cassetta 831/123



Cassetta 831/124



Cassetta 120  
con 5 passacavo



Cassetta 121  
con protezione



Cassetta 832/722

## Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI

### 1 – TESTI SPECIFICI DI CULTURA PROFESSIONALE

#### 1.1 – Cultura Professionale - Trazione Ferroviaria

- 1.1.6 E. PRINCIPE – “Impianti di riscaldamento ad aria soffiata” (Vol. 1° e 2°) ..... € 20,00
- 1.1.8 G. PIRO - G. VICUNA – “Il materiale rotabile motore”.. € 20,00
- 1.1.10 A. MATRICARDI - A. TAGLIAFERRI – “Nozioni sul freno ferroviario” ..... € 15,00
- 1.1.11 V. MALARA – “Apparecchiature di sicurezza ..... per il personale di condotta” ..... € 30,00
- 1.1.12 G. PIRO – “Cenni sui sistemi di trasporto terrestri a levitazione magnetica” ..... € 15,00

#### 1.2 – Cultura Professionale - Armamento ferroviario

- 1.2.3 L. CORVINO – “Riparazione delle rotaie ed apparecchi del binario mediante la saldatura elettrica ad arco” (Vol. 6°) ..... € 15,00

#### 1.3 – Cultura Professionale - Impianti Elettrici Ferroviari

- 1.3.16 A. FUMI – “La gestione degli impianti elettrici ferroviari” ..... € 35,00
- 1.3.17 U. ZEPPA – “Impianti di Sicurezza - Gestione guasti e lavori di manutenzione” ..... € 30,00

### 2 – TESTI GENERALI DI FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO

- 2.2 L. MAYER – “Impianti ferroviari - Tecnica ed Esercizio” (Nuova edizione a cura di P.L. Guida-E. Milizia) ..... € 50,00
- 2.5 G. BONO - C. FOCACCI - S. LANNI – “La Sovrastruttura Ferroviaria” ..... € 50,00
- 2.7 L. FRANCESCHINI - A. GAROFALO - R. MARINI - V. RIZZO – “Elementi generali dell’esercizio ferroviario” 2a Edizione ..... € 40,00
- 2.8 P.L. GUIDA - E. MILIZIA – “Dizionario Ferroviario - Movimento, Circolazione, Impianti di Segnalamento e Sicurezza” ..... € 35,00
- 2.9 P. DE PALATIS – “L’avvenire della sicurezza - Esperienze e prospettive” ..... € 20,00
- 2.10 AUTORI VARI – “Principi ed applicazioni pratiche di Energy Management” ..... € 25,00
- 2.12 R. PANAGIN – “Costruzione del veicolo ferroviario” .... € 40,00
- 2.13 F. SENESI - E. MARZILLI – “Sistema ETCS Sviluppo e messa in esercizio in Italia” ..... € 40,00
- 2.14 AUTORI VARI – “Storia e Tecnica Ferroviaria - 100 anni di Ferrovie dello Stato” ..... € 50,00
- 2.15 F. SENESI - E. MARZILLI – “ETCS, Development and implementation in Italy (English ed.)” ..... € 60,00
- 2.16 E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carrozze e carri” ..... € 20,00

- 2.18 B. CIRILLO - L.C. COMASTRI - P.L. GUIDA - A. Ventimiglia – “L’Alta Velocità Ferroviaria” ..... € 40,00
- 2.19 E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carri” ..... € 30,00
- 2.20 L. LUCCINI – “Infortuni: Un’esperienza per capire e prevenire” ..... € 7,00
- 2.21 AUTORI VARI – “Quali velocità quale città. AV..... e i nuovi scenari territoriali e ambientali ..... in Europa e in Italia” ..... € 150,00
- 2.22 G. ACQUARO – “I Sistemi di Gestione della ..... Sicurezza Ferroviaria” ..... € 25,00
- 2.24 G. ACQUARO – “La Sicurezza Ferroviaria - Principi, approcci e metodi nelle norme nazionali ed europee” ..... € 25,00
- 2.25 F. BOCCHIMUZZO – “La Realizzazione dei Lavori pubblici nelle Ferrovie - volume 1 Le regole generali” ..... € 38,00
- 2.26 ERTMS/ETCS – Pianificazione e Funzioni Base - Volume A - Fabio Senesi e Autori Vari prezzo di copertina ..... € 32,00
- 2.33 Collana ERTMS/ETCS – Cofanetto contenente i Volumi A-B-C-D-E-F + Appendice - Fabio Senesi e Autori Vari ..... € 224,00
- 2.34 M. MORZIELLO – “High Speed Railway System” ..... € 34,00
- 2.35 F. SENESI e AUTORI VARI – “ERTMS/ETCS - Planning and Basic Functions” ..... € 32,00

### 3 – TESTI DI CARATTERE STORICO

- 3.1. G. PAVONE – “Riccardo Bianchi: una vita per le Ferrovie Italiane” ..... € 15,00
- 3.3. G. PALAZZOLO (in Cd-Rom) – “Cento Anni per la Sicilia” Omaggio per residenti Regione Sicilia .... € 6,00
- 3.5. AUTORI VARI – La Museografia Ferroviaria e il museo di Pietrarsa ..... € 12,00
- 3.6. Ristampa del volume a cura del CIFI “La Stazione Centrale di Milano” ed. 1931 ..... € 100,00

### 4 – ATTI CONVEGNI

- 4.4. ROMA – “Next Station”, bilingue italo inglese (3-4 febbraio 2005) ..... € 40,00
- 4.8. ROMA – “Stazioni ferroviarie italiane - qualità,.... funzionalità” ..... € 40,00
- 4.9. BARI – DVD “Stato dell’arte e nuove progettualità per la rete ferroviaria pugliese” (6 giugno 2008) Omaggio per residenti Regione Puglia ..... € 15,00
- 4.10. BARI – DVD Convegno “Il sistema integrato dei trasporti nell’area del mediterraneo” (18 giugno 2010) Omaggio per residenti Regione Puglia ..... € 25,00
- 4.11. Una Stagione Straordinaria – Atti Convegno Milano del 20 aprile 2021 ..... € 25,00

## 6 – TESTI ALTRI EDITORI

6.5.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con Carrozze Media Distanza” .....	€ 25,00	6.12.	A. BUSSI (ed. Luigi Pellegrini Editore) “Due Vite, Tante Vite (Storie di ferrovia e resistenza)” .....	€ 16,00
6.6.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con carrozze a due piani” .....	€ 28,00	6.61.	M. MORZIELLO “Sistema Ferroviario Italiano Alta Velocità” .....	€ 34,00
6.7.	E. PRINCIPE (ed. La Serenissima) – “Treni italiani Eurostar City Italia” .....	€ 35,00	6.64.	G. MAGENTA (ed. Gaspari) – “Un Mondo su rotaia” .....	€ 29,00
6.8.	E. PRINCIPE – “Treni italiani - ETR 500 Frecciarossa” .....	€ 25,00	6.65.	A. CARPIGNANO – “La Locomotiva a vapore (Viaggio tra tecnica e condotta di un Mezzo di ieri)” 2° Edizione - L'Artistica Editrice Savigliano (CN) .....	€ 70,00
6.9.	V. FINZI (ed. Coedit) – “I miei 50 anni in ferrovia” .....	€ 20,00	6.66.	P. MESSINA – “Ferrovie e Filobus nella Pubblicità” ...	€ 26,00
6.10.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Le carrozze dei nuovi treni di Trenitalia” .....	€ 24,00	6.67.	P. MESSINA – “Per Mare intorno all’Elba e verso il Continente – Traghetti, imbarcazioni e navi da crociera” .....	€ 23,00
6.11.	R. MARINI (ed. Plasser & Theurer - Plasser Italiana). “Treni nel Mondo” .....	€ 30,00	6.68.	P. MESSINA – “I Trasporti all’Elba” .....	€ 28,00

N.B.: I prezzi indicati sono comprensivi dell’I.V.A. Gli acquisti delle pubblicazioni, con pagamento anticipato, possono essere effettuati mediante versamento sul conto corrente postale 31569007 intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Via Giolitti, 46 – 00185 Roma o tramite bonifico bancario: UNICREDIT – AGENZIA ROMA ORLANDO – VIA V. EMANUELE, 70 – 00185 ROMA – IBAN: IT29U0200805203000101180047. Nella causale del versamento si prega indicare: “Acquisto pubblicazioni”. La ricevuta del versamento dovrà essere inviata unitamente al modulo sottoindicato. Per spedizioni l’importo del versamento dovrà essere aumentato del 10% per spese postali.

