



## GILARDONI FOR RAILWAYS

PASSENGERS SAFETY IS OUR NUMBER ONE CONCERN

### FOR RAILS AND AXLES

MULTICHANNEL UT FLAW DETECTOR FOR FILLED AXLE INSPECTION



RDG 5000-UT Rotating probe

ULTRASONIC SYSTEM FOR HOLLOW AXLE INSPECTION



BAT

RAIL INSPECTION TROLLEY

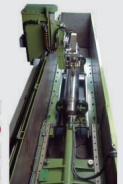


SINGLE-CHANNEL PORTABLE ULTRASONIC DEFECT DETECTOR



FEBUS

AUTOMATIC SYSTEM FOR SOLID AXLES INSPECTION IN PRODUCTION



## ULTRASONIC TESTING: ADVANCED SOLUTIONS

### FOR WHEELS INSPECTION

IN PRODUCTION

AUTOMATIC SYSTEM FOR INSPECTION OF WHEELS DEFECTS

MWT



IN SERVICE

MOBILE SYSTEM FOR INSPECTION OF WHEELS DEFECTS (IN SERVICE)



CART-3

RESIDUAL STRESS MEASUREMENT UNIT



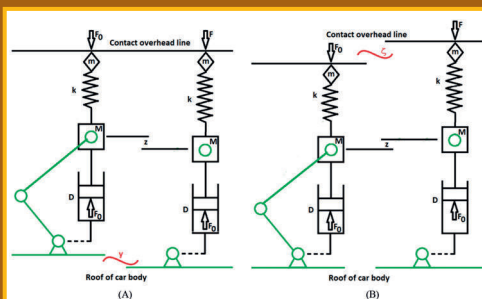
RDG 4000 TRC



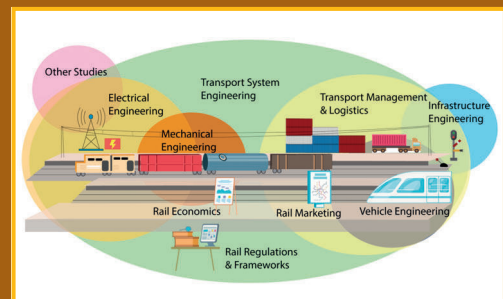
IMAGING THE FUTURE SINCE 1947

**GILARDONI S.p.A.** a Socio Unico  
Via Arturo Gilardoni, 1  
23826 Mandello del Lario (LC) Italy  
+39 0341 705.111  
cnd@gilardoni.it gx@gilardoni.it  
www.gilardoni.it

In questo numero  
In this issue



Interazione pantografo-catenaria rigida  
Pantograph-rigid overhead interaction



Alta formazione in campo ferroviario  
in Europa  
Rail Higher Education in Europe

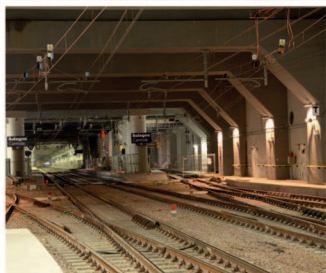


# Costruzioni Linee Ferroviarie



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.



**Strukton**  
Rail



ISO 9001=ISO 14001  
OHSAS 18001

## I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

A.M.T. – GENOVA  
 A.T.M. S.p.A. – MILANO  
 ABB S.p.A. – GENOVA  
 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)  
 ALSTOM TRANSPORTATION S.p.A. – ROMA  
 ANCEFERR – ROMA  
 ANIAF – ASSOCIAZIONE NAZIONALE IMPRESE ARMAMENTO FERROVIARIO – ROMA  
 ANSFISA – FIRENZE  
 ANTFER – ASS.NE NAZIONALE TECNOLOGIE DEL SETTORE FERROVIARIO – ROMA  
 ARMAFER S.r.l. – LECCE  
 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)  
 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  
 CEIE CLAMPS S.r.l. – CHIETI  
 CEMBRE S.p.A. – BRESCIA  
 CEPAV DUE – MILANO  
 CEPRI COSTRUZIONI S.r.l. – ORVIETO (TR)  
 CIRCET ITALIA S.p.A. – SAN GIOVANNI TEATINO (CH)  
 Co.Me.F. S.r.l. – ROMA  
 COET S.p.A. – 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)  
 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'ADIUTORIO APPALTI E COSTRUZIONI S.r.l. UNIPERSONALE – MONTORIO AL VOMANO (TE)  
 DINAZZANO PO – REGGIO NELL'EMILIA  
 DITECFER S.p.A. DI EUGENIO DI GENNARO & CO – SENAGO (MI)  
 DUCATI ENERGIA S.p.A. – BOLOGNA  
 DYNASTES S.r.l. – ROMA  
 E.M.S. SPARE PARTS S.r.l. – BARI  
 EAV ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. – NAPOLI  
 EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. – NAPOLI  
 ESERCIZIO RACCORDI FERROVIARI – VENEZIA  
 ETS SRL SOCIETÀ DI INGEGNERIA – LATINA  
 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  
 FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. – BARI  
 FERROVIE DELLA CALABRIA S.r.l. – CATANZARO  
 FERROVIE DEL GARGANO S.r.l. – BARI  
 FERROVIE DELLO STATO S.p.A. – ROMA  
 FERROVIE DEL SUD EST – BARI  
 FERROVIE NORD MILANO S.p.A. – MILANO  
 FIDA S.r.l. – ROMA  
 FONDAZIONE FS ITALIANE – ROMA  
 FOR.FER S.r.l. – ROMA  
 FRANCESCO COMUNE COSTRUZIONI S.r.l. – GIUGLIANO IN CAMPANIA (NA)  
 G.C.F. 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)  
 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  
 IMATEQ ITALIA S.r.l. – RIVALTA SCRIVIA (AL)  
 IMPRESA SILVIO PIEROBON S.r.l. – BELLUNO  
 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)  
 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)  
 M. PAVANI SEGNALEMENTO 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  
 MICROELETTICA SCIENTIFICA – BUCCINASCO (MI)  
 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  
 NIER INGEGNERIA S.p.A. – CASTEL MAGGIORE (BO)  
 NORD ING S.r.l. – SARONNO (VA)  
 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. DI ROCCHI ROBERTO & C. – CHIUSI (PI)  
 S.T.A. S.p.A. – STRUTTURE TRASPORTO ALTO ADIGE – BOLZANO  
 SADEL S.p.A. – CASTEL MAGGIORE (BO)  
 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. – MILANO  
 SENAF S.r.l. – 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)  
 SPII S.p.A. – SARONNO (MI)  
 SPIITEK S.r.l. – PRATO  
 SVECO S.p.A. – BORGOMANERO (VA)  
 T&T S.r.l. – NAPOLI  
 T.M.C. S.r.l. – TRANSPORTATION MANAGEMENT CONSULTANT – POMPEI (NA)  
 TE.SI.FER. S.r.l. – FIRENZE  
 TECNOFER S.p.A. – (MN)  
 TECNOLOGIE MECCANICHE S.r.l. – ARICCIA (RM)  
 TECNOTEAM ITALIA S.r.l.s. – MERCATALE DI OZZANO DELL'EMILIA (BO)  
 TEKFER S.r.l. – BEINASCO (TO)  
 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)  
 TRAINING S.r.l. – VERONA  
 TRASPORTO PASSEGGERI EMILIA ROMAGNA – TPER – BOLOGNA  
 TRENITALIA S.p.A. – ROMA  
 TRENITALIA TPER – BOLOGNA  
 TRENORD S.r.l. – MILANO  
 TRENINO TRASPORTI S.p.A. – TRENTO  
 TUA – SOCIETÀ UNICA ABRUZZESE DI TRASPORTO S.p.A. – CHIETI  
 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  
 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

GILARDONI S.p.A. – Mandello del Lario (LC)	I copertina
CLF – Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. – Bologna	II copertina
PLASSER Italiana S.r.l. – Velletri (RM)	pagina 360
PLASTIROMA S.r.l. – Guidonia Montecelio (RM)	pagina 377
KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. – Tittmoning (Germania)	pagina 379
BONOMI EUGENIO S.p.A. – Montichiari (BS)	IV copertina

### CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE AL CIFI QUOTE SOCIALI ANNO 2023

- Soci <b>Ordinari e Aggregati</b> (con entrambe le riviste periodiche da scegliere tra cartaceo e online)	€/anno	85,00
- Soci <b>Ordinari e Aggregati under 35</b> (con entrambe le riviste periodiche da scegliere tra cartaceo e online)	€/anno	60,00
- Soci <b>Junior</b> (che hanno già maturato <b>3 anni di iscrizione e under 28</b> , con entrambe le riviste periodiche solo online)	€/anno	25,00
- <b>Nuovi Associati</b> (under 35, per i primi 3 anni “considerati in modo retroattivo”, con entrambe le riviste periodiche solo online)	€/anno	00,00
- Soci <b>Collettivi</b> (con entrambe le riviste periodiche: <b>IF</b> una copia online più una copia cartacea – <b>TP</b> una copia cartacea)	€/anno	600,00

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 “ASSOCIARSI” e l’iscrizione decorre dopo il versamento della quota tramite:

- c.c.p. 31569007 intestato al CIFI – Via Giolitti, 46 – 00185 Roma;
- bonifico bancario sul c/c n. 000101180047 – Unicredit Roma, Ag. Roma Orlando – Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 – 00185 Roma - IBAN IT29 U 02008 05203 000101180047 - BIC: UNCRITM 1704;
- pagamento online, collegandosi al sito [www.cifi.it](http://www.cifi.it);
- in contanti o tramite Carta Bancomat.

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.

**Le associazioni, se non disdette, vengono rinnovate d’ufficio; le disdette debbono pervenire entro il 30 settembre di ciascun anno.**

**Le associazioni devono essere rinnovate entro il 31 dicembre.**

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 - notiziari.if@cifi.it - direttore.if@cifi.it  
Indirizzo skype: REDAZIONE I.F. C.I.F.I.

**Servizio Pubblicità - Advertising Service**

Roma: 06.47307819 - redazioneip@cifi.it  
Milano: 02.63712002 - 339.1220777 - 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  
Simon David IWNIKI  
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  
Federica THOLOSANO DI VALGRISANCHE



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 - u.r.l.: 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 LXXVIII | **Aprile 2023** | 4**Condizioni di Associazione al CIFI****290**

**INTERAZIONE PANTOGRAFO-CATENARIA RIGIDA:  
UN METODO DI ANALISI SEMPLIFICATO  
PANTOGRAPH-RIGID OVERHEAD INTERACTION:  
A SIMPLIFIED METHOD OF ANALYSIS**

Massimiliano BRUNER

**293**

**ALTA FORMAZIONE IN CAMPO FERROVIARIO IN EUROPA:  
ANALISI DELLA SITUAZIONE ATTUALE IN VISTA  
DEI FUTURI SVILUPPI  
RAIL HIGHER EDUCATION IN EUROPE: CURRENT SITUATION  
ANALYSIS FOR FUTURE DEVELOPMENTS**

Borna ABRAMOVIĆ  
Arbra BARDHI  
Carlos CASANUEVA PEREZ  
Anna DOLINAYOVÁ  
Igor DOMENY  
Reem HADEED  
Martin LEHNERT  
Marin MARINOV  
Francesco MARTINI  
Anne-Katrin OSDOBA  
Stefano RICCI  
Denis ŠIPUŠ

**331****Notizie dall'interno****347****Notizie dall'estero***News from foreign countries***361**

**Condizioni di Abbonamento a IF - Ingegneria Ferroviaria  
Terms of subscription to IF - Ingegneria Ferroviaria**

**374****IF Biblio****375****Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI****380****Fornitori di prodotti e servizi****382**

La riproduzione totale o parziale di articoli o disegni è permessa citando la fonte.  
*The total or partial reproduction of articles or figures is allowed providing the source citation.*

## 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)**



## Interazione pantografo-catenaria rigida: un metodo di analisi semplificato

### *Pantograph-rigid overhead interaction: a simplified method of analysis*

Massimiliano BRUNER (\*)

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.04.2023.ART.1.>)

**Sommario** - Lo studio definisce un metodo semplificato di analisi cinematica e dinamica dell'interazione tra un pantografo e una linea aerea rigida di contatto. La difficoltà nel reperire informazioni tecniche specifiche ha costretto a porre come riferimento bibliografico la norma EN sull'interazione tra pantografo e catenaria elastica convenzionale: ne consegue la verifica dell'applicabilità di un unico modello di massa ridotta in vibrazione verticale anziché di meccanismi a più gradi di libertà. Questo lavoro sviluppa casi di studio che considerano la variazione delle caratteristiche strutturali ed elastiche del pantografo e della linea di contatto rigida per un generico veicolo che si muove a velocità costante su una linea retta e orizzontale. La variazione della massa dell'aletta, la vibrazione verticale della cassa del veicolo e le irregolarità di posa della linea aerea di contatto completano le condizioni di comportamento del problema. La letteratura del settore sembra confermare un crescente interesse per lo studio di applicazioni di controllo "attivo" del comportamento del meccanismo, basate su valutazioni complesse effettuate mediante un uso esteso di sistemi di tecnologia intelligente (software di feedback, controller proporzionale integrativo-derivativo): amplificazione dinamica (risonanza) è gestita da dispositivi in grado di sviluppare parametri di smorzamento variabili e adatti a condizioni operative temporanee. Questo studio trascura l'analisi delle caratteristiche di smorzamento del pantografo durante l'interazione con la linea di contatto poiché la discussione non è volta a determinare o ottimizzare elettronicamente o software gli effetti di risonanza dell'interazione pantografo-catenaria rigida. Sebbene le conclusioni possano sembrare specialistiche per le operazioni ferroviarie metropolitane, attualmente identificate come i maggiori utilizzatori del sistema di raccolta dell'energia a catenaria rigida, il rapporto propone un'estensione dei risultati sui sistemi ferroviari con velocità vicine a quelle ad alta velocità.

### 1. Introduzione

L'utilizzo della catenaria rigida nasce in Europa e in Giappone con sperimentazioni presso diverse aziende di trasporto ferroviario urbano, finalizzate alla sostituzione

**Summary** - The study defines a simplified method of kinematic and dynamic analysis of the interaction between a pantograph and a rigid overhead contact line. The difficulty in finding specific technical information forced to place the EN standard on the interaction between pantograph and conventional elastic catenary as a bibliographic reference: it follows the verification of applicability of a single reduced mass model in vertical vibration instead of multi-degrees of freedom mechanisms. This work develops case studies that consider the variation of the structural and elastic characteristics of the pantograph and of the rigid contact line for a generic vehicle moving at a constant speed on a straight and horizontal line. The variation in the mass of the contact strip, the vertical vibration of the vehicle body and the laying irregularities of the overhead contact line complete the behaviour conditions of the problem. Literature of the sector seems confirming there is an increasing interest in studying "active" control application of the mechanism behaviour, based on complex evaluations performed by an extended use of intelligent technology systems (feedback software, proportional integrative-derivative controller): dynamic amplification (resonance) is managed by devices able to develop variable damping parameters and suitable for temporary operating conditions. This study neglects the analysis of the damping characteristics of the pantograph during the interaction with the contact line since the discussion is not aimed at determining or electronics or software optimization the resonance effects of pantograph-rigid catenary interaction. Although the conclusions may appear to be specialized for metropolitan railway operations, currently identified as the major users of the rigid catenary energy collection system, the report proposes an extension of the results on railway systems with speeds close to the high-speed ones.