**Sconto del 20% per i soci CIFI (individuali, collettivi e loro dipendenti)**

**Sconto del 15% per gli studenti universitari - Sconto alle librerie: 25%**

**Sconto del 10% per gli abbonati alle riviste La Tecnica Professionale e Ingegneria Ferroviaria**

## Modulo per la richiesta dei volumi

I volumi possono essere acquistati on line tramite il sito [www.cifi.it](http://www.cifi.it) compilando e inviando per posta ordinaria o via e-mail il modulo allegato unitamente alla ricevuta di versamento.

Richiedente: (Cognome e Nome).....

Indirizzo: ..... Telefono: .....

P. I.V.A./C.F.:..... (l’inserimento di Partita IVA o C. Fiscale è obbligatorio)

Conferma con il presente l’ordine d’acquisto per:

n..... (in lettere.....) copie del volume: .....

n..... (in lettere.....) copie del volume: .....

n..... (in lettere.....) copie del volume: .....

La consegna dovrà avvenire al seguente indirizzo:

.....  
Data .....

**Si allega la ricevuta del versamento**

**Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (P.I. 00929941003)**

Via Giolitti, 46 - 00185 Roma - Tel. 06/4882129-06/4742986 - Fs 970/66825 - Fax 06/4742987 e-mail: [info@cifi.it](mailto:info@cifi.it)

## NUOVA EDIZIONE DEL CIFI

Giuseppe ACQUARO

### LA SICUREZZA FERROVIARIA

#### Principi, approcci e metodi nelle norme nazionali ed europee

Il progetto politico comunitario di riassetto del comparto ferroviario europeo si basa sul principio della libera circolazione di persone, beni e servizi.

Scopo del progetto è rendere il “sistema di trasporto ferroviario”, sia delle merci sia delle persone, strategico fra tutti gli strumenti a disposizione per raggiungere obiettivi di sostenibilità sociale.

In particolare, l’obiettivo primario posto dall’Unione, è dar vita a uno spazio unico europeo privo di ostacoli residui tra i sistemi nazionali, facilitando in tal modo sia il processo di integrazione che l’emergere di nuovi operatori multinazionali e multimodali.

Tutto ciò deve però avvenire all’interno di un quadro normativo di tutela della pubblica sicurezza nei trasporti mediante la definizione di un sistema di regole che garantiscono trasporti sicuri ispirati a criteri universalmente riconosciuti di buona gestione.

I recenti cambiamenti introdotti nella normativa europea e nazionale in tema di sicurezza dei sistemi ferroviari. In particolare i recenti decreti legislativi 50 e 57 di giugno 2019, hanno recepito il pilastro tecnico del cosiddetto pilastro tecnico del IV pacchetto ferroviario europeo nonché il nuovo regolamento europeo (n. 762/2016) sui requisiti dei sistemi di gestione della sicurezza.

Con questi nuovi provvedimenti il legislatore ha voluto rimarcare l’importanza, nella gestione dei servizi ferroviari, di un approccio di tipo rischio-centrico. Ciò in quanto, nel trasporto ferroviario gli incidenti possono dare origine a conseguenze catastrofiche e questi sono prevalentemente legati a fattori umani: l’uomo, infatti, nonostante gli enormi progressi raggiunti dalla tecnologia a favore della sicurezza, rimane ancora un elemento nella gestione della sicurezza.

Per garantire elevati standard di sicurezza, i sistemi ferroviari devono quindi essere gestiti con approcci e metodi che consentano di ottenere il giusto equilibrio fra l’offerta di un servizio di mobilità (delle persone e delle merci) efficiente ed economico oltreché interoperabile nell’Unione e i vincoli - e i costi - della sicurezza: in altre parole, è necessario che nelle aziende sia radicata la cosiddetta “giusta cultura”.

A tale scopo, già da tempo sia legislatore (nazionale ed europeo) che gli organismi di normazione tecnica, si sono preoccupati di regolamentare minuziosamente tutti gli aspetti gestionali che possono avere un impatto sulla sicurezza. Tuttavia, l’enorme sforzo profuso nella definizione di norme a garanzia della incolumità della popolazione ha generato un quadro normativo che, allo stato attuale, si presenta copioso e, molto frammentato.

Questo volume si propone di fornire al lettore un quadro organico ed omogeneo degli approcci e dei modelli gestionali che devono essere adottati nel rispetto dei principi e dei criteri definiti nelle norme tecniche e nella vigente legislazione in tema di sicurezza ferroviaria, ivi compreso, appunto, il recente pilastro tecnico del quarto pacchetto ferroviario e le principali norme attuative ad esso correlate: un significativo numero di figure tabelle aiutano ad acquisire una visione d’insieme di molti aspetti altrimenti descritti in modo frammentato nella normativa.

Il libro è suddiviso in tre parti. Nella parte prima è descritto il contesto normativo di riferimento europeo e nazionale, il quale viene descritto all’interno della cornice costituita dal processo di liberalizzazione del trasporto ferroviario.



Nella parte seconda è affrontata la tematica legata alla implementazione dei sistemi di gestione della sicurezza e, più in generale, alla gestione della sicurezza integrata. Infatti, ormai è universalmente riconosciuta - e questo è anche l’orientamento del legislatore - la necessità di gestire gli aspetti di sicurezza dell’esercizio, di sicurezza dei lavoratori e degli addetti nonché di tutela dell’ambiente con un approccio di tipo integrato, vista la loro mutua interferenza.

In questa parte, quindi, particolare attenzione è posta al tema del controllo e della gestione dei rischi, alla gestione degli asset in logica rischio-centrica e alla realizzazione dell’interoperabilità, vista non già solo come strumento per abbattere le barriere nazionali, ma anche come definizione di standard di sicurezza tecnici e operativi minimi da realizzare.

Infine, nella parte è affrontato il grande tema della valutazione e del miglioramento delle prestazioni di sicurezza. In questa parte, una particolare attenzione è stata dedicata alla tematica della cultura della sicurezza e dell’importanza dei ritorni di esperienza, quale strumento fondamentale per tenere sotto controllo e ridurre la probabilità di accadimento degli errori umani.

Formato cm 24x17, 331 pagine in b/n,  
Prezzo di copertina € 25,00.

E’ acquistabile presso il CIFI con modalità e sconti come riportato nelle pagine “Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI” sempre presente in questa rivista.