### 1. Introduction

The use of the rigid catenary originates in Europe and Japan with experiments at various urban rail transport companies, experiments aimed at the partial or total replacement of the conventional flexible contact electrical power line, having an architecture composed of wire and /

(\*) Reco S.r.l. (Gruppo Salcef S.p.A) - Ricerca e Sviluppo.

(\*) Reco S.r.l. (Salcef Group S.p.A) - Research and Development.

parziale o totale della tradizionale linea elettrica di contatto flessibile, avente un'architettura composta da fili e/o cavi punti di vincolo e relativi dispositivi di sospensione e di tesatura.

L'interesse per la linea di contatto rigida [1] si sviluppa da un insieme di caratteristiche peculiari di cui ricordiamo, di seguito, le più importanti:

- a) limitato ingombro verticale;
- b) possibilità di maggiori sezioni conduttive realizzabili con un unico elemento;
- c) eliminazione della tesatura e relativi dispositivi;
- d) possibilità di utilizzare i veicoli utilizzati in superficie con linee di contatto tradizionali anche in galleria, senza la necessità di installare a bordo treno due diversi dispositivi di presa di corrente.

Queste caratteristiche, e l'ultima di esse, hanno determinato, per primi, gli esperimenti condotti sui tram di Bochum in Germania nel 1993 (Fig. 1), in Giappone [2][3], e dalla Teito Rapid Transit Authority di Tokyo [4][5][6] del 1998 (Fig. 2).

In Italia, un primo tratto della Linea A della Metropolitana di Roma è stato dotato, in via sperimentale, di una linea aerea rigida di contatto. Da novembre 2014 la catenaria rigida è completamente installata sulla Linea C, che viene esercita in assenza del macchinista e in modalità operativa e funzionale completamente comandata e telecontrollata dalla sede del Dirigente Centrale Operativo (DCO) (Fig. 3).

A Milano il sistema di alimentazione della terza rotaia (alimentazione a contatto su trave rigida) è stato abbandonato per la linea 2 della metropolitana nel 1960-70 e sostituito con la tradizionale linea aerea. Si noti che quest'ultimo provvedimento rappresenta attualmente la possibile soluzione al problema della scelta della linea di contatto, che in Italia è condizionata da vincoli normativi che di fatto escludono l'opportunità di un'alimentazione elettrica della terza trazione ferroviaria. Infatti, la stringente gestione dell'esercizio deriva dall'impossibilità di autorizzare la circolazione in linea del personale a piedi con la terza rotaia tenuta in alimentazione elettrica. Si può quindi interpretare come in Italia, nel settore delle metropolitane, un sistema con linea di contatto "rigida" rivesta un interesse pari o maggiore di quello che ha determinato le sperimentazioni tedesche e giapponesi.

È storia comune, agli esperimenti precedentemente citati, l'aver riscontrato notevoli difficoltà nell'assicurare la stabilità del contatto tra il pantografo e la catenaria rigida, a causa dei modi compositi di vibrazione del veicolo. Questi ultimi, sono determinati dalla variabilità dei modi di contatto ruota-rotaia [7][8][9][10][11] e dalla variabilità dei parametri strutturali dell'armamento ferroviario [12]: di fatto, sulla stessa linea e in galleria si possono ritrovare contemporaneamente posa su massicciata, su conglomerato cementizio, su basamenti metallici, su piastre in c.a.p.. È stato infatti evidenziato come i pantografi

or cables contact points and related suspension and stringing devices.

The interest in the rigid contact line [1] arises from a set of peculiar characteristics of which we recall, below, the most important ones:

- a) limited vertical dimensions;
- b) possibility of larger conductive sections achievable with a single element;
- c) elimination of the stringing and related devices;
- d) possibility of using vehicles used on the surface with traditional contact lines also in tunnels, without the need to install two different power socket devices on board the train.

These characteristics, and the last of them, first determined the experiments conducted by the Bochum tramways in Germany in 1993 (Fig. 1), in Japan [2][3], and from the Teito Rapid Transit Authority of Tokyo [4][5][6] of 1998 (Fig. 2).

In Italy, an initial section of Line A of the Rome Metro was equipped, on an experimental basis, with a rigid overhead contact line. Since November 2014, the rigid catenary has been fully installed on C Line, it operates in the absence of the driver and in operational and functional mode fully commanded and remotely controlled from the Operative Central Management (OCM) (Fig. 3).

In Milan, the third-rail power supply system was abandoned for line 2 of the underground in 1960-70 and replaced with the traditional overhead line. Note that this last measure currently represents the possible solution to the problem of choosing the contact line, which in Italy is conditioned by regulatory constraints that effectively exclude

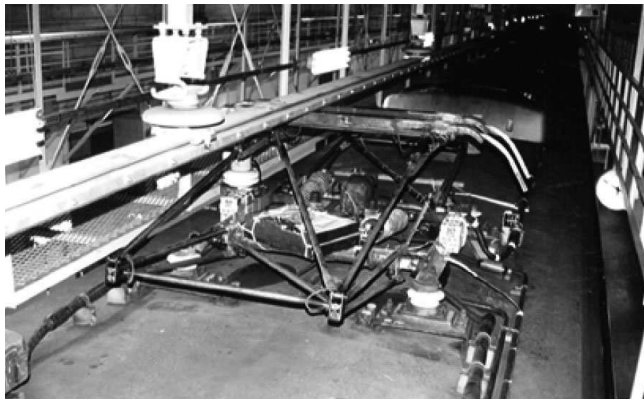


(Fonte – Source: Archivio cortesia Prof. Ing. G.R. CORAZZA - Courtesy archive Prof. Ing. G.R. CORAZZA)

Figura 1 – Il sistema tedesco (Linea U35) con trazione basata su alimentazione a catenaria rigida aerea.

Figure 1 – The German system (U35 Line) with traction based on rigid overhead power supply.





(Fonte – Source: Archivio cortesia Prof. Ing. G.R. CORAZZA, *Japan Railway & Transport Review* N. 16, Giugno 1998 - Courtesy archive Prof. Ing. G.R. CORAZZA, *Japan Railway & Transport Review* No. 16, June 1998)

Figura 2 – Il sistema sperimentale giapponese con trazione basata su trazione a catenaria rigido; un esempio di struttura portante a supporti rigidi.

Figure 2 – The Japanese experimental system with traction based on electric power supply on rigid overhead; an example of a load-bearing structure for rigid overhead.

normalmente utilizzati per le linee aeree siano adattabili al funzionamento con linee aeree rigide se non verificati da un'adeguata sperimentazione [13][14][15][16].

Questa memoria espone una metodologia semplificata di indagine cinematica e dinamica sull'interazione tra pantografo e linea rigida di contatto, di cui vengono individuati alcuni dei parametri funzionali che possono costituire rilevanza tecnica durante il moto in rettilineo di un generico veicolo. Sono pertanto esclusi dalla trattazione particolari problemi di interazione tra pantografo e catenaria, che meriterebbero una trattazione dedicata: a titolo esemplificativo si annotano gli effetti indotti dalla variabilità trasversale del contatto durante il transito del veicolo in curva, dagli spostamenti trasversali limite dovuti all'eccessiva souplesse, quelli dovuti al transito più o meno repentino del veicolo tra i due strutture di elettrificazione (a catenaria tradizionale flessibile e catenaria rigida), condizione rilevabile all'ingresso e all'uscita di una galleria.

## 2. Elementi di captazione dell'energia elettrica per la trazione ferroviaria

Negli ultimi anni si è evidenziata una crescente diffusione dell'architettura rigida della catenaria, come elemento strutturale per l'alimentazione della trazione ferroviaria: la letteratura tecnica è però scarsa e di difficile accesso. È possibile identificare gli elementi che compongono la catenaria rigida con una trave costituita da un binario in acciaio (Fig. 4 (A)) o da un estruso in lega metallica a forma di T (Fig. 4 (B)) che mantiene, con un vincolo, il filo di contatto nella sua parte inferiore. La trave viene poi vincolata, mediante opportuni supporti, a strutture por-

the opportunity of an electrical power supply of the third rail traction. In fact, severe management of the operation derives from the impossibility of authorizing the online movement of personnel on foot with the third rail kept under tension. It can therefore be understood that in Italy, in the subway sector, a system with a "rigid" contact line is of much greater interest than that which determined the German and Japanese experiments.

It is a common history of the previously cited experiments to have found considerable difficulties in ensuring the stability of the contact between the socket and the line, due to the composite modes of vibration of the vehicle. The latter, determined by the variability of the wheel-rail contact modes [7][8][9][10][11] and of the railway superstructure system [12], can be induced by the changing in the structural constructive parameters of the track: on the same line and in the tunnel it is possible to find tracks on ballast, on conglomerate, on metal bases, on prestressed concrete. In fact, it has been highlighted how the pantographs normally used for overhead wire lines are suitable for operation with rigid overhead lines if not verified by adequate experiment times [13][14][15][16].

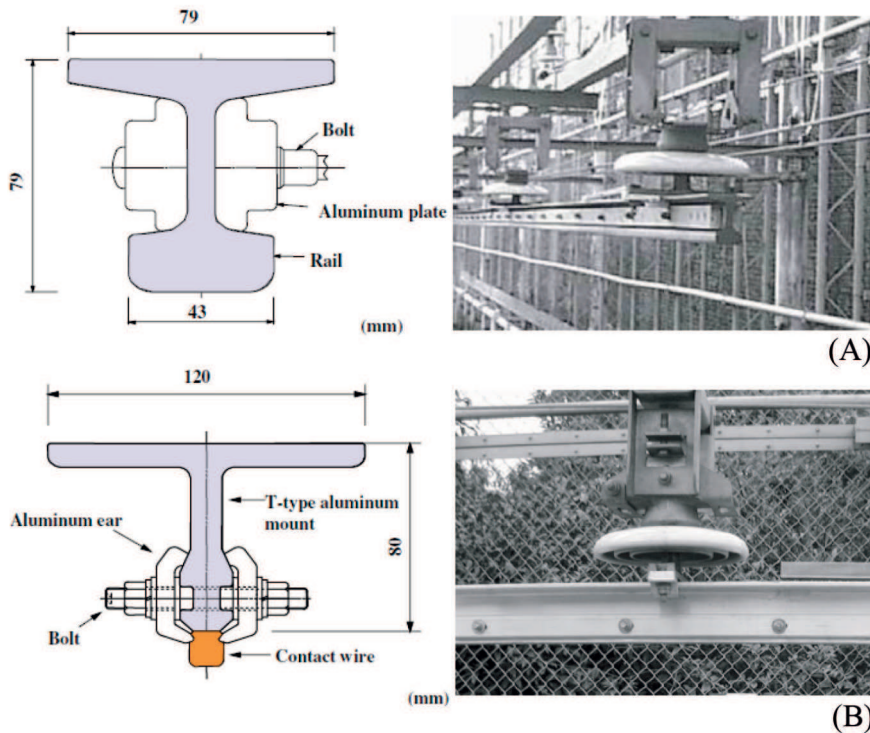
This memory exposes an exemplified methodology of kinematic and dynamic investigation on the interaction between pantograph and rigid contact line, of which some of the functional parameters that can constitute technical relevance during the straight motion of a generic vehicle are identified. Consequently, particular problems of interaction between pantograph and catenary, which deserve a dedicated discussion, are excluded from the discussion: by way of example, the effects induced by the transversal variability of the contact of the panto strip during the transit of the vehicle in curves, to the limit due to excessive souplesse, can



(Fonte – Source: M. BRUNER)

Figura 3 – Un sistema in esercizio italiano con trazione a catenaria rigida: vista laterale del treno Metro C nel Deposito/Impianto Manutenzione "Graniti".

Figure 3 – Side view of the Metro C train in the "Graniti" Depot/Maintenance Plant.



(Fonte – Source: [4])

Figura 4 – Esempio (A) dell'architettura principale della catenaria rigida costituita da una rotaia ribaltata in acciaio e (B) da un profilo estruso in lega di alluminio con filo di contatto per l'alimentazione elettrica della trazione ferroviaria collegato mediante doppia staffa a "C" lateralmente.

Figure 4 – Example (A) of the main architecture of the rigid overhead consisting of an overturned steel rail and (B) of an extruded aluminium alloy profile with contact wire for electrical power supply of the railway traction supported in position by double lateral "C" clamping.

tanti poste su palificazione oppure a trefoli installati sull'arcata alta delle gallerie.

La ricerca bibliografica porta ad evidenziare le tipologie di pantografo e le loro variazioni strutturali e funzionali che sono proposte nei vari esercizi ferroviari (Fig. 5). In condizioni ideali, il dispositivo di contatto con la linea di alimentazione dovrebbe essere costituito da un elemento scorrevole di massa trascurabile ed esercitante su di essa una forza mediamente costante. Questa condizione può essere solo considerata ideale perché:

- a) il dispositivo di contatto (archetto) ha una massa limite inferiore i cui effetti inerziali sono variabili e determinati dall'asportazione di materiale, a causa dell'eventuale contatto continuo concentrato con la linea di alimentazione e anche a causa di eventuali irregolarità verticali, similari all'usura geometrica ondulatoria (Fig. 6);
- b) sebbene siano disponibili meccanismi di movimentazione del pantografo in grado di generare una forza di contatto costante, il comportamento dinamico dovuto all'inerzia intrinseca alla struttura ne influenza ancora

be cited, or those due to the more or less sudden transit of the vehicle between the two electrification systems, a condition that can be detected at the entrance and exit of a tunnel.

## 2. Elements of electrical energy collection for railway traction

In recent years there has been a growing diffusion of the rigid architecture of the catenary, as a structural element for supplying railway traction: however, the technical literature is sparse and difficult to access. It is possible to identify the elements that make up the rigid catenary with a beam consisting of a steel rail (Fig. 4 (A)) or an extruded alloy T-shaped (Fig. 4 (B)) which forces, with a clamping constraint, the contact wire in its lower part. The beam is then constrained, by means of suitable supports, to supporting structures proposed on piling or, to strands installed on the high arch for installation in the tunnel.