- Il/La sottoscritto/a .....  
Presa visione dello Statuto del **Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (C.I.F.I.)**, Associazione culturale senza scopi di lucro, e consapevole che la mancata disdetta entro il **30 settembre** di ogni anno comporta il tacito rinnovo per l'anno seguente, chiede di entrare a far parte del CIFI dell'Associazione in qualità di:  
 Socio: "ordinario"                       Socio: "aggregato"                       Socio: "junior"
- Allega alla presente la ricevuta del pagamento della prima quota associativa per l'anno ..... come iscrizione, essendo a conoscenza che riceverà le riviste "**Ingegneria Ferroviaria**" (Organo Ufficiale del Collegio), **La Tecnica Professionale** e le comunicazioni e la corrispondenza ordinaria al momento dell'accettazione di tale richiesta (*art. 10 dello Statuto*) per posta elettronica.
- Fa presente che le riviste (I.F. e TP) dovranno essere inviate al seguente indirizzo:  
Via ..... C.a.p. .... Città ..... (prov.) .....  
 **Desidera ricevere le riviste "Ingegneria Ferroviaria" e "La Tecnica Professionale" on line anziché su cartaceo**
- Le comunicazioni e-mail dovranno essere inviate presso il seguente indirizzo di posta elettronica: .....
- Si impegna a dare comunicazione immediata di eventuali variazioni di indirizzo e chiede di essere iscritto alla Sezione di .....  
 Soci Ordinari e Aggregati: **85,00 €/anno** con entrambe le riviste periodiche  
 Soci Ordinari e Aggregati (under 35) **60,00 €/anno** con entrambe le riviste periodiche  
 Soci Junior (studenti - under 28 anni) **25,00 €/anno** con entrambe le riviste periodiche, solo online  
 Nuovi Associati (studenti, neolaureati e neoassunti per i primi 3 anni di iscrizione fino a 35 anni) **0 €/anno** con entrambe le riviste periodiche, solo online
- Da versare nelle seguenti modalità:  
 Conto corrente postale n.**31569007** intestato a Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani - Via Giolitti Giovanni, 46 - 00185 Roma  
 Bonifico bancario sul conto: **Codice IBAN: IT 29 U 02008 05203 000101180047** - Codice BIC/SWIFT: UNCRITM1704, intestato a Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, presso UNICREDIT BANCA - Ag. 704 - ROMA ORLANDO  
 Carta di credito/prepagata sul sito **[www.shop.cifi.it](http://www.shop.cifi.it)**
- Il rinnovo della quota va effettuato entro i termini previsti dallo Statuto ovvero entro il **31 dicembre** dell'anno precedente.  
 *Facendo parte del personale del Gruppo FSI S.p.A. chiede di versare la quota annuale con trattenuta a ruolo Sul sito del CIFI è disponibile l'apposito modulo da compilare e trasmettere al CIFI.*
- Firma del Socio presentatore .....

## SCHEDA ANAGRAFICA

Cognome - Nome

Luogo - Data di Nascita

Indirizzo privato - Cltù - Prov. - C.A.P

E-mail - Telefono Ab. / Uff. / Mob

Laurea Triennale - Università - Anno Accademico

Laurea Specialistica - Università - Anno Accademico

Ente/Società di appartenenza - Qualifica professionale

Iscrizione Ordine degli Ingegneri - Numero - Provincia

- Il/La sottoscritto/a, ai sensi del D.Lgs 196/2003 e del Regolamento UE 2016/679 (GDPR), esprime il proprio consenso al trattamento dei dati personali rilasciati in data odierna per gli usi esclusivi delle attività interne del Collegio.

- Data .....
- Firma .....

# FORNITORI DI PRODOTTI E SERVIZI

**Costruttori di materiale rotabile ed impianti ferroviari – Società di progettazione – Produttori di ricambi e prodotti vari per le ferrovie – Imprese appaltatrici di lavori di ogni genere per ferrovie nazionali, regionali, metropolitane e di trasporto pubblico urbano.**

- A** Lavori ferroviari, edili e stradali – Impianti di riscaldamento e sanitari – Lavori vari
- B** Studi e indagini geologiche-palificazioni
- C** Attrezzature e materiali da costruzione
- D** Meccanica, metallurgia, macchinari, materiali, impianti elettrici ed elettronici
- E** Impianti di aspirazione e di depurazione aria
- F** Prodotti chimici ed affini
- G** Articoli di gomma, plastica e vari
- H** Rilievi e progettazione opere pubbliche
- I** Trattamenti e depurazione delle acque
- L** Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro
- M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari
- N** Vetrotanie, targhette e decalcomanie
- O** Formazione
- P** Enti di certificazione
- Q** Società di progettazione e consulting
- R** Trasporto materiale ferroviario

**A** **Lavori ferroviari, edili e stradali  
Impianti di riscaldamento e sanitari  
Lavori vari**

**B** **Studi e indagini  
geologiche-palificazioni**

**C** **Attrezzature e materiali  
da costruzione**

**MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – Via Adriatica, 109 – 06135 PONTE SAN GIOVANNI (PG) – Tel. 075/597211 – Fax 075/395348 – www.margaritelli.com – Progettazione e produzione di manufatti per armamento**

ferroviario, tranviario e per metropolitane in cemento armato, cemento armato precompresso, legno e legno impregnato – Trattamenti preservanti del legno.

**MEFA ITALIA, VIA GB MORGAGNI 16/B, 20005 POGLIANO M.SE (MI), T. 02 93 54 01 95, HYPERLINK “mailto:info@mefa.it”info@mefa.it, HYPERLINK “http://www.mefa.it”www.mefa.it** Vendita e dimensionamento di elementi di supporto e fissaggio di impianti, sistemi modulari di sostegno anche antisismici, collari per tubazioni, giunti, raccordi, stazioni di allarme per impianti antincendio.

**D** **Meccanica, metallurgia,  
macchinari, materiali,  
impianti elettrici ed elettronici**

**ARTHUR FLURY S.r.l. – Via Settimio Raimondi, 7G – 44034 COPPARO (FE) – Tel. +39/3471759819 – E-mail: info@fluryitalia.it** – Produzione materiali per linee aeree ferroviarie, tranviarie e metropolitane (trazione elettrica). Isolatori di sezioni per tutte le velocità (da 30 a 250 Km/h) e tensioni elettriche in corrente continua e alternata. Morsetteria in CuNiSi ad alta resistenza meccanica per tutti i tipi di filo di contatto, terminali, morse di amarro e giunti a innesto rapido per fune portante. Pendini tradizionali e regolabili in altezza, pendini elastici – smorzatori per usi su alta velocità e linee tradizionali. Dispositivi di messa a terra e corto circuito. Soluzioni personalizzate e speciali su misura.

**BONOMI EUGENIO S.p.A. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030/9650304 – Fax 030/962349 – E-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com** – Progettazione linee ferroviarie e tranviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità – Dispositivi di pensionamento a contrappesi ed oleodinamici, morsetteria e connettori, attrezzatura ed utensili meccanici ed oleodinamici (prodotti per linee da 1,5 kV a 25 kV).

**BOSCH SECURITY SYSTEMS S.p.A. – Via M.A. Colonna, 35 – 20149 MILANO (MI) – Tel. 02/36961 – E-mail: it.securitysystems@bosch.com** – Prodotti e soluzioni in ambito Security, Safety e Communication per applicazioni di: videosorveglianza e artificial intelligence, rilevazione intrusione, rivelazione incendio, audio evacuazione e controllo degli accessi. Tecnologie innovative per la protezione dei beni e delle persone, e per l'efficientamento dei processi e dei servizi.

**CANAVERA & AUDI S.p.A. – Regione Malone, 6 – 10070 CORIO (TO)** – Tel. 011/928628 – Fax 011/9282709 – E-mail: canavera@canavera.com – www.canavera.com – Stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 200 kg – Lavorazioni meccaniche – Costruzione componenti per carri, carrozze, tram e metropolitane.

**CEMBRE S.p.A. – Via Serenissima, 9 – 25135 BRESCIA** – Tel. 030/36921 – (r.a. + Sel. pass.) – Fax 030/3365766 – E-mail: info@cembre.com – Produzione e commercio di: capicorda e connettori elettrici – Utensili per la compressione dei capicorda e connettori, tranciacavi e tranciacuni oleodinamici – Trapani adatti alla foratura di rotaie e di apparecchi del binario nelle applicazioni ferroviarie – Trapani per traverse in legno – Pandrolatrici – Avvitatori portatili – Troncatrici di rotaie.

**CINEL OFFICINE MECCANICHE S.p.A. Via Sile, 29 – 31033 CASTELFRANCO VENETO (TV)** – Tel. 0423/490471 – Fax 0423/498622 – E-mail: info@cinelspa.it – www.cinelspa.it – Stabilimenti: Via Sile, 29 – 31033 Castelfranco Veneto (TV) – Via Scalo Merci, 21 – 31030 Castello di Godego (TV) – Forniture per i settori ferroviario e tranviario: scambi ferroviari e tranviari, Kit cuscinetti elastici e autolubrificanti, Kit piastre per controrotaie 33C1, giunti isolanti incollati, piastre, piastrine, ganasce di giunzione, blocchi, caviglie, chiavarde, casse di manovra per deviatoio e accessori, tiranterie, zatteroni, traverse cave, fermascambi, immobilizzatori, dispositivi di bloccaggio, apparecchiature per segnalamento e sicurezza, passaggi a livello, materiali per rotabili.

**COLAS RAIL ITALIA S.p.A. – Via F. Fellini, 4 – 20097 SAN DONATO MILANESE (MI)** – Tel. 02/89536.100 – Fax 02/89536536 – www.colasrail.com – Impianti fissi di trazione elettrica chiavi in mano per trasporti ferroviari, metropolitane e tranvie – Studi di fattibilità, progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane – Sottostazioni elettriche per alimentazione in c.c. e c.a. – Linee primarie; impianti di telecomando – Impianti luce e forza motrice.

**CRONOS SISTEMI FERROVIARI S.r.l. – Via Cortemilia, 71 – 17014 CAIRO MONTENOTTE (SV)** – Tel. 019/502571 – www.cronosrail.com – Installazione impianti ed apparecchiature per la trazione elettrica per trasporti ferroviari, metropolitane e tranvie – Sottostazioni elettriche e impianti IFM – Impianti e sistemi elettrici ed elettronici anche complessi, integrati ed informatici, quadri elettrici e cabine di trasformazione – Infrastrutture per le vie di comunicazione, impianti e sistemi telematici in generale, reti telematiche e informatiche, di trasporto e di connessione dati – Progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane.

**DOT SYSTEM S.r.l. – Via Marco Biagi, 34 – 23871 LOMAGNA (LC)** – Tel. +39/039/92259202 – Fax +39/039/92259290 – E-mail: info@dotsystem.it – www.dotsystem.it – Monitor grafici LCD di banco per locomotive e carrozze pilota – Terminali grafici LCD per logica di treno e gestione dati diagnostici – Schede di co-

municazione per Bus MVB classe 1, 2, 3 e 4 – Gateway MVB-Ethernet, MVB-CAN, MVB-RS485, MVB-Wireless – Moduli di ingresso/uscita digitali ed analogici per Bus MVB, CAN, ecc. – Cartelli indicatori grafici e tecnologia LED per interni ed esterni.

**EBRebosio S.r.l. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS)** – Tel. 030/9650304 – Fax 030/962349 – E-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tranviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Isolatori in silicone d'ormeggio, di sospensione, di sezione – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità – Isolatori in resina epossidica per interno, scaricatori, sezionatori, interruttori (prodotti per linee da 1,5 kV a 500 kV).

**ESIM S.r.l. – Via Degli Ebanisti, 1 – 70123 BARI** – Tel. 080/5328425 – Fax +39/080/5368733 – E-mail: info@esimgroup.com – www.esimgroup.com – **Sede di Roma: Via Sallustiana, 1/A** – Tel. 06/4819671 – Fax 06/48977008 – Progettazione e messa in opera di impianti elettrici, di telecomunicazione, di segnalamento e di trazione elettrica – Realizzazione e installazione di sistemi di diagnostica ferroviaria.

**E.T.A. S.p.A. – Via Monte Barbaghino, 6 – 22035 CANZO (CO)** – Tel. +39/031/673611 – Fax +39/031/670525 – E-mail: infosed@eta.it – www.eta.it – Carpenteria: quadri elettrici non cablati – Armadi e contenitori elettrici per esterni – Armadi 19" – Quadri inox per gallerie – Cassette inox lungo linea – Saldatura al tig certificata – Conformità alle specifiche RFI.

**FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – Via Volvera, 51 – 10045 PIOSSASCO (TO)** – Tel. 011/9044.1 – Fax 011/9064394 – www.faiveley.com

*Sistemi e prodotti a marchio SAB WABCO:* Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici, elettromeccanici ed elettroidraulici, freni a pattino tradizionali e a magneti permanenti, per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Sistemi di antipattinaggio e antislittamento – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, gamma completa dei dischi del freno in ghisa e in acciaio – Compressori a pistoncini, compressori rotativi a vite, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento dell'aria compressa – Sistemi diagnostici di bordo di manutenzione – Apparecchiature elettroniche di comando e controllo del freno.

*Sistemi e prodotti a marchio faiveley:* Convertitori statici di potenza e carica batterie – Impianti di riscaldamento e condizionamento – Porte e comandi porte – Sistemi di piattaforme – Porte di accesso treno – Pantografi – Interruttori di alta tensione – Sistemi di scatola nera – Registratori di eventi (DIS) – Sistemi diagnostici e telediagnostici di bordo – Sistemi di videosorveglianza.

**FASE S.a.s. di Eugenio Di Gennaro & C. – Via del Lavoro, 41 – 20030 SENAGO (MI)** – Tel. 02/9986557-02/9980622 – Fax 02/9986425 – E-mail: info@fase.it – www.fase.it –

Strumentazione da quadro (indicatori analogici e digitali – TA e TV – Shunts e divisori di tensione) – Convertitori statici di misura – Strumentazione di bordo per mezzi rotabili (Treni A.V. – Locomotive elettriche e diesel-idrauliche – Veicoli ferroviari – Metropolitane e tranvie) – Apparecchiature elettroniche di misura e diagnostica costruite su specifica del Cliente – Fanali di coda e indicatori luminosi a led.

**GALLOTTI 1881 S.r.l. – Via Codrignano, 57/a – 40026 IMOLA (BO)** – Tel. 0542/690987 – Fax 0542/690987 – E-mail: gallotti@gallotti1881.com – www.gallotti1881.com – Costruzione con progettazione di strutture metalliche per il segnalamento ferroviario, strutture metalliche speciali, piantane ed attrezzature unifer, carpenterie metalliche e meccaniche.