The bibliographic research leads to highlighting the pantograph types and their structural and functional variations that have occurred in the railway operation (Fig. 5). In ideal conditions, the collection device should consist of a sliding element of negligible mass bound to the contact line and exerting constant force on it. This condition is far from being considered ideal because:

- a) the contact strip has a lower limit mass whose inertial effects are variable and determined by the removal of material from the contact strip itself, due to the continuous concentrated contact with the supply line and variable in extent also due to any vertical irregularities, like a wave wear (Fig. 6);
- b) although devices capable of generating a constant force to be applied to the contact strip are available, the reactions due to the inherent inertia still affect its kinematics and dynamics, applying not a constant force to the contact strip; these devices are mounted on the roof of the carbody and in any case undergo all the modes of vibration of the vehicle in the vertical direction to which those of any vertical irregularities in the laying of the contact line can be superimposed;
- c) the contact force between contact strip and contact line is influenced by the aerodynamic actions exerted on the pantograph; the intensity of these actions depends on the speed of the rolling stock, its shape and the width of the air space existing between its profile and that of the tun-

<p><b>Pantografo simmetrico tipo FS 52: elementi costruttivi</b> <i>Symmetric panto FS 52 Type: element references</i></p>	<p><b>Pantografo a quadrilatero asimmetrico tipo AV: elementi costruttivi</b> <i>Asymmetric quadrilateral structure panto AV type: element references</i></p>
<p>1 – Linea di alimentazione elettrica - <i>Line contact feed</i></p>	<p>1 – Linea di alimentazione elettrica - <i>Line contact feed</i></p>
<p>2 – Elementi di contatto (archetto) - <i>Contact patches elements</i></p>	<p>2 – Elemento (archetto) di contatto del pantografo - <i>Panto Head</i></p>
<p>3 – Supporti agli elementi di contatto - <i>Support to contact patch elements</i></p>	<p>3 – Aste di struttura superiori - <i>Upper beams</i></p>
<p>4 – Elementi di rigidità e di smorzamento - <i>Stiffness and damper</i></p>	<p>4 – Aste di orientamento - <i>Orienting beam</i></p>
<p>5 – Collegamento elettrico di alimentazione - <i>Power feeder</i></p>	<p>5 – Aste di reazione - <i>Reaction beams</i></p>
<p>6 – Aste incrociate di struttura - <i>Crossing structure beams</i></p>	<p>6 – Asta principale - <i>Principal rod</i></p>
<p>7 – Aste di struttura superiori - <i>Upper beams</i></p>	<p>7 – Giunto di rotazione - <i>Rotational joint</i></p>
<p>8 – Aste di struttura inferiori - <i>Lower beams</i></p>	<p>8 – Rigidità di equilibratura - <i>Equilibrating stiffness</i></p>
<p>9 – Cilindro di movimentazione - <i>Lift-up cylinder</i></p>	<p>9 – Rigidità di discesa - <i>Lowering stiffness</i></p>
<p>10 – Rigidità di movimentazione - <i>Lift stiffness</i></p>	<p>10 – Asta di discesa - <i>Lowering rod</i></p>
<p>11 – Tetto del veicolo - <i>Vehicle roof</i></p>	<p>11 – Alimentazione di aria - <i>Air inlet</i></p>
<p>12 – Isolatore elettrico - <i>Insulator</i></p>	<p>12 – Pistone - <i>Piston</i></p>
<p>13 – Attuatore idraulico - <i>Hydraulic device</i></p>	<p>13 – Asta bassa di guida - <i>Lowering rod guide</i></p>
<p>14 – Aste di collegamento per l'innalzamento - <i>Joining lift-up beams</i></p>	<p>14 – Aste di collegamento per l'innalzamento - <i>Joining lift-up beams</i></p>

(Fonte – Source: [21])

Figura 5 – Tipologie classiche di pantografi installati su rotabili metropolitani, regionali e AV.  
Figure 5 – Classic types of pantographs installed on metropolitan, regional and HS rolling stock.

la cinematica, avendo come risultato la applicazione di una forza non più costante contatto; tali dispositivi sono montati sul tetto del rotabile e comunque subiscono tutti i modi di vibrazione del veicolo in direzione verticale ai quali si possono sovrapporre quelli di eventuali irregolarità verticali nella posa della linea di contatto;

- c) la forza di contatto tra archetto e linea di alimentazione è influenzata dalle azioni aerodinamiche esercitate sul pantografo; l'intensità di queste azioni dipende dalla velocità del rotabile, dalla sua forma e dall'ampiezza dell'intercapedine esistente tra il suo profilo e quello della galleria: questo argomento esula dalla presente trattazione.

nel: this topic goes beyond the discussion presented in this brief.

For this reason, the considerations and the results of the analysis cannot be extended in their entirety to high-speed – high capacity (HS-HC) years, although the calculations supply indications that can be correlated to this area of railway transport. However, it should be emphasized that, about latest generation pantographs dedicated to installation on rolling stock addressed to the HS service, an extremely detailed study has been presented in [17][18][19][20].

The lower running speeds of underground vehicles and rolling stock used for the regional service authorize the ef-

Per queste considerazioni, i risultati dell'analisi proposta non possono essere estesi integralmente agli esercizi alta velocità – alta capacità (AV-AC), sebbene i calcoli forniscano indicazioni correlabili a tale settore del trasporto ferroviario. Va comunque sottolineato che, in merito ai pantografi di ultima generazione dedicati all'installazione su rotabili destinati al servizio AV, uno studio estremamente dettagliato è stato presentato in [17][18][19][20].

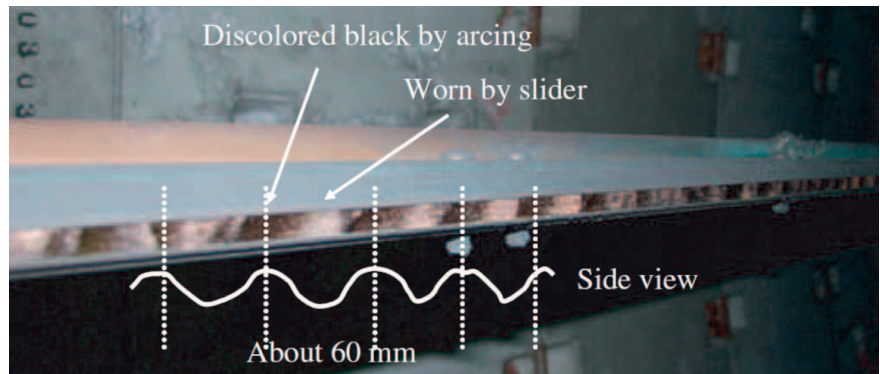
Le basse velocità di esercizio delle metropolitane e dei rotabili, utilizzati anche per il servizio regionale, autorizzano a trascurare gli effetti di tale azione. Tuttavia, le sezioni di galleria sempre più strette verso cui sono orientate le moderne costruzioni, non consentono di escludere, a priori, la possibilità di apprezzabili variazioni nella forza di contatto di origine aerodinamica. Considerare questo fenomeno all'interno dell'analisi proposta richiede l'introduzione di parametri quali la sezione della galleria, il profilo del corpo rotabile, la geometria superficiale della struttura del pantografo e calcoli basati sulle analisi di NAVIER-STOKES, che esulano dal tema tecnico delle finalità proposte in questo studio. D'altra parte, secondo fonti autorevoli [21][22], l'interazione tra pantografo e catenaria, considerando anche l'effetto aerodinamico, aumenterebbe la forza di contatto, trasformando l'archetto del pantografo in un elemento con sezione geometrica simile a quella di un profilo alare e quindi dotato di portanza (Fig. 7).

Questo fenomeno si tradurrebbe in una condizione di contatto tra pantografo e catenaria "maggiormente" stabile e continuativa, prodotta dalla somma di una spinta aerodinamica e di un sollevamento dell'attuatore, riducendo la probabilità che si verificano indesiderati e dannosi fenomeni di distacco. Trascurare il contributo aerodinamico, nello studio proposto, conduce ad esporre risultati che esprimono condizioni cinematicamente e dinamicamente più sfavorevoli di quelle reali e quindi teoricamente più precauzionali.

### 3. Interazione cinematica e dinamica pantografo-catenaria rigida

#### 3.1. Modello semplificato del pantografo

L'introduzione conoscitiva consente di stabilire le ipotesi di lavoro per lo studio dell'interazione cinematica e dinamica tra pantografo e catenaria rigida e di individuare i parametri vibrazionali di interesse, per un'analisi di primo approccio al problema dell'interazione. Come orientamento per similarità, la bibliografia di riferimento è costituita dai Regolamenti UE e dalla STI relativa alla



(Fonte – Source: [2])

Figura 6 – Presenza di irregolarità (usura ondulatoria) sulla superficie di contatto della catenaria rigida.

Figure 6 – Presence of unevenness (wear waves) on the contact surface of the rigid overhead.

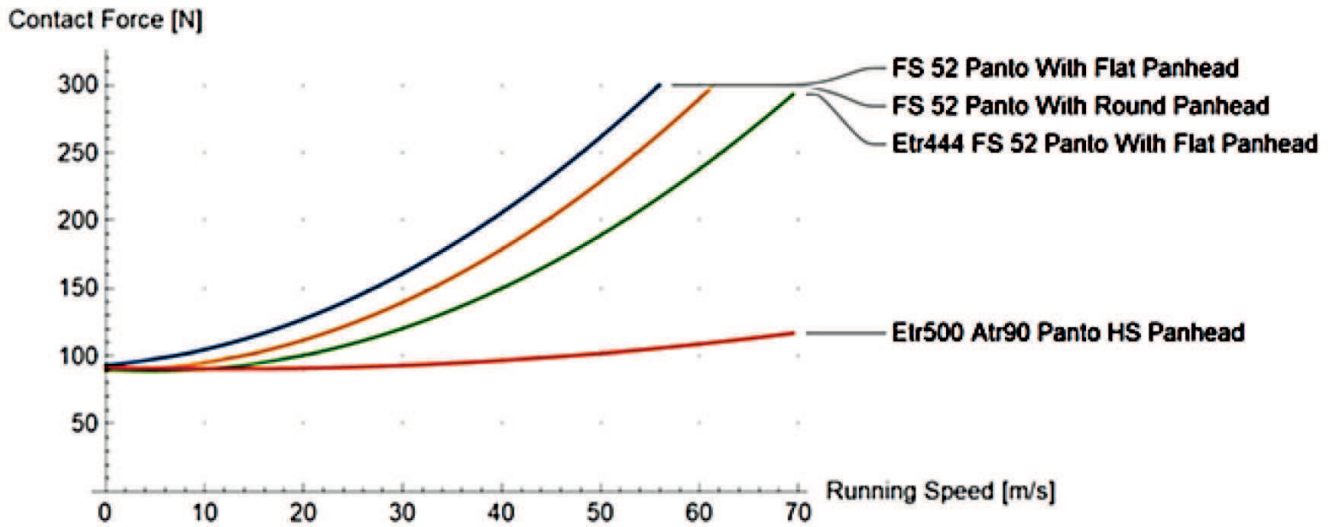
ffects of this action to be neglected. However, the increasingly narrow tunnel sections towards which modern constructions are oriented, do not allow to exclude a priori the possibility of appreciable variations of aerodynamic origin in the contact force. Considering this phenomenon within the proposed analysis requires the introduction of parameters such as the tunnel section, the profile of the rolling stock body, the surface geometry of the pantograph structure and calculation based on NAVIER-STOKES theories, which are beyond the technical theme of the purposes proposed in this study. On the other hand, according to authoritative sources [21][22], the interaction between pantograph and catenary also considering the aerodynamic effect, would increase the contact force, transforming the pantograph collection element into an object (wing profile) with lift-up force (Fig. 7).

This would result in a contact condition between pantograph and catenary "effectively" stable and continuous, produced by the sum of an actuator thrust and lift, reducing the probability of unwanted and harmful detachment phenomena occurring. Neglecting the aerodynamic contribution in the proposed study leads to the reporting of results that express kinematically and dynamically more unfavourable conditions than the real ones and therefore theoretically more precautionary.

### 3. Kinematic and dynamic pantograph-rigid overhead interaction

#### 3.1. Simplified model of the pantograph

The cognitive introduction allows to establish the working hypotheses for the study of the kinematic and dynamic interaction between pantograph and rigid catenary and to identify the vibrational parameters of interest, for first approach analysis to the interaction problem. As an orientation for similarity, the reference bibliography consists of the EU Regulations and the TSI relating to the geometry, struc-



(Fonte – Source: Elaborazione su dati in [21] - Elaboration on data in [21])

Figura 7 – Contributo aerodinamico alla forza di interazione durante l’esercizio in linea.  
 Figure 7 – Aerodynamic contribution to the interaction force during operation in line.

geometria, struttura, cinematica di interazione tra pantografo e catenaria elastica convenzionale.

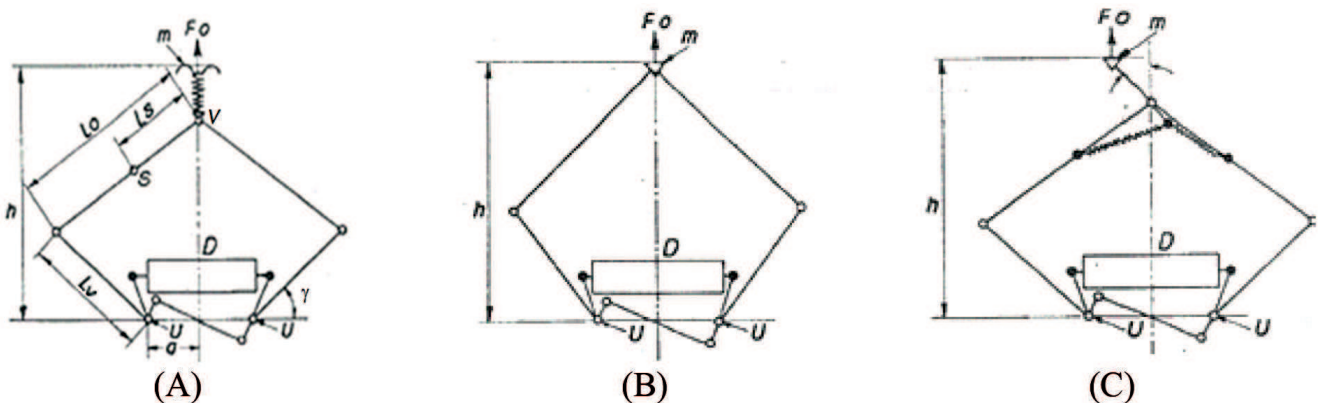
Il pantografo, nella sua architettura più classica (meccanismo simmetrico), è costituito da una o due aste, ad azionamento idraulico o elettrico, e da una o due aste che sostengono la traversa della striscia di contatto. Alcune varianti costruttive sono riportate in bibliografia (Fig. 8 (A), Fig. 8 (B), Fig. 8 (C)). Per il caso in esame è possibile fare riferimento allo schema esemplificativo (Fig. 8 (A)) da cui è derivato il modello meccanico utilizzato in questo studio.

Il meccanismo è costituito da un quadrilatero articolato, i cui vertici inferiori sono rigidamente collegati alla cassa del materiale rotabile. Qui viene applicato il dispositivo di movimentazione, mentre la striscia di scorrimento,

interaction kinematics between pantograph and conventional elastic catenary.

The pantograph, in its most classic architecture (symmetric mechanics), consists of one or two rods, hydraulically or electrically operated, and of one or two rods that support the cross beam of the contact strip. Several construction alternatives can be found in the bibliography (Fig. 8 (A), Fig. 8 (B), Fig. 8 (C)). For this problem, it is possible to refer to the typical scheme (Fig. 8 (A)) from which the mechanical model is derived in this study.

Mechanics consists of an articulated quadrilateral, the lower vertices of which are rigidly connected to the carbody. The handling device is applied there, while the sliding strip is connected to the upper vertex by means of an elastic system. The handling device (D in Fig. 8 (A)) provides in static



(Fonte – Source: [23])

Figura 8 – Definizione del modello meccanico del pantografo.  
 Figure 8 – Definition of the mechanical model of pantograph.

to è collegata al vertice superiore mediante un sistema elastico. Il dispositivo di movimentazione (D in Fig. 8 (A)) fornisce in condizioni statiche ed entro un ampio intervallo di variazione di altezza una forza costante diretta verso l'alto che mantiene la striscia di contatto premuta contro la linea aerea.

Le altre soluzioni costruttive delle prese di corrente a pantografo possono essere considerate come estensioni o modifiche della prima architettura meccanica considerata: ad esempio (Fig. 8 (B)) l'architettura (B) non ha rigidità di connessione con la striscia di contatto.

Un ultimo esempio di architettura a pantografo (Fig. 8 (C)) mostra la massa della striscia di contatto  $m$  non influenzata dal suo momento di inerzia intorno al vertice superiore del quadrilatero, mentre la reazione elastica avviene attraverso una coppia piuttosto che una forza avente direzione dello spostamento. Infatti, questa architettura definisce un comportamento come quello proposto dal primo sistema, ad esempio per gli usuali valori costruttivi dell'angolo  $\gamma$  di sollevamento della parte inferiore del telaio e della rigidità delle molle di reazione [21].