**GECO S.r.l. – Via Ugo Foscolo, 9 – 28066 GALLIATE (NO)** – CF e P. Iva: IT01918320035 – Tel. 0321/806957 – E-mail: info@gecoitalia.biz – Progettazione, integrazione, prodotti, servizi ingegneristici e sviluppo software per applicazioni di informazione al pubblico, sincronizzazione oraria, videosorveglianza, diffusione audio, rilevazione incendio, sicurezza, antintrusione avvalendosi di tecnologie innovative e partner altamente qualificati in ambito ferroviario.

**ISOIL INDUSTRIA S.p.A. – Via F.lli Gracchi, 27 – 20092 CINISELLO BALSAMO (MI)** – Tel. 02/660271 – Fax 02/6123202 – E-mail: vendite@isoil.it – www.isoil.com – Strumentazione del materiale rotabile: Pick-up ad effetto Hall per misure di velocità anche multicanale – Generatori di velocità – Sensori Radar ad effetto doppler per velocità e distanza – Indicatori di velocità standard e applicazioni di sicurezza (SIL 2) – Juridical Recorder – MMI: Multifunctional Display per ERTMS – Videocamere – Passenger Information – Switch e Fotocellule di Sicurezza per porte – Livelli carburante – Pressostati e Termostati – Agente esclusivo di: DEUTA WERKE / JAQUET / GEORGIN / KAMERA & SYSTEM TECHNIK.

**KNORR-BREMSE Rail Systems Italia S.r.l. – Via San Quirico, 199/I – 50013 CAMPI BISENZIO (FI)** – Tel. 055/3020.1 – Fax 055/3020333 – E-mail: kbrsitalia@knorr-bremse.it – www.knorr-bremse.it – Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici ed elettroidraulici per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, dischi freno – Compressori a vite e a pistoncini, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento aria compressa – Impianti toilette ecologici a recupero – Sistemi ed apparecchiature elettroniche di comando, controllo e diagnostica – Servizi di assistenza, riparazione e manutenzione di sistemi frenanti.

**LA CELSIA SAS – Via A. Di Dio, 109 – 28877 ORNAVASSO (VB)** – Tel. 0323/837368 – Fax 0323/836182 – Dal 1974 progettazione, produzione e vendita di contatti elettrici sinterizzati ed affini, materiali sinterizzati da metallurgia delle polveri, connessioni flessibili e particolari vari, annessi per interruttori, commutatori, sezionatori per tutte

le apparecchiature elettromeccaniche di potenza e trasmissione dell'energia.

**LUCCHINI RS S.p.A. – Via G. Paglia, 45 – 24065 LOVERE (BG)** – Tel. 035/963562 – Fax 035/963552 – E-mail: rollinstock@lucchini.it – www.lucchini.it – Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metropolitani; ruote cerchiate; ruote elastiche; ruote monoblocco; assili; cerchioni; boccole; sale montate da carro, carrozza e locomotiva completa di componenti; cuori fusi al manganese per scambi ferroviari – Riparazione e ripristino di sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Revisione e collaudo di altri componenti.

**MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – Via A. Chiarucci, 1 – 04012 CISTERNA DI LATINA** – Tel. 06/96871088 – Fax 06/96884109 – E-mail: info@mariniimpianti.it – www.mariniimpianti.it – Registratori Cronologici di Eventi (RCE) – Monitoraggio della temperatura delle rotaie (UMTR) – Apparecchiature di diagnostica centralizzate degli impianti di Segnalamento di linea e di stazione (SDC) – Sistemi di supervisione – Strumenti di misura per sotto stazioni – Rilevatore differenziale per segnali luminosi alti a commutazione statica SDO – Generatore di alimentazione 83 Hz PSK – Progettazione ed installazione degli impianti.

**MATISA S.p.A. – Via Ardeatina, km. 21 – Loc. S. Palomba – 00040 POMEZIA (ROMA)** – Tel. 06/918291 – Telefax 06/91984574 – E-mail: matisa@matisa.it – Vagliatrici, rinalzatrici, profilatrici, veicoli di servizio per infrastruttura e catenaria, drasine di misura della geometria del binario, treni di costruzione nuovo binario, incavigliatrici, foratrasverse, forarotaie, apparecchiatura di controllo, segarotaie, gruppi rinalzatrici a lame vibranti.

**MICROELETRICA SCIENTIFICA S.p.A. – Via Lucania, 2 – 20090 BUCCINASCO (MI)** – Tel. +39/02/575731 – E-mail: info.MIL@microelettrica.com – www.microelettrica.com – Applicazioni Bordo Veicolo ed Industriali di: – Contattori e Sezionatori fino a 4.000V ca/cc – Interruttori Extrarapidi in fino a 4.000V e 10.000A in cc – Relè di protezione ca/cc – Trasduttori e Sistema di Misura – Resistenze di frenatura, MAT del neutro, filtri e banchi di carico – Metering, Sistemi di misura in Tensione e Corrente, Misura dell'Energia a bordo veicolo secondo norma EN50463 – Unità Funzionali e Box integrati – Ventilatori Assiali e Ventilatori Centrifughi.

**MONT-ELE S.r.l. – Via Cavera, 21 – 20034 GIUSSANO (MI)** – Tel. 0362/850422 – Fax 0362/851555 – E-mail: mont-ele@mont-ele.it – www.mont-ele.it – Ingegneria di sottostazioni di conversione e di sottostazioni di alimentazione sistemi A.V. 25 kV – Produzione di quadri innovativi, alimentatori, raddrizzatori, sezionatori bipolari, quadri filtri, quadri misure – Produzione commutatori 3600 V 3000 A, sezionatori bipolari 3000 A, trasduttori di corrente, quadri di sezionamento 25 kV (52 kW) e sezionatori di alta tensione – Realizzazione di impianti, sottostazioni fisse e mobili lato alternata e continua.

**MOSDORFER RAIL S.r.l. – Sede operativa: Via Achille Grandi, 46 – 20017 RHO (MI)** – Tel. +39 02/64088142 – E-mail: inforail.it@mosdorfer.com – Sviluppo e produzione di componenti T.E. per la linea di contatto ferroviaria e tramviaria: TENSOREX C+, sospensioni in alluminio ed acciaio, isolatori compositi, dispositivi di messa a terra, morsetti in CuNiSi, in bronzo/alluminio ed acciaio forgiato. MOSDORFER RAIL S.r.l. fa parte della Multinazionale austriaca KNILL GROUP, leader mondiale nella progettazione, produzione e fornitura di morsetteria per linee di trasmissione ad alta tensione.

**ORA ELETTRICA S.r.l. a socio unico – Sede legale: Corso XXII Marzo, 4 – 20135 MILANO – Sede operativa: Via Filanda, 12 – 20010 CORNAREDO (MI)** – Tel. +39/02/93563308 – Fax +39/02/93560033 – E-mail: info@ora-elettrica.com – www.ora-elettrica.com – Progettazione, produzione, commercializzazione, installazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche specifiche per la gestione del tempo: centrali orarie controllate via DCF e GPS, NTP server, sistemi di supervisione, orologi analogici e digitali (per interni ed esterni), orologi da pensilina, orologi monumentali da facciata, RCE Registratori Cronologici di Eventi, sistemi integrati per il controllo degli accessi veicolari e pedonali, sistemi TVPL, TVCC, sistemi di rilevamento presenze certificati SAP.

**PANDROL S.r.l. – Via De Capitani, 14/16 – 20864 AGRATE BRIANZA (MB)** – Tel. +39/039/9080007/ +39/039/9153752 – E-mail: info.it@pandrol.com – www.pandrol.com – Sistemi di attacco ferroviari per traverse in calcestruzzo armato e precompresso.

**PISANI S.r.l. – Via Vilfredo Pareto, 20 – 27058 VOGHERA (PV)** – Tel. +39/347/4318990 – E-mail: giorgio@pisani.eu – Sistemi informatizzati, non invasivi di monitoraggio e certificazione dei processi di realizzazione e controllo in esercizio della lunga rotaia saldata e della posizione piano altimetrica del binario.

**PLASSER ITALIANA S.r.l. – Via del Fontanaccio, 1 – 00049 VELLETRI (ROMA)** – Tel. 06/9610111 – Fax 06/9626155 – E-mail: info@plasser.it – www.plasser.it – Commercializzazione, riparazione e manutenzione di macchine per la costruzione e la manutenzione del binario ferroviario – Risanatrici, rinalzatrici, profilatrici, stabilizzatrici dinamiche, vetture di rilevamento e sistemi per la diagnostica del binario e della linea di contatto, saldatrici mobili per rotaie, autocarrelli con gru e piattaforme, autocarrelli per tesatura frenata linee di contatto, carrelli portabobine, dispositivi per video-ispezione linee ferroviarie e binario, rappresentanza attrezzature Robel.

**POSEICO S.p.A. – Via Pillea, 42-44 – 16153 GENOVA** – Tel. 010/8599400 – Fax 010/8682006-010/8681180 – E-mail: semicond@poseico.com – www.poseico.com – Dispositivi a semiconduttori di potenza (Diodi, Tiristori, GTO's, IGBT Press-pack, ecc.) – Dissipatori ad acqua per il raffreddamento di dispositivi di potenza sia press-pack che moduli – Assiemati di potenza con raffreddamento in aria

naturale, aria forzata ed acqua – Ponti raddrizzatori per applicazioni industriali e di trazione – Analisi di guasto e servizio di collaudo – Riparazioni di assiemati di potenza – Distribuzione e/o commercializzazione di componenti nel campo dell'elettronica di potenza.

**PROJECT AUTOMATION S.p.A. – Viale Elvezia, 42 – 20052 MONZA (MI)** – Tel. 039/2806233 – Fax 039/2806434 – www.p-a.it – Sistemi ed apparecchiature di segnalamento, controllo e supervisione del traffico per metrotranvie e tranvie – Radiocomando scambi, casse di manovra carrabili, sistemi di controllo semaforico – Priorità mezzi pubblici – Sistemi di controllo e gestione traffico stradale.

**RAND ELECTRIC S.r.l. – Via Padova, 100 – 20131 MILANO** – Tel. 02/26144204 – Fax 02/26146574 – Canaline, fascette, sistemi di identificazione, guaine corrugate, guaine metalliche ricoperte, tutte con caratteristiche di reazione al fuoco e tossicità entro i parametri della specifica FS 304142 – Connettori elettrici di potenza standard o custom.

**SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. – Via Dr. Georg Schaeffler, 7 – 28015 MOMO (NO)** – Tel. 0321/929211 – Fax 0321/929300 – E-mail: info.it@schaeffler.com – www.schaeffler.it – Cuscinetti volventi a marchio FAG e INA, standard e speciali, boccole ferroviarie, snodi sferici, attrezzature di montaggio e smontaggio, diagnostica.

**SCHUNK CARBON TECHNOLOGY S.r.l. – Via Romolo Murri, 22/28 – 20013 MAGENTA (MI)** – Tel. 02/972190-1 – Fax 02/97291467 – E-mail: info@schunkitalia.it – www.schunk-group.com – Spazzole, portaspazzole, pantografi, striscianti, dispositivi di messa a terra, prese di corrente laterale, sistemi ungiobordo, dispositivi di protezione corrente parassite, ricambi.

**S.I.D.O.N.I.O. S.p.A. – Via IV Novembre, 51 – 27023 CAS-SOLNOVO (PV)** – Tel. 0381/92197 – Fax 0381/928414 – E-mail: sidonio@sidonio.it – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Impianti di elettrificazione ed illuminazione (linee BT/MT) – Opere stradali e ferroviarie – Scavi, demolizioni e costruzioni murarie – Impianti di telecomunicazione.

**SIRTEL S.r.l. – Via Taranto, 87A/10 – 74015 MARTINA FRANCA (TA)** – Tel. 080/4834959 – E-mail: info@sirtelsrl.it – www.sirtelsrl.it – Lanterne portatili ricaricabili ad uso ferrotranviario con luce principale LED e segnalazione posteriore con corone LED ad elevata luminosità (fino a 3 diversi colori sulla stessa lanterna).

**SITE S.p.A. – Divisione Trasporti – Via della Chimica, 3 – 40064 OZZANO DELL'EMILIA (BO)** – Tel. 051/794820 – E-mail: site@sitespa.it – www.sitespa.it/railways – IMPIANTI DI SEGNALAMENTO FERROVIARIO: Progettazione e realizzazione di impianti di segnalamento per la sicurezza ferroviaria – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di segnalamento come il Blocco Automatico a Correnti Codificate,

Sistemi di Controllo Marcia del Treno, Apparat Centrali Elettrici a Itinerari, etc. – Manutenzione, formazione e assistenza tecnica – RETI & SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI: Progettazione e realizzazione di reti Wireline e Wireless, di reti GSM-R e di sistemi SDH – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di: Informazione al Pubblico, Videosorveglianza, Supervisione per la sicurezza e la manutenzione, telefonia selettiva, Bigliettazione, etc. – Manutenzione, Formazione e assistenza tecnica – MESSA IN SICUREZZA GALLERIE: Progettazione layout impianti di Messa in Sicurezza delle Gallerie – Realizzazione di impianti per la copertura radio, il rilevamento e spegnimento incendi, la telefonia d'emergenza, diffusione sonora d'emergenza, illuminazione d'emergenza, etc.

**SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047 SARONNO (VA)** – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.spii.it – info@spii.it – Temporizzatori elettromeccanici, multifunzione e digitali – Programmatori elettromeccanici, multifunzionali e digitali – Microinterruttori ed elementi di contatto di potenza – Elettromagneti – Relè di potenza e ausiliari – Relè di controllo tensione frequenza e corrente – Teleruttori per c.a. e per c.c., per bassa ed alta tensione – Sezionatori – Motori e motoriduttori frazionari in c.c. – Connettori – Dispositivi di interblocco multiplo a chiave – Combinatori e manipolatori – Equipaggiamenti integrati completi per la trazione pesante e leggera.

**SUPERUTENSILI S.r.l. – Via A. Del Pollaiuolo, 14 – 50142 FIRENZE** – Tel. 055/717457 – Fax 055/7130576 – Forniture ferrotranviarie: filtri e pannelli filtranti, utensili, macchinari, strumenti di misurazione, rimozione graffiti, certificazioni CE e rimessa a norma macchinari, grassi e lubrificanti.

**TECNEL SYSTEM S.p.A. – Via Brunico, 15 – 20126 MILANO** – Tel. 02/2578803 r.a. – Fax 02/27001038 – E-mail: tecnel@tecnelsystem.it – www.tecnelsystem.it – Pulsanti – Interruttori – Selettori – Segnalatori serie SWT04 per banchi manovra – Segnalatori a LED serie SI 30 – Pulsanti apertura/chiusura porte serie 56 e 57 – Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie SWT84 – Pulsanti ed interruttori antivandalo - Sistemi di comando e protezione porte – Avvisatori ottici ed acustici – Sirene – Temporizzatori – Sensori movimento/presenza apertura porte – Pressacavi AGRO in materiale sintetico, ottone nichelato, acciaio inox – Guaina aperta autoavvolgente AGROsnap.