L'analisi dell'interazione tra pantografo e linea di contatto rigida può essere idealizzata mediante un modello con un'unica massa vibrante sospesa a rigidità, richiamando le nozioni di Meccanica Applicata alle Macchine nell'ambito dello studio dei manovellismi e dell'equilibratura delle masse. Applichiamo quindi il processo alla complessità del telaio del pantografo introducendo una massa equivalente  $M$ , ridotta al vertice  $V$  del meccanismo, rappresentativa della struttura portante del pantografo (telaio inferiore, di massa  $M_u$  e lunghezza  $L_u$ , e telaio superiore di massa  $M_o$  e lunghezza  $L_o$ ), esclusa la massa  $m$  appartenente allo strisciante. Poiché solo i vertici di tutti gli elementi del telaio articolato sviluppano un movimento verticale, il valore della massa del telaio, basato sul movimento dei vertici, non è costante. La variazione di questa caratteristica è funzione dell'angolo di apertura dell'asta bassa (manovella) o analogamente dell'allungamento verticale e risulta dall'espressione [23]:

$$M = \frac{2}{(h \operatorname{ctg}(\gamma) + a)^2} \left[ \frac{J_u}{L_u^2} \left( \frac{h - L_u \sin(\gamma)}{\sin(\gamma)} \right)^2 + J_o + \dots \right] \dots + M_o \left\{ (h \operatorname{ctg}(\gamma) + a)^2 + L_o^2 - \frac{2L_o}{L_o} (h \operatorname{ctg}(\gamma) + a)(L_u \cos(\gamma) + a) \right\} \quad (1)$$

in cui si distinguono:

- $J_u$  = momento d'inerzia intorno a U e relativo alla metà inferiore della struttura del pantografo;
- $J_o$  = momento d'inerzia intorno al centro di massa S della metà superiore della struttura del pantografo;
- $M_o$  = massa della metà superiore della struttura del pantografo.

La relazione (1) rappresenta la massa equivalente  $M$  derivata dal calcolo dei termini inerziali rotazionali della parte inferiore (pedice "u") e della parte superiore (pedice "o") del telaio del pantografo, rispetto al suo centro istantaneo di rotazione. Questo punto ideale può essere trovato

conditions and within a wide range of height variation a constant force directed upwards which keeps the contact strip pressed against the overhead line.

The other constructive solutions of the pantograph power sockets can be considered as extensions or modifications of the first mechanical architecture considered: for example (Fig. 8 (B)) the architecture (B) does not have a connection stiffness with the contact strip.

A final example of pantograph architecture (Fig. 8 (C)) shows the mass of the contact strip  $m$  not influenced by its moment of inertia around the upper vertex of the quadrilateral, while the elastic reaction occurs through a torque rather than by a force having direction of the displacement. In fact, this architecture defines a behaviour like that proposed by the first system, for example for the usual constructive values of the angle  $\gamma$  of raising the lower part of the frame and the stiffness of the reaction springs [21].

The analysis of the interaction between pantograph and rigid contact line can be idealized by means of a model with a single vibrating mass suspended at stiffness, recalling the notions of Mechanics Applied to Machines in the context of the study of swerved crank mechanisms and balancing of the masses. Therefore, we apply the procedure to the complexity of the pantograph frame by introducing an equivalent mass  $M$ , reduced to the vertex  $V$  of mechanism, representative of the supporting structure of the pantograph (lower frame, of mass  $M_u$  and length  $L_u$ , and upper frame of mass  $M_o$  and length  $L_o$ ), excluding the mass  $m$  belonging to the contact strip. Since only the vertices of all the elements of the articulated frame develop a vertical movement, the value of the mass of the frame, based on the movement of the vertices, is not constant. The variation of this characteristic is a function of the opening angle of the low rod (crank) or similarly to the vertical elongation and it results from the expression [23]:

$$M = \frac{2}{(h \operatorname{ctg}(\gamma) + a)^2} \left[ \frac{J_u}{L_u^2} \left( \frac{h - L_u \sin(\gamma)}{\sin(\gamma)} \right)^2 + J_o + \dots \right] \dots + M_o \left\{ (h \operatorname{ctg}(\gamma) + a)^2 + L_o^2 - \frac{2L_o}{L_o} (h \operatorname{ctg}(\gamma) + a)(L_u \cos(\gamma) + a) \right\} \quad (1)$$

in which the following are distinguished:

- $J_u$  = moment of inertia around U and relative to the lower half of the pantograph structure;
- $J_o$  = moment of inertia around the centre of mass S of the upper half of the pantograph structure;
- $M_o$  = mass of the upper half of the pantograph structure.

The relation (1) represents the equivalent mass  $M$  derived by the computation of rotational inertial terms of lower frame (subscript "u") and upper frame (subscript "o") relative to its instantaneous centre of rotation of the mechanism. This ideal point can be found by crossing the extents of the lower and upper crank rods, at a distance  $(h \operatorname{ctg}(\gamma) + a)$  from vertex  $V$ . It is observed that the relationship (1) is valid only, strictly speaking, for symmetrical pantographs. Single-arm pantographs or the ones with asymmetric structure (see Fig. 5 (B)) consist of an articulated semi-mechanism, in

incrociando i prolungamenti delle aste di manovella inferiore e superiore, alla distanza  $(h \operatorname{ctg}(\gamma) + a)$  dal vertice V. Si osservi che la relazione (1) vale solo, in senso stretto, per pantografi simmetrici. I pantografi monobraccio oppure con struttura asimmetrica (cfr. Fig. 5 (B)), sono costituiti da un semi meccanismo articolato, in cui il punto di collegamento dello strisciante appartiene alla biella ed è esterno alla cerniera di collegamento con il braccio (l'albero motore nel caso di pantografo): ne risulta un moto rotatorio degli elementi del telaio articolato diverso.

Ricordiamo che per la normativa, STI ed EN, [25][30][31][32] l'altezza della sagoma del pantografo è standardizzata a livello internazionale e ad essa correlata l'altezza statica del filo di contatto della catenaria elastica. Fissando tale altezza a  $3.0 \text{ m} \div 3.5 \text{ m}$  (valore medio) dal piano di rotolamento dei veicoli più comuni, per il pantografo è possibile ipotizzare un campo di lavoro in altezza  $h_{\max}$  pari ad almeno  $2.0 \text{ m}$ , in accordo all'indirizzo fornito in merito all'intervallo di lavoro della normativa.

Tuttavia, la presenza di termini variabili in funzione dell'allungamento della struttura portante del pantografo stesso può far sorgere dubbi sulla validità dell'uso della relazione (1). Il pantografo, nella configurazione fissa, può essere idealizzato con un meccanismo a doppia manovella-biella deviato, avente la massima altezza verticale del piede di biella (altezza utile del vertice del pantografo fatta eccezione per l'altezza sviluppata dalla struttura di contatto), raggiungibile quando il bottone della manovella forma un angolo di circa  $\gamma \approx 60^\circ$ , con il perno principale posto a circa  $0,6 \text{ m}$  (deviazione del manovellismo). Si noti che la funzione di sollevamento delle due manovelle decentrate, costituenti il pantografo, è sviluppata applicando un antiparallelogramma articolato, avente ulteriori due manovelle rotanti solidali alle manovelle dei due pantografi. A titolo esemplificativo, per una validazione della relazione proposta e sulla base dei dati disponibili nella letteratura commerciale dei più comuni produttori di dispositivi di captazione, sono state calcolate e rappresentate le funzioni che descrivono la variabilità della massa equivalente  $M$  del telaio (Fig. 9) del pantografo sulla base di tre valori della massa statica totale derivata dalle aste componenti il dispositivo. I calcoli sono stati sviluppati in accordo con i dati geometrici generali di un pantografo tipo FS 52.

I risultati dell'applicazione della procedura di riduzione geometrica ad una massa oscillante si ripetono anche al variare delle masse specifiche dei singoli componenti del cinematismo. Se si stima un utilizzo minimo del pantografo al massimo allungamento e al minimo (per ipotesi non lontano dalla realtà nell'intervallo di escursione di lavoro  $h \equiv [h_0 = 0,25 \text{ (m)} \div h_{\max} = 2,25 \text{ (m)}]$ ), la riduzione alla massa equivalente  $M$  determina una differenza percentuale (errore) rispetto al valore strutturale non superiore al 5%. Un risultato simile è stimato in [24]. Si noti infine che il modello non considera i sistemi di smorzamento delle vibrazioni del pantografo e focalizza quindi l'analisi esclusivamente sul comportamento elastico della meccanica.

*which the connection point of the head is a connecting rod point external to the connection hinge with the arm (the crankshaft in the case of the pantograph), whose link with the rotational motion of the articulated frame elements is different.*

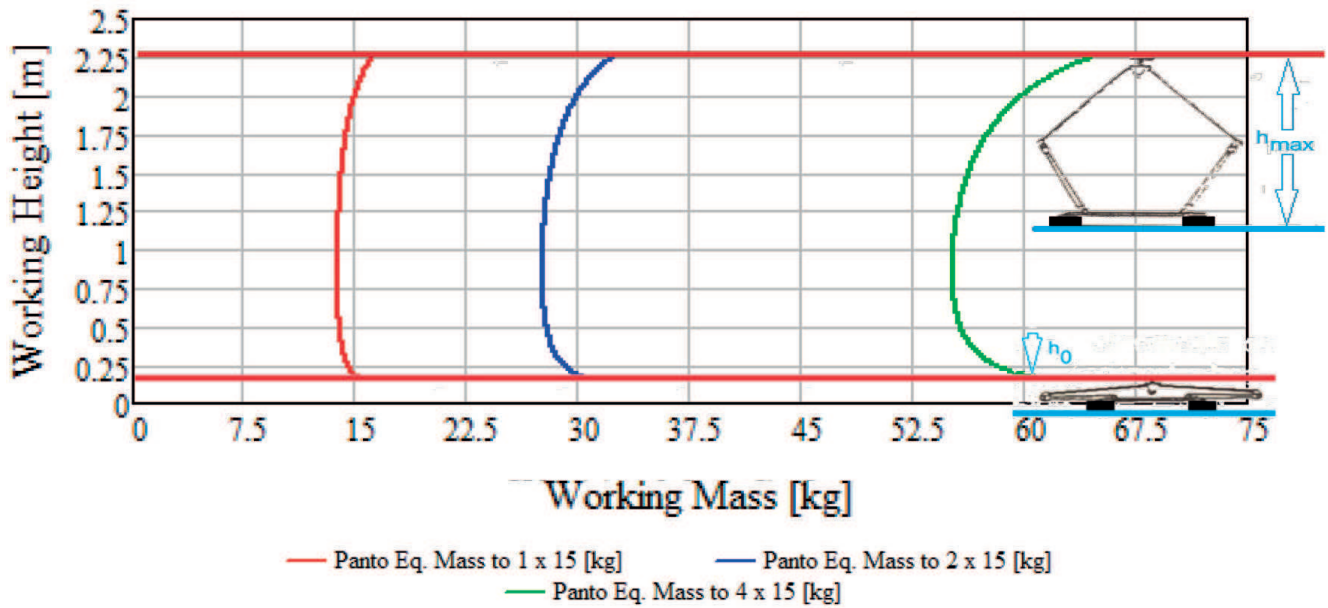
*We remind that for technical regulation, TSI and EN, [25][30][31][32] the height of the pantograph shape is internationally standardized and related to it the static height of the contact wire of the elastic catenary. By setting this average height from the rail plane of the most common vehicles in  $3.0 \text{ m} \div 3.5 \text{ m}$ , for the pantograph it is possible to hypothesize a working field in height  $h_{\max}$  equal to at least  $2.0 \text{ m}$ , finding the address provided regarding the working interval of the regulation.*

*However, the presence of variable terms as a function of the elongation of the bearing structure of the pantograph itself can give rise to doubts about the functionality of the relation (1). The pantograph, in the fixed configuration, can be idealized with a double crank-connecting rod mechanism deviated, having the maximum vertical height of the connecting rod foot (working height of the pantograph vertex except for the height developed by the contact strip structure), reachable when the button of the crank forms an angle of approximately  $\gamma \approx 60^\circ$ , with the main journal placed at approximately  $0.6 \text{ m}$  (crank deviation). It should be noted that the raising function of the two deviated crank mechanisms, making up the pantograph, is developed by applying an articulated anti-parallelogram, having the two rotating cranks integral with the cranks of the two pantographs. By way of example, for a validation of the proposed relationship and based on data available in the commercial literature of the most common manufacturers of captative devices, the functions that describe the variability of the equivalent mass  $M$  of the frame have been calculated and represented (Fig. 9) of the pantograph based on three values of the total static mass of the rods making up the device. The calculations were developed in accordance with the general geometric data of a pantograph type FS 52.*

*The results of the application of the geometric reduction procedure to an oscillating mass are also repeated when the specific masses of the individual components of the linkage change. If we estimate a minimum use of the pantograph at the maximum elongation and at the minimum (by hypothesis not far from reality in the range of the working height  $h \equiv [h_0 = 0.25 \text{ (m)} \div h_{\max} = 2.25 \text{ (m)}]$ , the reduction to equivalent mass determines a percentage difference (error) from the structural value not greater than 5%. A similar result is estimated in [24]. Finally, note that the model does not summarize vibration damping systems of the pantograph, thus focusing the interest on the analysis exclusively on the elastic behaviour of mechanics and excluding extremely complex topics from the discussion, such as the mitigation of the critical conditions (resonance) of the vibration control system, which, although of great interest, deserve an expressly dedicated study.*

*The mass  $M$ , in turn, is connected to the roof of the rolling stock through the device  $D$  which supplies the system*

### Panto Equivalent Mass - Reduction Evaluation



### Panto Equivalent Mass - % Error in Evaluation

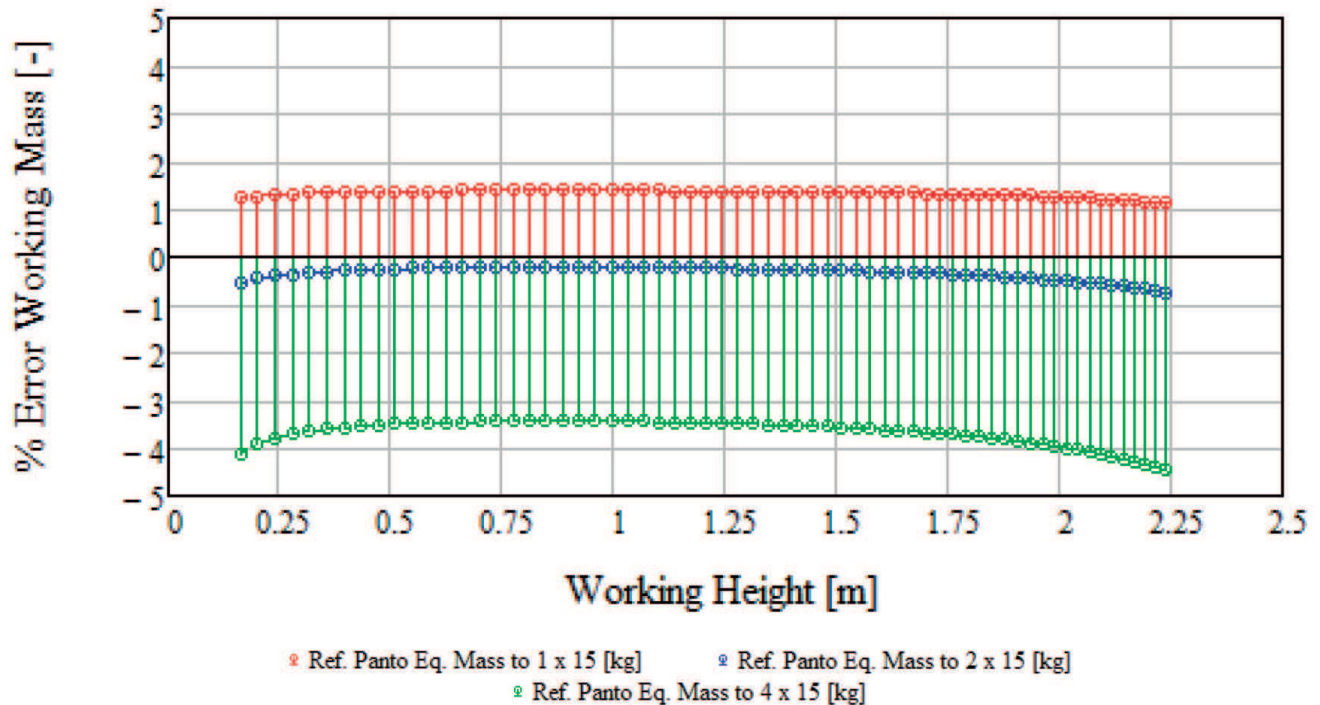


Figura 9 – Variazione della massa ridotta equivalente relativa alla struttura del pantografo in funzione dell'escursione verticale di lavoro ed errore % nell'utilizzo dell'approssimazione (tre ipotesi di valore applicate alla massa dell'intero telaio del pantografo).

Figure 9 – Changing of the reduced mass equivalent to the pantograph structure in relation to the vertical working excursion and % error in the use of the approximation (three hypotheses of value applied to the mass of the entire pantograph frame).



Sono esclusi dalla trattazione temi estremamente complessi, quali la mitigazione delle condizioni critiche (risonanza), applicati da sistemi di controllo delle vibrazioni, che, pur essendo di grande interesse, meritano uno studio espressamente dedicato.

La massa  $M$ , a sua volta, è collegata al tetto del rotabile tramite il dispositivo  $D$  che fornisce al sistema una forza  $F_0$  costante, qualunque sia la posizione relativa dei componenti del sistema stesso. Si ricorda che il calcolo della massa oscillante  $M$  [22][23], equivalente ai fini inerziali alle parti mobili del telaio, ad eccezione della massa  $m$  dello strisciante, nello schema proposto, può essere generalizzato a pantografi monobraccio o a quadrilatero asimmetrico in modo estremamente immediato.

**3.2. Modello di interazione pantografo-catenaria rigida**

La teoria, presentata nel paragrafo precedente, affronta l'idealizzazione di un modello (schema principale con una sola massa in vibrazione verticale) del pantografo, in cui  $m$  rappresenta la massa dello strisciante ed  $M$  quella del telaio mobile (Fig. 10). Le due masse sono collegate tra loro da un sistema elastico (costante di rigidezza  $k$ ).

Dal punto di vista funzionale, il modello meccanico proposto non differisce in modo apprezzabile dal sistema reale. Ha un grado di libertà per lo spostamento verticale,

with a constant force  $F_0$ , whatever the relative position of the components of the system itself. It should be remembered that the calculation of the oscillating mass  $M$  [22][23], equivalent for inertial purposes to the moving parts of the frame, except for the mass  $m$  of the contact stripes, in the proposed scheme can be generalized for "single-side or asymmetrical quadrilater" pantographs in extremely fast way.

**3.2. Pantograph-rigid overhead line interaction model**

The theory, presented in the previous paragraph, addresses the idealization of a model (principal scheme with a single mass in vertical vibration) of the pantograph, in which  $m$  represents the mass of the contact strip and  $M$  that of the mobile frame (Fig. 10). The two masses are connected to each other by an elastic system (stiffness constant  $k$ ).

From a functional point of view, the proposed mechanical model does not appreciably differ from the real system. It has a degree of freedom for vertical displacement, a function of the elastic constraint and of the device  $D$ ; the external excitations are induced by the vertical oscillations of the rolling stock body and by those deriving from the continuous or discontinuous vertical irregularities of the rigid overhead line. Formally, the complete system should have included the mass of the rolling stock and its suspensions and

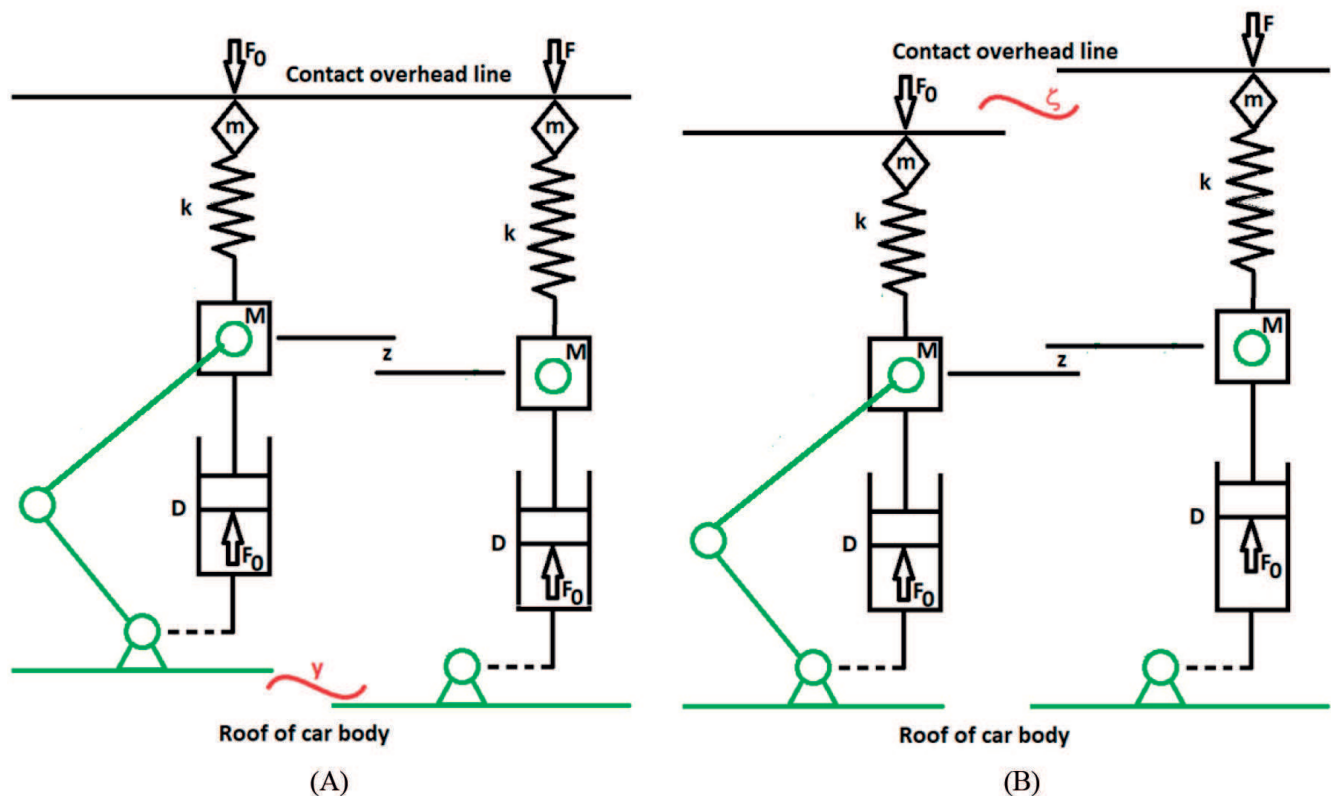


Figura 10 – Idealizzazione in schemi di principio del comportamento cinematico del pantografo.  
 Figure 10 – Idealization in principle schemes of the kinematic behaviour of the pantograph.

funzione del vincolo elastico e del dispositivo D; le sollecitazioni esterne sono indotte dalle oscillazioni verticali della carrozza e da quelle derivanti dalle irregolarità verticali continue o discontinue della linea aerea rigida. Formalmente il sistema completo avrebbe dovuto includere le masse del rotabile e con le sue sospensioni, assumendo come prima funzione di eccitazione quella derivante dalle irregolarità verticali del binario. Il rapporto tra la massa M del pantografo e la massa della carrozza è tale che le oscillazioni della prima non risentono in alcun modo dell'eventuale presenza delle irregolarità della via. Pertanto, le oscillazioni del corpo, la cui natura sarà discussa in seguito, vengono fatte intervenire come funzione di eccitazione indipendente.

Per maggiore chiarezza e semplicità di presentazione, la determinazione delle equazioni del moto avviene considerando separatamente l'eccitazione proveniente dalla cassa e quella proveniente da eventuali irregolarità della linea di contatto rigida (rispettivamente, Fig. 10 (A) e Fig. 10 (B)).

In Fig. 10 (A) è rappresentato lo schema di principio del biellismo per la semi struttura del pantografo nel caso in cui la cassa del veicolo vibra con spostamento y verticale, per questo caso in discesa. La massa M produce uno spostamento assoluto z anche verso il basso, mentre si ottiene uno spostamento relativo in ascesa pari alla quantità (y-z), in riferimento al piano del tetto della cassa. L'altezza della massa m dello strisciante del pantografo rimane invariata. Il bilancio delle forze, secondo queste due condizioni geometriche, si scrive come:

$$F_0 - kz = F_0 - M \frac{d^2}{dt^2} (y - z) \quad (2)$$

Il primo membro della relazione (2) esprime l'azione esercitata dalla rigidità k sulla massa M, mentre il secondo membro evidenzia la reazione del dispositivo D, ridotta dall'inerzia della massa M che è generata dallo spostamento dovuto alle vibrazioni del materiale rotabile. Eliminando  $F_0$  dalla relazione (2), l'eq. (3) fornisce la forma analitica finale della legge del moto:

$$M \frac{d^2}{dt^2} z + kz = M \frac{d^2}{dt^2} y \quad (3)$$

Si consideri ora il caso studio rappresentato in Fig. 10 (B), in cui si assume che la linea di contatto abbia un'oscillazione verticale  $\zeta$ . L'altezza del tetto del veicolo rimane invariata. L'equilibrio del sistema si scrive nella forma (4):

$$F_0 - k(\zeta - z) = F_0 - M \frac{d^2}{dt^2} z \quad (4)$$

da cui eliminando  $F_0$  si ottiene:

*assumed as the first excitation function that deriving from the vertical irregularities of the road. The relationship between pantograph mass M and the mass of the rolling stock body is such that the vibrations of the first one are not affected in any way by the possible presence of track irregularities. Therefore, the oscillations of the carbody, the nature of which will be discussed later, are made to intervene as an independent excitatory function.*

*For greater clarity and simplicity of presentation, the determination of the equations of motion takes place by considering separately the excitation coming from the carbody and that coming from any rigid contact line irregularities (respectively, Fig. 10 (A) and Fig. 10 (B)).*

*In Fig. 10 (A) the diagram stands for the case in which the car body of vehicle vibrates with y vertical displacement, i.e., downward. Mass M produces an absolute displacement z also downward, while goes upward for the quantity (y-z) referring to the carbody. The height of the mass m of the pantograph stripes is still unchanged. The balance of forces, according to these two geometrical conditions, is written as:*

$$F_0 - kz = F_0 - M \frac{d^2}{dt^2} (y - z) \quad (2)$$

*The first member of (2) express the action exerted by the spring k on the mass M, while the second member underline the reaction of the device D, reduced by the inertia of the mass M which is generated by its displacement due to the body of rolling stock vibration. Eliminating  $F_0$  from (2), eq. (3) provides the final analytic form:*

$$M \frac{d^2}{dt^2} z + kz = M \frac{d^2}{dt^2} y \quad (3)$$

*Now consider the case study represented in Fig. 10 (B), in which it is assumed that the contact line has a vertical oscillation  $\zeta$ . The height of the vehicle roof remains unchanged. The equilibrium of the system is written in the form (4):*

$$F_0 - k(\zeta - z) = F_0 - M \frac{d^2}{dt^2} z \quad (4)$$

*from which eliminating  $F_0$ , we obtain:*

$$M \frac{d^2}{dt^2} z + k(z + \zeta) = 0 \quad (5)$$

*It should be noted that relations (3) and (5) describe the absolute motion of the mass M, while it is interesting to know the relative displacement of M with respect to the contact line, to determine the dynamic force between the creep and the line. Thus we can setup:*

$$\eta = z + \zeta$$

*If there are no oscillations in the geometry of the overhead, it applies:*

$$M \frac{d^2}{dt^2} z + k(z + \zeta) = 0 \quad (5)$$

Si noti che le relazioni (3) e (5) descrivono il moto assoluto della massa M, mentre è interessante conoscere lo spostamento relativo di M rispetto alla linea di contatto, in modo da determinare l'interazione dinamica con lo strisciante del pantografo. Quindi fissiamo:

$$\eta = z + \zeta$$

Se non ci sono modifiche nella geometria della catenaria, abbiamo:

$$\zeta = 0 \rightarrow \eta \equiv z$$

che si trasforma in:

$$M \frac{d^2}{dt^2} \eta + k\eta = M \frac{d^2}{dt^2} y \quad (6)$$

Inoltre, essendo:

$$z = \eta - \zeta$$

la relazione (5) si trasforma nella:

$$M \frac{d^2}{dt^2} \eta + k\eta = M \frac{d^2}{dt^2} \zeta \quad (7)$$

Imponendo la sovrapposizione degli effetti, per i due casi di moto analizzati, troviamo:

$$M \frac{d^2}{dt^2} \eta + k\eta = M \frac{d^2}{dt^2} \zeta + M \frac{d^2}{dt^2} y \quad (8)$$

I due casi (Fig. 13 (A) e Fig. 13 (B)) consentono di determinare l'entità della forza di contatto F, dipendente dall'aumento di inerzia della massa m della striscia di contatto, mediante la relazione:

$$F = F_0 - m \frac{d^2}{dt^2} \zeta - k\eta \quad (9)$$

Per risolvere l'equazione (8), è necessario stabilire la natura delle funzioni:

$$y=y(t) \quad \text{e} \quad \zeta=\zeta(t) \quad (10)$$

che possono essere genericamente assimilate alle funzioni:

$$y = y_0 \cos(\beta t) \quad \text{e} \quad \zeta = \zeta_0 \cos(\alpha t) \quad (11)$$

La prima delle relazioni (11) mostra una soluzione che dipende dall'ampiezza di oscillazione verticale  $y_0$  della cassa del veicolo e dalla pulsazione  $\beta$ . Infatti, la funzione  $y(t)$

$$\zeta = 0 \rightarrow \eta \equiv z$$

and (3) turns into:

$$M \frac{d^2}{dt^2} \eta + k\eta = M \frac{d^2}{dt^2} y \quad (6)$$

Furthermore, being:

$$z = \eta - \zeta$$

relation (5) turns into:

$$M \frac{d^2}{dt^2} \eta + k\eta = M \frac{d^2}{dt^2} \zeta \quad (7)$$

Superimposing the effects of the two motions, we can find:

$$M \frac{d^2}{dt^2} \eta + k\eta = M \frac{d^2}{dt^2} \zeta + M \frac{d^2}{dt^2} y \quad (8)$$

The two cases (Fig. 13 (A) and Fig. 13 (B)) allow to determine the magnitude of the contact force F, dependent on the inertia increase of the mass m of the contact strip, by means of the relationship:

$$F = F_0 - m \frac{d^2}{dt^2} \zeta - k\eta \quad (9)$$

To solve equation (8), it is necessary to establish the nature of the functions:

$$y=y(t) \quad \text{and} \quad \zeta=\zeta(t) \quad (10)$$

which can be generically assimilated to the functions:

$$y = y_0 \cos(\beta t) \quad \text{and} \quad \zeta = \zeta_0 \cos(\alpha t) \quad (11)$$

The first of relations (11) shows a solution that depends on the vertical oscillation amplitude  $y_0$  of the vehicle body and on the rotational frequency  $\beta$ . In fact, the  $y(t)$  function represents the kinematic effect caused by the set of modes of vibration of the body of a pure type of vehicle, such as the rolling, or of the type also composed (i.e.: overlapping of rotational and translational movements) such as pitching. In general, except for the proper way of snaking, all the other modes of vibration of the vehicle have slightly variable kinematic characteristics with the speed of travel but remain in any situation dependent on track irregularities, the genesis of which depends on the type of operation, stiffness and by the damping of the track. In this regard, a clarification becomes necessary. In this work, problems related to the nonlinearities induced by the variability of the stiffness and damping of the track are not developed. The reason lies in the evidence that the influence of the elastic energy applied to the vehicle by the effects of the variability of the stiffness

rappresenta l'effetto cinematico indotto dall'insieme dei modi di vibrazione puri del telaio di un veicolo, come il rollio, o di tipo complesso (sovrapposizione dei moti di rotazione e traslazione), come il beccheggio. In generale, salvo il modo proprio di serpeggio, tutti gli altri modi di vibrazione del veicolo hanno caratteristiche cinematiche leggermente variabili con la velocità di marcia ma rimangono comunque dipendenti dalle irregolarità del binario, la cui genesi dipende dal tipo di esercizio, dalla rigidità e dallo smorzamento dell'armamento. A questo proposito si rende necessaria una precisazione. In questo lavoro non vengono sviluppati problemi relativi alle non linearità indotte dalla variabilità della rigidità e dello smorzamento dell'armamento. La ragione sta nell'evidenza che l'influenza dell'energia elastica applicata al veicolo dagli effetti della variabilità della rigidità e dello smorzamento del binario risulta estremamente bassa sulla cassa del veicolo (Fig. 11).