**TEKFER S.r.l. – Via Gorizia, 43 – 10092 BEINASCO (TO)** – Tel. 011/0712426 – Fax 011/0620580 – E-mail: segreteria@tekfer.com – www.tekfer.com – Sistemi per impianti di sicurezza e segnalamento – Apparecchiature per il blocco automatico – INFILL – Codificatori statici – Relè elettronici (TR, HR, DR, relè a disco e altri) – Prodotti per 83,3 Hz (generatori di potenza fino a 15 kVA, filtri e rifasatori) – Telecomandi in sicurezza – Diagnostica impianti – Progettazione e installazione impianti.

**THERMIT ITALIANA S.r.l. – Via Sirtori, 11 – 20017 RHO (MI)** – Tel. 02/93180932 – Fax 02/93501212 – Materiali ed attrezzature per la saldatura alluminotermica delle rotaie.

**TESMEC RAIL – C/Da Bajone z.i. snc – Via Fogazzaro, 51 – 70053 MONOPOLI (BA)** – Tel. 080/9374002 – Fax 080/4176639 – E-mail: info@tesmec.com – www.tesmec.com – Progettazione, costruzione e commercializzazione di mezzi d'opera ferroviari per l'elettrificazione e la manutenzione della catenaria: autoscale multifunzione ad assi e carrelli, scale motorizzate e unità di stendimento. Veicoli e sistemi per la diagnostica dell'armamento e della catenaria; sistemi diagnostici per il rilievo di difetti nelle gallerie ferroviarie e per la valutazione degli apparecchi di binario.

**T&T S.r.l. – Via Vicinale S. Maria del Pianto – Complesso Polifunzionale Inail – Torre 1 – 80143 NAPOLI** – Tel./Fax 081/19804850/3 – E-mail: info@ttsolutions.it – www.ttsolutions.it – T&T (Technology & Transportation) opera da anni in ambito ferroviario offrendo servizi di consulenza ingegneristica – Specializzata per attività di System & Test Engineering – Progettazione e Sviluppo di Sistemi Embedded Real-Time per applicazioni Safety-Critical, Analisi RAMS, Verifica & Validazione, Preparazione Safety Assessment, Supporto alla Progettazione e alla Configurazione di Impianti di Segnalamento Ferroviario, Commissioning & Maintenance.

**VAIA CAR S.p.A. – Via Isorella, 24 – 25012 CALVISANO (BS)** – Tel. 030/9686261 – Fax 030/9686700 – E-mail: vaiacar@vaiacar.it – Saldatrici mobili strada-rotaia per la saldatura elettrica a scintillio delle rotaie – Gru mobili/ Escavatori strada-rotaia completi di accessori intercambiabili – Macchine operatrici mobili strada-rotaia con equipaggiamenti specifici – Macchine operatrici mobili ferroviarie e/o strada-rotaia per la manutenzione delle linee ferroviarie e delle linee elettriche aeree – Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi ferroviari, campate, traverse e rotaie – Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi e campate tranviari e/o metropolitani – Treni completi di sistemi per la costruzione delle linee ferroviarie ad alta velocità – Treni di sostituzione delle rotaie con sistemi per il carico e lo scarico delle rotaie – Unità di rinalzata del binario e di compattamento della massicciata.

**VOESTALPINE RAILWAY SYSTEMS GMBH – Sales Office Italia – Via Alessandria, 91 – 00198 ROMA** – Tel. 06/84241106 – Fax 06/96037869 – E-mail: Railwaysystems-Italia@voestalpine.com – www.voestalpine.com/railway-systems – Scambi ferroviari A.V., apparecchi di binario convenzionali e tranviari, cuscinetti autolubrificanti, piastre per controrotaia, casse di manovra ferroviarie e tranviarie – Sistemi diagnostici e monitoraggio per scambi e materiale rotabile – Rotaie Vignole, a gola, consulenza saldature, analisi LCC e service (rilievi usura e difettosità, fresatura profili in loco).

## E Impianti di aspirazione e di depurazione aria

## F Prodotti chimici ed affini

## G Articoli di gomma, plastica e vari

**FLUORTEN S.r.l. – Via Cercone, 34 – 24060 CASTELLI CALEPIO (BG)** – Tel. 035/4425115 – Fax 035/848496 – E-mail: fluorten@fluorten.com – www.fluorten.com – Semilavorati e prodotti finiti in PTFE e RULON® per industria meccanica, chimica, elettrica ed elettronica – Progettazione, costruzione stampi e stampaggio tecnopolimeri – Esclusivista Du Pont per l'Italia di semilavorati e finiti in Du Pont™ VESPEL®. Produzione di piastre in PTFE Certificate dal Politecnico di Milano a norma EN 1337-2. Certificazione sistema di gestione qualità per il settore aerospaziale EN 9100:2009 Certificate n. 5695/0. Certificazione sistema di gestione qualità ISO 9001:2008 Certificate n. 21. Certificazione sistema di gestione ambientale ISO 14001:2004 Certificate n. 27.

**KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG – Goellstrasse, 8 – D-84529 TITTMONING (Germania)** – Tel. +49(8683)701-151 – Fax +49(8683)701-45151 – www.strail.com – STRAIL sistemi di attraversamenti a raso & STRAILastic sistemi di isolamento per rotaie – Goellstrasse, 8 – D 84529 TITTMONING – Tel. +39/392/9503894 – Fax +39/02/87151370 – E-mail: tommaso.sa vi@strail.it – www.strail.it – Sistemi modulari in gomma vulcanizzata per attraversamenti a raso STRAIL, innoSTRAIL, pedeSTRAIL, pontiSTRAIL – Moduli esterni per i carichi più pesanti – veloSTRAIL – Moduli interni che eliminano la gola – Per tutti i tipi di traffico, strade e armamento (anche per ponti, scambi, gallerie, curve, impianti industriali) – Dispositivi elastici per la riduzione del rumore, delle vibrazioni oltre che per l'isolamento elettrico del binario – STRAILastic\_P, STRAILastic\_S, STRAILastic\_R, STRAILastic\_K, STRAILastic\_DUO, STRAILastic\_USM ed infine STRAILastic\_A costituiscono la gamma completa di questa nuova linea.

**PANTECNICA S.p.A. – Via Magenta, 77/14A – 20017 RHO (MI)** – Tel. 02/93261020 – Fax 02/93261090 – E-mail: info@pantecnica.it – www.pantecnica.it – Sistemi antivibranti per materiale rotabile e per armamento ferrotranviario – Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi – Certificata ISO 9001:2015 e EN 9120:2018 – Fornitore Trenitalia.

**PLASTIROMA S.R.L. – VIA PALOMBARESE, km 19,100 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (ROMA)** – Tel. 0774/367431-32 – Fax 0774/367433 – E-mail: info@plastiroma.it – www.plastiroma.it – Morsetterie, contropiastre,

cassette per C.D.B., materiale isolante per C.D.B., segnali bassi di manovra, segnali alti di chiamata, shunt, componenti in materiale plastico per relè FS, progettazione di articoli tecnici.