Questa considerazione discende dagli studi e dalla teoria sviluppata in [33] che conferma come la variabilità di rigidità e smorzamento dell'armamento, corresponsabili della genesi delle irregolarità del binario, sono da ritenersi irrilevanti agli effetti della cinematica (accelerazioni) del veicolo. Un metodo applicativo più rapido è rappresentato dal "Normogramma di Sperling" [27], introdotto negli anni '70 che consente di valutare le prestazioni (qualità di marcia e comfort del passeggero) in base al calcolo delle caratteristiche vibrazionali del veicolo. Negli anni successivi alla sua introduzione, il metodo ha subito evoluzioni e modifiche. Per una nozione di tipo generale, è possibile fare riferimento all'indice originale basato sul rapporto  $W_z$  o "Wertungszahl":

and damping of the track are extremely low for the carbody of the vehicle (Fig. 11).

This consideration is learned from the studies and from the theory developed in [33] which confirms that the variability of stiffness and damping, co-responsible for the genesis of the irregularities of the route, are to be considered as irrelevant to the effects of the kinematics (accelerations) of the body. A more rapid application method is represented using the "Sperling Normogram" [27], introduced in the 1970s. The method makes it possible to evaluate performance (ride quality and passenger comfort) based on the calculation of the vibrational characteristics. In the years following its introduction, the method has undergone refinements and modifications. For general information, please refer to the original  $W_z$  or "Wertungszahl" index ratio:

$$W_z = \sqrt[10]{a^3/f} \quad \text{running quality level}$$

$$W_z = 0.896 \sqrt[10]{a^3/f} F(f) \quad \text{passenger comfort level}$$

where  $f$  is the oscillation frequency evaluated in Hz,  $a$  is the amplitude of the acceleration measured in  $(\text{cm}/\text{s}^2)$  and  $F(f)$  is a weighting factor, a function of the frequency and different according to the direction of the axis of vibration (vertical or horizontal). It should be noted that the use of  $W_z$ , in defining the amplitude of the vertical displacements of the vehicle and in particular of the body, introduces an approximation in the theoretical estimate since its value represents a statistical synthesis (i.e. it integrates, averaging, several vibrations with different frequency). The considerations set out so far, although they may appear reductive of a broader

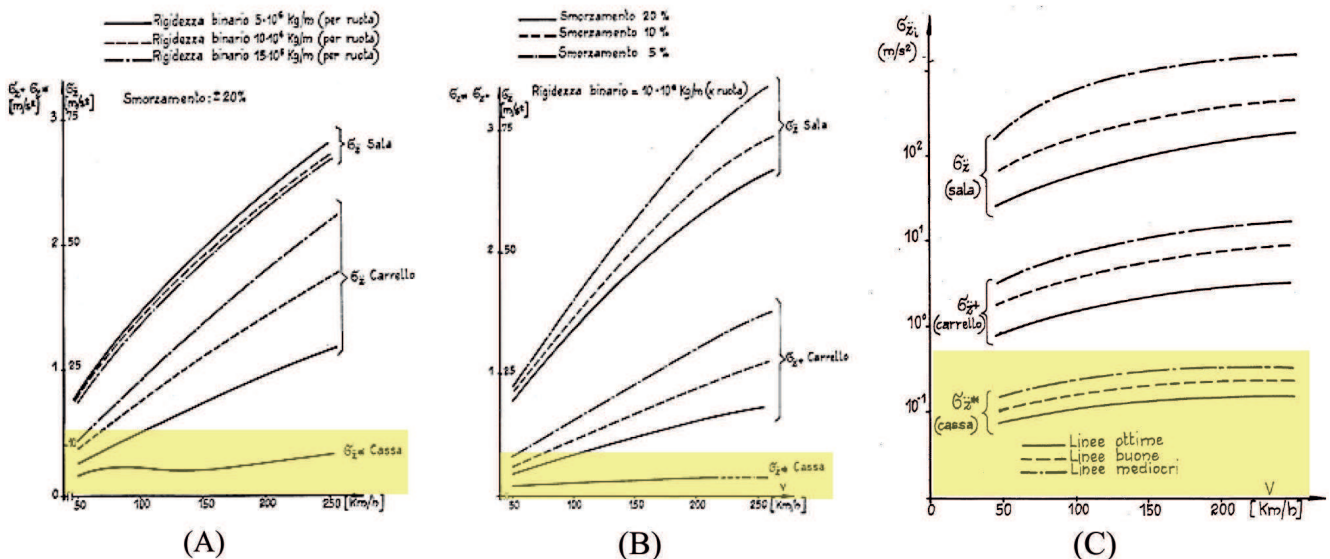


Figura 11 – A) Effetto della rigidità verticale dell'armamento ferroviario sui moti verticali del veicolo; (B) effetto dello smorzamento verticale dell'armamento ferroviario sui moti verticali del veicolo; (C) effetto delle irregolarità verticali della di binario (livello verticale) sulle accelerazioni verticali del veicolo [33].

Figure 11 – A) Effect of the track stiffness on the vertical movements of the vehicle; (B) effect of the track damping on the vertical motion of the vehicle; (C) effect of vertical track irregularities (vertical level) on the vertical accelerations of the vehicle [33].

$$W_z = \sqrt[10]{a^3/f} \quad \text{livello di qualità di marcia}$$

$$W_z = 0.896 \sqrt[10]{a^3/f} F(f) \quad \text{livello di qualità del comfort}$$

dove  $f$  è la frequenza di oscillazione, valutata in Hz,  $a$  è l'ampiezza dell'accelerazione misurata in (cm/s<sup>2</sup>) e  $F(f)$  è un fattore di ponderazione, funzione della stessa frequenza e variabile in base alla direzione dell'asse di vibrazione (verticale o orizzontale). Si noti che l'uso di  $W_z$ , nel definire l'ampiezza degli spostamenti verticali del veicolo ed in particolare della cassa, introduce un'approssimazione nella stima teorica, in quanto il suo valore rappresenta una sintesi statistica (cioè la relazione integra, mediando, numerose vibrazioni a diversa frequenza). Le considerazioni fin qui esposte, sebbene possano apparire riduttive di una più ampia valutazione tecnica, in via del tutto generale e per un calcolo di prima approssimazione, consentono comunque di ipotizzare ed accettare l'ipotesi di:

$$\beta = \beta(v) = \text{Cost} \quad (12a)$$

Per la seconda delle relazioni (11), consideriamo il veicolo in moto a velocità costante  $v$  e in oscillazione verticale lo strisciante del pantografo. Sia  $\zeta_0$  l'ampiezza dell'oscillazione verticale imposta dalla massima irregolarità di posa che lo strisciante del pantografo subisce seguendo la linea di contatto. Il moto relativo mostra una pulsazione (e quindi frequenza) di transizione tra campate della linea di contatto pari a:

$$\alpha = \frac{2\pi v}{L_c} \quad (12b)$$

dove  $L_c$  è precisamente la lunghezza di una campata della linea di contatto tra due blocchi di ancoraggio. Sostituendo le variazioni seconde delle relazioni (11) in (7):

$$M \frac{d^2}{dt^2} \eta + k\eta = M (\zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) + y_0 \beta^2 \cos(\beta t)) \quad (13)$$

dalla quale dividendo per  $M$  e ponendo:

$$\omega^2 = \frac{k}{M} \quad (14)$$

quindi:

$$\frac{d^2}{dt^2} \eta + \omega^2 \eta = \zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) + y_0 \beta^2 \cos(\beta t) \quad (15)$$

L'equazione (15) ammette come soluzione particolare:

$$\eta = A \cos(\alpha t) + B \cos(\beta t) \quad (16)$$

Le derivate seconde della (16) devono essere introdotte nella relazione (15), ottenendo:

technical evaluation, in a completely general way and for a first approximation calculation, however, allow us to hypothesize and accept the hypothesis of:

$$\beta = \beta(v) = \text{Cost} \quad (12a)$$

For the second of relations (11), we consider the vehicle running at constant speed  $v$  and in vertical oscillation the pantograph slider. Let  $\zeta_0$  be the amplitude of the vertical oscillation imposed by the maximum laying irregularity that the head of pantograph undergoes, following the contact line. The relative motion shows a transition frequency between spans of the contact line equal to:

$$\alpha = \frac{2\pi v}{L_c} \quad (12b)$$

where  $L_c$  is precisely the length of a span of the contact line between two anchor blocks. Substituting the second variations of (11) into (7):

$$M \frac{d^2}{dt^2} \eta + k\eta = M (\zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) + y_0 \beta^2 \cos(\beta t)) \quad (13)$$

from which dividing by  $M$  and placing:

$$\omega^2 = \frac{k}{M} \quad (14)$$

and then:

$$\frac{d^2}{dt^2} \eta + \omega^2 \eta = \zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) + y_0 \beta^2 \cos(\beta t) \quad (15)$$

Equation (15) admits the particular solution:

$$\eta = A \cos(\alpha t) + B \cos(\beta t) \quad (16)$$

The second derivatives of (16) must be replaced in (15), getting:

$$-A \alpha^2 \cos(\alpha t) + A \omega^2 \cos(\alpha t) - B \beta^2 \cos(\beta t) + B \omega^2 \cos(\beta t) = \dots \dots \zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) + y_0 \beta^2 \cos(\beta t) \quad (17)$$

Comparing trigonometric factors both in (16) and in (20), factoring the operators and then simplifying, equation (17) becomes:

$$A (\omega^2 - \alpha^2) \cos(\alpha t) + B (\omega^2 - \beta^2) \cos(\beta t) = \dots \dots \zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) + y_0 \beta^2 \cos(\beta t) \quad (18)$$

from which it is possible to derive the two constants  $A$  and  $B$  of the particular integral for equality between addends with the same trigonometric operators:

$$-A\alpha^2 \cos(\alpha t) + A\omega^2 \cos(\alpha t) - B\beta^2 \cos(\beta t) + B\omega^2 \cos(\beta t) = \dots \quad (17)$$

$$\dots \zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) + y_0 \beta^2 \cos(\beta t)$$

Per mezzo del confronto tra parametri trigonometrici in (16) e in (20) e della fattorizzazione e semplificazione degli operatori, l'equazione (17) diviene:

$$A(\omega^2 - \alpha^2) \cos(\alpha t) + B(\omega^2 - \beta^2) \cos(\beta t) = \dots \quad (18)$$

$$\dots \zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) + y_0 \beta^2 \cos(\beta t)$$

dalla quale è possibile derivare le due costanti A e B, relative all'integrale della soluzione particolare, per mezzo dell'uguaglianza tra gli addendi degli stessi operatori:

$$A = \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \quad \text{e} \quad B = \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \quad (19)$$

L'integrale generale della relazione (15) può essere posto nella sua forma completa come:

$$\eta = C \sin(\omega t) + D \cos(\omega t) + \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \cos(\alpha t) + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \cos(\beta t) \quad (20)$$

per la quale è necessario determinare le costanti C e D. A tale proposito è possibile considerare due condizioni limite per il sistema di interazione tra pantografo e catenaria rigida:

I) Per t = 0, tempo di inizio della marcia, si stabilisce che:

$$\dot{\eta} = 0 \rightarrow C = 0 \quad (21)$$

II) ed ancora per t = 0, la seconda condizione si scrive:

$$\eta = 0 \rightarrow D = \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \quad (22)$$

Introducendo le (21) e (22) nella relazione (20):

$$\eta = \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) \cos(\omega t) + \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \cos(\alpha t) + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \cos(\beta t) \quad (22)$$

che, opportunamente modificata per fattori comuni, porge:

$$\eta = \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) (\cos(\omega t) + \cos(\alpha t)) + \left( \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) (\cos(\omega t) + \cos(\beta t)) \quad (23)$$

Come accennato in precedenza, la sollecitazione F applicata alla linea di contatto dal pantografo può essere riassunta con la relazione (9). Se sostituiamo in questa relazione le espressioni della derivata seconda di ζ (prima relazione di (11)) e della funzione integrale generale di η (23), si trova:

$$A = \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \quad \text{and} \quad B = \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \quad (19)$$

The general integral of (15) can be placed in the complete form:

$$\eta = C \sin(\omega t) + D \cos(\omega t) + \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \cos(\alpha t) + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \cos(\beta t) \quad (20)$$

for which it is necessary to determine the constants C and D. We therefore consider two boundary conditions of the rigid pantograph-catenary system.

I) For t = 0, initial time of running, the following holds:

$$\dot{\eta} = 0 \rightarrow C = 0 \quad (21)$$

II) and, as the same t = 0, the second condition is:

$$\eta = 0 \rightarrow D = \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \quad (22)$$

Introducing (21) and (22) into (20):

$$\eta = \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) \cos(\omega t) + \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \cos(\alpha t) + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \cos(\beta t) \quad (22)$$

which, rearranged as a common factor, provides:

$$\eta = \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) (\cos(\omega t) + \cos(\alpha t)) + \left( \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) (\cos(\omega t) + \cos(\beta t)) \quad (23)$$

As mentioned, the force F applied to the contact line by the pantograph can be summarized with relation (9). If we substitute in this relation the expressions of the second derivative of ζ (first relation of (11)) and of the general integral function of η (23), can be found the relation:

$$F = F_0 - m \frac{d^2}{dt^2} \zeta - k \eta = F_0 + m \zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) - k \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) (\cos(\omega t) + \cos(\alpha t)) + \dots - k \left( \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) (\cos(\omega t) + \cos(\beta t)) \quad (24)$$

which can also be written in the form:

$$\Delta F = F - F_0$$

as:

$$F = F_0 - m \frac{d^2}{dt^2} \zeta - k\eta = F_0 + m \zeta_0 \alpha^2 \cos(\alpha t) - k \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) (\cos(\omega t) + \cos(\alpha t)) + \dots - k \left( \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) (\cos(\omega t) + \cos(\beta t)) \quad (24)$$

la quale può essere scritta anche nella forma:

$$\Delta F = F - F_0$$

o come:

$$F = \left[ \left( m \alpha^2 - \frac{k \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) \zeta_0 \right] \cos(\alpha t) + \dots - \left[ \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) k \right] \cos(\omega t) + \dots + \left[ -k \left( \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) \right] \cos(\beta t) \quad (25)$$

Se si esclude dal calcolo, per ipotesi teorica, la forza premente iniziale  $F_0$  (posizione questa plausibile e dovuta alla variabilità delle architetture dei pantografi utilizzabili per esigenze di esercizio), il valore della variazione  $\Delta F$  coincide con la risultante forza  $F$  di interazione tra pantografo e catenaria rigida. Se si vuole riferire l'analisi ad uno specifico tipo di pantografo con un valore iniziale fissato di forza di contatto  $F_0$ , è sufficiente calcolare la differenza  $\Delta F = F - F_0$  nella relazione (25). Quest'ultima relazione può assumere, in due casi, forme esemplificate. Infatti, durante la fase di avviamento del moto del rotabile (a velocità nulla), non è ipotizzabile alcuna oscillazione verticale della cassa, condizione questa che si può tradurre nelle seguenti relazioni:

$$y_0 = 0 \quad \text{e} \quad \alpha = \frac{2\pi v}{L_c} \approx 0 \Leftrightarrow v \approx 0$$

La relazione (25) si modifica in:

$$F = \left[ \left( m \alpha^2 - \frac{k \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) \zeta_0 \right] \cos(\alpha t) + \left[ -k \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) \right] \cos(\omega t) \quad (26)$$

Nell'intervallo di tempo immediatamente successivo alla fase di avviamento, solitamente, la geometria del pantografo tende ad adattarsi all'altezza della linea aerea, senza discontinuità di contatto tra strisciante e conduttore. Fanno eccezione a questa considerazione le fasi di moto influenzate da problemi generati dalle reazioni di attrito coulombiano di primo distacco, che qui non vengono trattate. Ad alte velocità (quindi al limite per  $v \rightarrow \infty$  da cui derivano  $\alpha \rightarrow \infty$  e  $\beta \rightarrow \infty$ ), si verificano le seguenti condizioni:

$$-k \frac{\alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \cong -k \cdot -1 = k \quad \text{e} \quad -k \frac{\beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \cong -k \cdot -1 = k \quad (27)$$

Ne consegue che la relazione (25) può essere scritta come:

$$F = \left[ \left( m \alpha^2 - \frac{k \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) \zeta_0 \right] \cos(\alpha t) + \dots - \left[ \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} + \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) k \right] \cos(\omega t) + \dots + \left[ -k \left( \frac{y_0 \beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) \right] \cos(\beta t) \quad (25)$$

If we exclude from the calculation, by theoretical hypothesis, the initial pressing force  $F_0$  (plausible position due to the variability of the architectures of the pantographs that can be used operating needs), the value of the variation  $\Delta F$  coincides with the resulting force  $F$  of interaction between the pantograph and the catenary rigid. If you want to refer the analysis to a specific type of pantograph with a fixed initial value of pressing force  $F_0$ , it is sufficient to calculate the difference  $\Delta F = F - F_0$  in the relationship (25). The latter relationship can take, in two cases, exemplified forms. In fact, during the starting phase (at zero speed) of the motion of the rolling stock, no vertical oscillation of the carbody can be assumed, a condition that can be translated into the following relationships:

$$y_0 = 0 \quad \text{and} \quad \alpha = \frac{2\pi v}{L_c} \approx 0 \Leftrightarrow v \approx 0$$

Relation (25) changes into:

$$F = \left[ \left( m \alpha^2 - \frac{k \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) \zeta_0 \right] \cos(\alpha t) + \left[ -k \left( \frac{\zeta_0 \alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) \right] \cos(\omega t) \quad (26)$$

In the time interval immediately following the start-up phase, usually, the geometry of the pantograph tends to adapt to the height of the overhead line, without interruption in the contact between the contact strip and the conductor. An exception to this consideration is the phases of motion influenced by problems generated by the coulomb friction reactions of first detachment, which are not dealt with here. At high speeds (therefore at the limit for  $v \rightarrow \infty$  from which derive  $\alpha \rightarrow \infty$  and  $\beta \rightarrow \infty$ ), the following conditions occur:

$$-k \frac{\alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \cong -k \cdot -1 = k \quad \text{and} \quad -k \frac{\beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \cong -k \cdot -1 = k \quad (27)$$

It follows that the relation (25) can be written as:

$$F = [(m \alpha^2 + k) \zeta_0] \cos(\alpha t) + [(\zeta_0 + y_0) k] \cos(\omega t) + [y_0 k] \cos(\beta t) \quad (28)$$

Lasting, for all those kinematic conditions far from the two limit events, the general solution to the problem is provided by the relation (25), which will, in any way, constitute the analytical reference for the numerical case studies. As an example of the mathematical formulation, it is possible to rewrite the relation (28) in compact form:

$$F = [(m\alpha^2 + k)\zeta_0] \cos(\alpha t) + [(\zeta_0 + y_0)k] \cos(\omega t) + [y_0 k] \cos(\beta t) \quad (28)$$

In definitiva, per tutte quelle condizioni cinematiche lontane dai due eventi limite considerati, la soluzione generale al problema è data dalla relazione (25), che costituirà comunque il riferimento analitico per i casi studio numerico. Come esempio della formulazione matematica, è possibile riscrivere la relazione (28) in forma compatta:

$$F = [K_1] \cos(\alpha t) + [K_2] \cos(\omega t) + [K_3] \cos(\beta t) \quad (29)$$

dove:

$$[K_1] = \left[ \left( m\alpha^2 + k \frac{\alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) \zeta_0 \right] \quad (30a)$$

$$[K_2] = \left[ - \left( y_0 \frac{\beta^2}{\omega^2 - \beta^2} + \zeta_0 \frac{\alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) k \right] \quad (30b)$$

$$[K_3] = \left[ \left( y_0 \frac{\beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) k \right] \quad (30c)$$

Pertanto, nella (29), partendo dalla condizione statica di assenza di moto  $F_0$ ,  $F$  esprime la forza (incremento) al contatto tra il pantografo e la catenaria e può essere considerata come una componente reale della somma di tre vettori rotanti di argomento  $K_1$ ,  $K_2$  e  $K_3$  con frequenze  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\omega$  rispettivamente. Analiticamente è evidente che le condizioni meccanicamente critiche nel campo delle vibrazioni si verificheranno quando i tre vettori saranno tutti in fase tra loro. Ancora una volta, se è necessario richiamare la forza premente statica iniziale  $F_0$ , l'analisi della fase dei tre vettori rotanti può permettere di determinare il valore di pulsazione (e quindi di frequenza) a cui tale evento può verificarsi e per il quale risulta:

$$\Delta F \geq F_0 \quad (31)$$

Tuttavia, l'analisi va oltre l'indagine proposta nel contesto di questo lavoro. Pertanto, il calcolo numerico dei casi studio si baserà sull'utilizzo della seguente relazione, in funzione della velocità del veicolo  $v$ :

$$F = |K_1| + |K_2| + |K_3| \quad (32)$$

Questa relazione, che opera esclusivamente sul modulo dei vettori rotanti (poiché non si è considerato l'effetto delle anomalie  $(\alpha t)$ ,  $(\beta t)$  e  $(\omega t)$ ), consente di valutare immediatamente l'influenza delle variazioni dei parametri  $m$ ,  $M$ ,  $k$ ,  $y_0$  e  $\zeta_0$ . L'argomento del vettore  $K_1$ , rotante con pulsazione  $\alpha$ , è costituito dal termine:

$$m\alpha^2 \zeta_0 \quad (33)$$

ad andamento parabolico crescente con  $\alpha$ , e quindi con velocità  $v$ . La sua importanza diventa sensibile e quindi preponderante rispetto all'altro termine,

$$\frac{\alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} k \zeta_0 \quad (34)$$

$$F = [K_1] \cos(\alpha t) + [K_2] \cos(\omega t) + [K_3] \cos(\beta t) \quad (29)$$

where:

$$[K_1] = \left[ \left( m\alpha^2 + k \frac{\alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) \zeta_0 \right] \quad (30a)$$

$$[K_2] = \left[ - \left( y_0 \frac{\beta^2}{\omega^2 - \beta^2} + \zeta_0 \frac{\alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} \right) k \right] \quad (30b)$$

$$[K_3] = \left[ \left( y_0 \frac{\beta^2}{\omega^2 - \beta^2} \right) k \right] \quad (30c)$$

Therefore, in (29), starting at  $F_0$  standstill condition,  $F$  expresses the force (increase) at the contact between the pantograph and the catenary and can be considered as a real component of the sum of three rotating vectors of argument  $K_1$ ,  $K_2$  and  $K_3$  with frequencies  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\omega$  respectively. Analytically it is evident that the mechanically critical conditions in the field of vibrations will occur when the three vectors are all in phase with each other. Once again, if it is necessary to recall the initial static pressing force  $F_0$ , the analysis of the phase of the three rotating vectors can allow the determination of the frequency value at which this event can occur and for which it results:

$$\Delta F \geq F_0 \quad (31)$$

However, this analysis goes beyond the investigation proposed in the context of this work. Therefore, the numerical calculation of the case studies will be based on the use of the following relationship, as a function of the vehicle speed  $v$ :

$$F = |K_1| + |K_2| + |K_3| \quad (32)$$

This formula, which operates exclusively on the modulus of rotating vectors (since the effect of the angular parameters  $(\alpha t)$ ,  $(\beta t)$  and  $(\omega t)$  has not been considered), allows to immediately evaluate the influence of the variations of the parameters  $m$ ,  $M$ ,  $k$ ,  $y_0$  and  $\zeta_0$ . The argument of the vector  $K_1$ , rotating with frequency  $\alpha$ , is made up of the term:

$$m\alpha^2 \zeta_0 \quad (33)$$

with an increasing parabolic trend with  $\alpha$ , and therefore with speed  $v$ . Its importance becomes sensitive and therefore preponderant with respect to the other term,

$$\frac{\alpha^2}{\omega^2 - \alpha^2} k \zeta_0 \quad (34)$$

as the travel speed increases and in any case for  $\alpha > \omega$ . This second term consists of the resonance factor of the inertial mass  $M$  ( $\omega^2 = k/M$ ), multiplied by the force  $k\zeta_0$ . This term grows from zero to  $\infty$  as  $\alpha$  varies between 0 and  $\omega$  respectively, while it tends to 1 for  $\alpha > \omega$ . Precisely to the condition  $\alpha = \omega$  it is possible to associate a critical speed ( $v_{crit}$ ) defined by the relation:



all'aumentare della velocità di spostamento e comunque per  $\alpha > \omega$ . Questo secondo termine è costituito dal fattore di risonanza della massa inerziale  $M$  ( $\omega^2 = k/M$ ), moltiplicato per la forza  $k\zeta_0$ . Questo termine cresce da zero a  $\infty$ , al variare di  $\alpha$  tra 0 e  $\omega$  rispettivamente, mentre tende a 1 per  $\alpha$  al variare di  $\infty$ . Proprio alla condizione  $\alpha = \omega$  è possibile associare una velocità critica ( $v_{crit}$ ) definita dalla relazione:

$$v_{crit} = \frac{L_c}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} \quad (35)$$

L'argomento del vettore  $K_2$ , rotante con pulsazione  $\omega$ , è costituito da due termini in cui il fattore di risonanza compare in  $\alpha$  e in  $\beta$ , moltiplicato rispettivamente per le forze  $k\zeta_0$  e  $ky_0$ . Per il fattore di risonanza in  $\alpha$  vale quanto già detto a proposito di  $K_1$ . Per quello in  $\beta$  si osservi che esso non varia significativamente con la velocità  $v$  e che per l'ipotesi inizialmente fissata ( $\beta = \beta(v) = \text{costante}$ ), risulterà anche nel caso studio specifico una costante, la cui entità sarà tanto maggiore (al limite  $\infty$ ) quanto più  $\omega$  tende al valore di  $\beta$ .

L'argomento del vettore  $K_3$ , rotante con pulsazione  $\beta$  è costituito dalla forza  $ky_0$  moltiplicata per il fattore di risonanza in  $\beta$  già esaminato.

L'equazione (32), costituita dai moduli  $K_1$ ,  $K_2$  e  $K_3$ , può essere idealizzata come una funzione di secondo grado, con punto di discontinuità all'infinito per  $\alpha = \omega$  ma con sviluppo che tende a divenire parabolico per  $\alpha > \omega$ . Il diagramma relativo trasla quindi lungo l'asse delle ordinate al variare del fattore di risonanza in  $\beta$ . Si noti infine che la curva non è definita per velocità nulla a causa dell'ipotesi sull'invariabilità di  $\beta$  e  $y_0$ , in funzione della velocità  $v$ .

## 4. Applicazione del metodo ed interpretazione dei risultati

### 4.1. Attribuzione dei valori ai parametri di analisi

La selezione dei valori da attribuire ai vari parametri che compaiono nella relazione (25), è stata effettuata considerando i suggerimenti derivanti dall'esperienza relativa ai dispositivi esistenti [16][18][19][20][22], dalle indicazioni normative [25][28][29][30][31] e, infine, dalla necessità di fornire un quadro sufficientemente esaustivo e sintetico del problema in esame.