## H Rilievi e progettazione opere pubbliche

**ABATE dott. ing. Giovanni – Via Piedicavallo, 14 – 10145 TORINO** – Tel./Fax 011/755161 – Cell. 335/6270915 – E-mail: abateing@libero.it – Armamento ferroviario – Progettazione e direzione lavori di linee ferroviarie, metropolitane e tranviarie – Armamento ferroviario e linee per trazione elettrica – Redazione di progetti costruttivi preliminari e definitivi comprensivo dei piani di sicurezza e di coordinamento sia in fase di progettazione che in fase di esecuzione per raccordi industriali – Rilievi e tracciamenti finalizzati alla progettazione di linee ed impianti ferroviari.

**ARMAMENTO FERROVIARIO – Ing. Marino CINQUEPALMI** – Tel. 347/6766033 – E-mail: info@armamentoferroviario.com – www.armamentoferroviario.com – Rilievo dello stato dei luoghi con restituzione cartografica in coordinate rettilinee assolute e relative – Progettazione preliminare, definitiva, esecutiva, costruttiva dell'armamento in coordinate rettilinee assolute e relative – Redazione, valutazione computi metrici estimativi armamento – Redazione, valutazione fabbisogno materiali armamento – Redazione piani di manutenzione armamento – Redazione piani della qualità per lavori d'armamento – Correzione delle curve su base relativa con il metodo Hallade – Analisi di adeguamento delle infrastrutture ferroviarie alle STI "Infrastruttura" – Analisi di velocizzazione delle linee ferroviarie – Studi di fattibilità per nuove linee ferroviarie e stazioni – Project Management nei progetti di infrastrutture ferroviarie.

**ISiFer S.r.l. – Sede legale: Via Mazzini, 15 – 80053 CASTELLAMMARE DI STABIA (NA) – Sede operativa: Via Gorizia, 1 – CICCIANO (NA)** – Tel. 081/5741055 – Fax 081/5746835 – E-mail: segreteria@isifer.com – info@isifer.com – www.isifer.com – Azienda di ingegneria specializzata nel settore ferroviario con particolare riferimento alle attività di Concezione, Progettazione, Realizzazione, Verifica, Validazione, Collaudo, Messa in Servizio, Diagnostica e Manutenzione.

**PRISMA ENGINEERING S.r.l. – Via Villa Lidia, 45 – 16014 CERANESI (GE)** – Tel./Fax 010/7172078 – E-mail: nadia.barbagelata@prismaengineering.net – www.prismaengineering.net – Impianti di segnalamento ferroviario – Realizzazione Progetti di Fattibilità, Definitivi, Esecutivi e Costruttivi di impianti IS (ACEI-ACC-ACCM-SCMT-ERT-MS\_L2) – Realizzazioni di Verifiche e Validazioni dei progetti comprese prove di campo.

## **I** Trattamenti e depurazione delle acque

## **L** Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro

**SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. (SEIT) – Sede Centrale: Via Santa Croce, 1 – 20122 MILANO** – Tel. +39/02/89426332 – Fax +39/02/83242507 – E-mail: franco.pedrinazzi@schweizer-electronic.com – www.schweizer-electronic.com – **Sede legale: Via Gustavo Modena, 24 – 20129 Milano** – Sistemi di Sicurezza Protezione Cantieri (SAPC) e può fornire servizio chiavi in mano, di protezione cantieri con SAPC “Sistema Minimel 95”, comprensivo di: Progettazione, installazione, formazione del personale, disinstallazione, manutenzione ed a richiesta gestione del SAPC in cantiere con proprio personale – Sistemi di segnalamento fisso, Minimel, ISP, che integrano le parti mobili di SAPC Minimel 95 nel segnalamento esistente – Sistemi di comunicazione nell’ambito della sicurezza ad alto contenuto tecnologico.

## **M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari

## **N** Vetrofanie, targhette e decalcomanie

## **O** Formazione

**TRAINING S.r.l. – Via Sommacampagna, 63H – 37137 VERONA** – Tel. 045/511 82 58 – E-mail: info@trainingsrl.it – www.trainingsrl.it – Facebook, LinkedIn e Instagram: trainingsrl – TRAINING assicura formazione per le attività di sicurezza e consulenza per il settore ferroviario. Il proprio Centro di Formazione, riconosciuto dalle National Safety Authorities in Italia (2012) e in Austria (2021), assicura la formazione mirata al conseguimento e al mantenimento

delle abilitazioni per la Condotta, l’Accompagnamento e la Preparazione dei Treni, formazione per specialisti, (professionale e/o manager) sull’organizzazione, sulla tecnica ferroviaria e sulla normativa di settore. TRAINING svolge altresì servizi di consulenza per lo sviluppo e l’aggiornamento dei Sistemi di Gestione della Sicurezza (SGS) ed assicura la fornitura ed il costante aggiornamento dei manuali di mestiere per le attività di sicurezza. Maggiori informazioni si possono ottenere consultando il sito o richiedendole espressamente a TRAINING a mezzo mail o call center.

## **P** Enti di certificazione

**ITALCERTIFER S.p.A. – Piazza della Stazione, 45 – 50123 FIRENZE** – Tel. 055/2988811 – Fax 055/264279 – www.italcertifer.it – Organismo notificato n. 1960 (Direttiva 2008/57/CE) – Verificatore indipendente di sicurezza (linee guida ANSF) – Organismo di ispezione di tipo A (norma EN 17020) per sottosistemi ferroviari e per la validazione di progetti civili – Laboratori accreditati per prove di componenti e sottosistemi ferroviari.

## **Q** Società di progettazione e consulting

**INTERLANGUAGE S.r.l. – Strada Scaglia Est 134 – 41126 MODENA** – Tel. 059/344720 – Fax 059/344300 – E-mail: info@interlanguage.it – www.interlanguage.it – Traduzioni tecniche, giuridiche, finanziarie e pubblicitarie – Impaginazione grafica, localizzazione software e siti web. Qualificati nel settore ferroviario.

## **R** Trasporto materiale ferroviario

**FERRENTINO S.r.l. – Via Trieste, 25 – 17047 VADO LIGURE (SV)** – Tel. 019/2160203 – Cell. +39/3402736228 – Fax 019/2042708 – E-mail: alessandroferrentino@gmail.com – www.ferrentinoconsulting.com – Consulenza e organizzazione trasporti, imbarchi, sbarchi per materiale ferroviario – Assistenza e consulenza per imballo, protezione e movimentazione pezzi eccezionali.

Prof. Ing. Stefano Ricci, *direttore responsabile*  
Registrazione del Trib. di Roma 16 marzo 1951, n. 2035 del Reg. della Stampa

Stab. Tipolit. Ugo Quintily S.p.A. - Roma  
Finito di stampare nel mese di Maggio 2024

ALTA PRESTAZIONE | PRECISIONE | AFFIDABILITÀ

**Plasser Italiana**



## **UNIMAT 09-4X8/4S DYNAMIC: Un'unica macchina, molteplici soluzioni.**

La versatilità della rinalzatrice da linea e scambi più completa, unita all'essenzialità della stabilizzatrice dinamica integrata. Per una lavorazione veloce, perfetta e sicura, con il supporto di tutta la tecnologia P&T.



**MACHINE**

[plassertheurer.com](http://plassertheurer.com)    

"Plasser & Theurer", "Plasser" e "P&T" sono marchi registrati a livello internazionale.



IL CIFI PRESENTA UNA NUOVA PUBBLICAZIONE

**UNA STAGIONE STRAORDINARIA**

*Atti del Convegno del 20 aprile 2021*



Costo della pubblicazione:

**INTERO € 25,00**

**SOCI CIFI € 20,00**



**PER INFO E PRENOTAZIONI**

*info@cifi.it*

064742986