Da quanto esposto nelle ipotesi di lavoro, per la pulsazione  $\beta$  si stabilisce "a priori" una relazione generale del tipo  $\beta = \beta(v) = \text{costante}$ . Inoltre, non si introduce ampia incertezza se, riferendosi alla conoscenza della progettazione del veicolo (caratteristiche dei modi propri di vibrazione della cassa di un veicolo ferroviario) e utilizzando il primo dei due intervalli di interesse (0 (Hz) ÷ 5 (Hz)) proposti dalla EN50318, sono fissati due valori di limite per la frequenza,  $f_{min} = 2.5$  (Hz) e  $f_{max} = 5.0$  (Hz): a questi corrispondono le due pulsazioni  $\beta_{fmin} = 15.7$  (rad/s) e  $\beta_{fmax} = 31.4$  (rad/s). Per i valori da attribuire all'ampiezza di oscillazione verticale  $y_0$ , si consideri la condizione di marcia (Fig. 12) del veicolo più gravosa (disagevole) corrispon-

$$v_{crit} = \frac{L_c}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} \quad (35)$$

*The argument of the vector  $K_2$ , rotating with frequency  $\omega$ , consists of two terms in which the resonance factor appears in  $\alpha$  and in  $\beta$  multiplied by the forces  $k\zeta_0$  and  $ky_0$  respectively. For the resonance factor in  $\alpha$ , what has already been said about  $K_1$  is valid. For the one in  $\beta$  it must be observed that it does not vary significantly with the speed  $v$  and that for the initially fixed hypothesis of  $\beta = \beta(v) = \text{cost}$ , it will also result in the specific case study a constant, the entity of which it will be the greater (at the limit  $\infty$ ) the more  $\omega$  tends to the value of  $\beta$ .*

*The argument of the vector  $K_3$ , rotating with frequency  $\beta$  is constituted by the force  $ky_0$  multiplied by the resonance factor in  $\beta$  already examined.*

*The equation (32), based on the absolute values of the arguments  $K_1$ ,  $K_2$  and  $K_3$ , can be idealized as a second-degree function with a discontinuity point at infinity for  $\alpha = \omega$  but with a trend that becomes parabolic for  $\alpha > \omega$ . The relative diagram then translates along the ordinate axis as the resonance factor in  $\beta$  varies. Finally, note that the curve is not defined for zero speed due to the hypothesis on the invariability of  $\beta$  and  $y_0$ , as a function of speed  $v$ .*

## 4. Application of the method and interpretation of the results

### 4.1. Assigning values to analysis parameters

*The selection of the values, to be attributed to the various parameters that appear in the report (25), was carried out considering the suggestions deriving from the experience relating to existing devices [16][18][19][20][22], from the normative indications [25][28][29][30][31] and, finally, from the need to provide a sufficiently exhaustive and concise picture of the phenomenon in question.*

*From what has been explained in the working hypotheses, for the parameter  $\beta$  a general relationship of the type  $\beta = \beta(v) = \text{Cost}$  is established "a priori". Furthermore, no extensive uncertainty is introduced if, from the common knowledge of vehicle design (characteristics of the proper modes of vibration of the body of a railway vehicle) and using the first of the two reference intervals (0 (Hz) ÷ 5 (Hz)) proposed from EN50318, two values of interest for the frequency are fixed,  $f_{min} = 2.5$  (Hz) and  $f_{max} = 5.0$  (Hz) to which the two frequencies  $\beta_{fmin} = 15.7$  (rad/s) and  $\beta_{fmax} = 31.4$  (rad/s) correspond. For the values to be attributed to the vertical oscillation amplitude  $y_0$ , consider the driving condition (Fig. 12) of the most demanding (uncomfortable) vehicle corresponding to a quality index (Ride Index)  $W_z = 4$  ([26] and [27], note that the condition may be typical for the motion of a freight wagon). To this value of  $W_z$  correspond the accelerations of  $a_{fmin} = 2.0$  (m/s<sup>2</sup>) and  $a_{fmax} = 2.5$  (m/s<sup>2</sup>), based on which we obtain respectively for  $y_0$  ( $y_0 = a/\beta^2$ ) the values  $y_{ofmin} = 8.1 \cdot 10^{-3}$  (m) and  $y_{ofmax} = 2.5 \cdot 10^{-3}$  (m). The running index  $W_z$  is assumed to be constant in the entire speed*

dente ad un indice di qualità (*Ride Index*)  $Wz = 4$  ([26] e [27]: si noti che la condizione può essere tipica del moto di un carro merci). A questo valore di  $Wz$  corrispondono le accelerazioni di  $a_{fmin} = 2.0$  (m/s<sup>2</sup>) e  $a_{fmax} = 2.5$  (m/s<sup>2</sup>), in base alle quali si ottengono rispettivamente ( $y_0 = a/\beta^2$ ) i valori  $y_{ofmin} = 8.1 \cdot 10^{-3}$  (m) e  $y_{ofmax} = 2,5 \cdot 10^{-3}$  (m). Inoltre, si assume costante l'indice di marcia  $Wz$  in tutto l'intervallo di velocità, per le stesse ragioni espone in relazione alla funzione  $\beta(v)$ . L'aver assunto  $\beta$  e  $y_0$  costanti al variare della velocità comporta una valutazione per eccesso delle variazioni di forza  $F$ , in particolare nel campo delle basse velocità di marcia. Queste approssimazioni portano a condizioni operative più severe di quelle reali. Per la funzione  $\zeta = \zeta(t)$  si è assunto:

$$\zeta = \zeta_0 \cos(\alpha t) \tag{36}$$

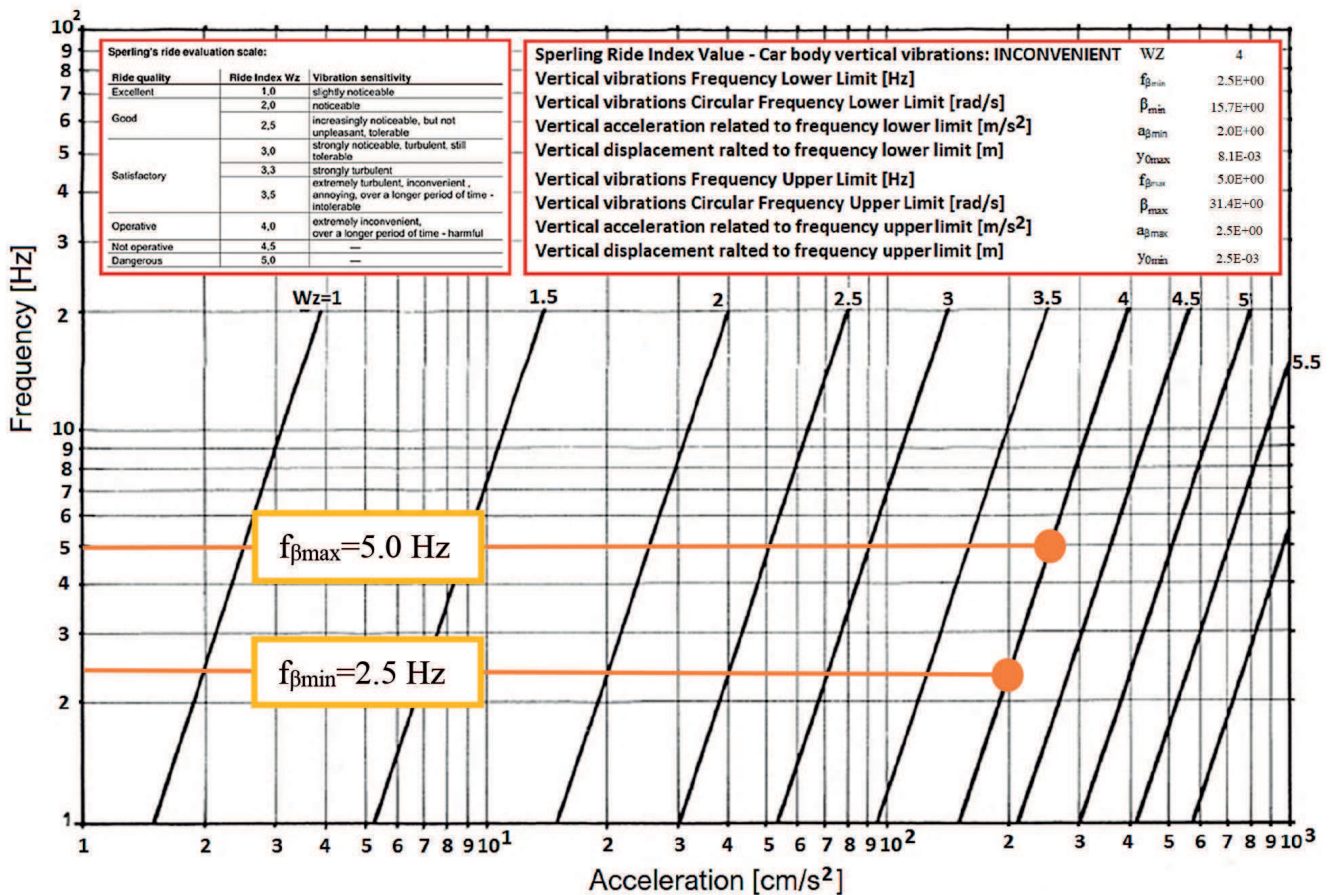
Si noti che questa funzione rappresenta l'unica irregolarità geometrica che la trave portante della catenaria può assumere per inflessione gravitazionale o per non conformità di installazione ma non per fenomeni di usura, causati dal contatto ripetuto con lo strisciante di captazione del pantografo. Questo secondo tipo di difetto, paragona-

range, for the same reasons explained in relation to the  $\beta(v)$  function. By assuming constant  $\beta$  and  $y_0$  as the velocity varies, means to set the analysis in evaluation for excess of the  $F$  variation, particularly in the low velocity field. These approximations lead to operating conditions that are more severe than the real ones. For the function  $\zeta = \zeta(t)$  has been assumed:

$$\zeta = \zeta_0 \cos(\alpha t) \tag{36}$$

It should be noted that this function represents the only geometric irregularity that the catenary beam can assume due to gravitational inflection or due to non-conformity of installation but not due to wear phenomena caused by contact with the pantograph contact strip. This second type of defect, comparable to wave wear (see Fig. 6), has dimensions of about two orders of magnitude less than the anchoring distance of the rigid catenary, generally they are determined by the operating characteristics of the materials in contact.

For these considerations and depending on the analysis of the problem, the genesis of this phenomenon is not the subject of in-depth analysis. The architecture of the rigid ca-



(Fonte – Source: [26][27])

Figura 12 – Nomogramma per la stima dell'indice di qualità della marcia.

Figure 12 – Nomogram for estimating the running quality index.

bile all'usura ondulatoria (cfr. Fig. 6), ha dimensioni di circa due ordini di grandezza inferiori rispetto alla distanza di installazione dei giunti isolanti di ancoraggio della catenaria rigida e, generalmente, risulta determinato dalle caratteristiche operative dei materiali a contatto.

Per queste considerazioni e in funzione dell'analisi del problema, la genesi di tale fenomeno non è oggetto di approfondimenti. L'architettura della catenaria rigida, nel tratto compreso tra due ancoraggi adiacenti (vincoli), subisce effetti deformativi riconducibili a quelli di una trave doppiamente incastrata alle estremità e sollecitata dal proprio peso. L'ampiezza della deformazione, misurata da picco a picco, può essere individuata in un intervallo di valori i cui estremi sono rappresentati:

- a) da una condizione di linea aerea di contatto nello stato funzionale iniziale e priva di non conformità di montaggio (valore  $\zeta_0 = \zeta_{0min}$ , come limite inferiore);
- b) da una condizione di avanzato stato di degrado strutturale e geometrico, pari ad un ipotetico raddoppio del valore stimato per la condizione a) e che definisce un limite superiore quantificabile in circa  $\zeta_{0max} = 2 \zeta_{0min}$ . L'individuazione di tali valori ha imposto al sistema condizioni geometriche di interazione tra linea aerea di contatto e strisciante del pantografo ancora una volta più gravose di quelle reali, come ipotizzato per la scelta del parametro  $y_0$ .

Si consideri lo schema della catenaria rigida che identifica una porzione della struttura sospesa a due isolatori elettrici (Fig. 13), riconducibile a quanto evidenziato nei paragrafi introduttivi (vedi Fig. 4(B)).

Siano  $L_c$  la lunghezza della linea di contatto tra due vincoli adiacenti (giunti isolanti),  $E_c$  il modulo di Young del materiale costituente la linea (per un'ipotesi di trave portante in lega di alluminio, densità  $2700 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ , e inserimento del filo di contatto in rame, densità  $9000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  si stima una densità media di circa  $3000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ ) ed infine  $I_c$  il momento di inerzia alla flessione attorno ad un'asse trasversale ed orizzontale rispetto alla linea di installazione della struttura. Per un calcolo di prima approssimazione che valuti il valore del parametro  $\zeta_0$  sono stati utilizzati i dati disponibili nelle più comuni pubblicazioni relative alla Scienza delle Costruzioni (Tab. 1).

Considerando in prima approssimazione per la trave di sostegno al filo di contatto una sezione a T rovesciata di  $180^\circ$  e di dimensioni medie uguali per tutti gli spessori, troviamo i valori di  $\zeta_{0min} = 7.6 \cdot 10^{-3} \text{ (m)}$  e  $\zeta_{0max} =$

tenary, in the portion between two adjacent anchors (constraints), undergoes deformation effects attributable to those of a beam wedged at the ends and stressed by its own weight. The amplitude of the deformation, measured from peak to peak, can be identified in a range of values whose extremes are represented:

- a) from an overhead contact line condition in initial operating state and free from assembly non-conformities (value  $\zeta_0 = \zeta_{0min}$ , as lower limit);
- b) from a condition of advanced state of structural and geometric degradation, equal to a hypothetical doubling of the estimated value for condition a) which defines an upper limit that can be quantified as approximately  $\zeta_{0max} = 2 \zeta_{0min}$ . The identification of these values imposed on the system geometric interaction conditions between overhead contact line and sliding contact once again more burdensome than the real ones, as was assumed for the choice of parameter  $y_0$ .

Consider then the rigid catenary scheme that identifies a portion of the structure suspended from two electrical insulators (Fig. 13), referable to what is highlighted in the introductory paragraphs (see Fig. 4(B)).

Let  $L_c$  be the length of the contact line connected to two adjacent restraints (insulators),  $E_c$  the Young's modulus of the material making up the line (for a hypothesis of an aluminium alloy load-bearing beam, density  $2700 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ , and insertion of copper contact wire, density  $9000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ , an average density of about  $3000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  is estimated) and fi-

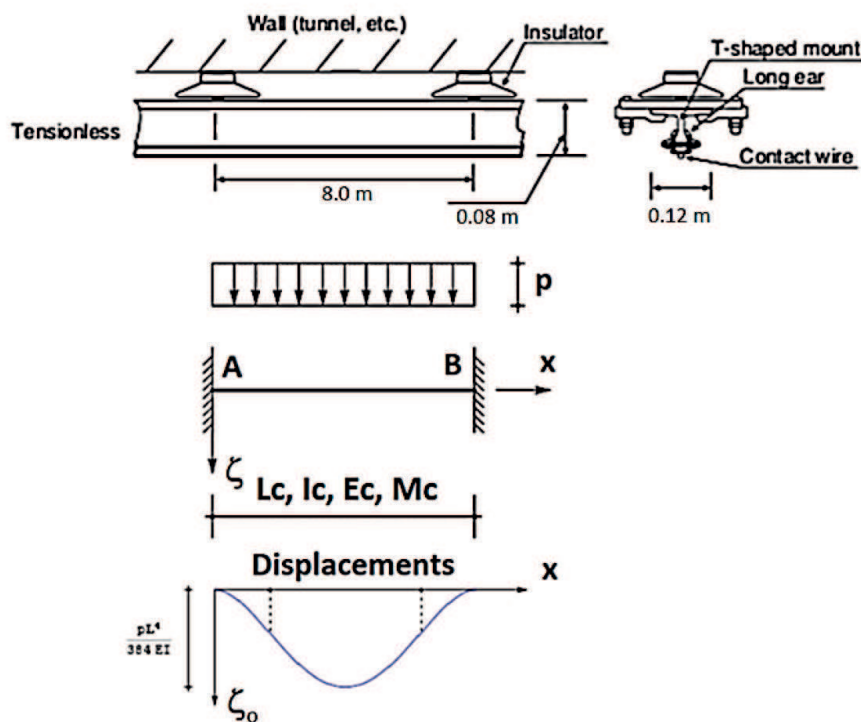


Figura 13 – Porzione di linea di contatto rigida soggetta ad inflessione per gravità. Figure 13 – Part of rigid contact line subject to deflection by gravity.

Tabella 1 – Table 1

Caratteristiche geometriche della struttura portante della linea aerea rigida  
*Geometric characteristics of the supporting structure of the rigid line overhead*

$L_c$ (m):	distanza tra i vincoli di supporto della catenaria rigida <i>distance between standstill constraints of rigid overhead</i>	8.00(*)
$A_c$ (m <sup>2</sup> ):	area a T della sezione trasversale della catenaria rigida <i>T beam section area of rigid overhead</i>	4 10 <sup>-3</sup>
$E_c$ (N/m <sup>2</sup> ):	modulo di Young (per l'intera struttura, lega di alluminio e di rame) <i>Young modulus (whole structure, aluminium/copper alloy)</i>	0.72 10 <sup>11</sup>
$I_c$ (m <sup>4</sup> ):	momento di inerzia alla flessione della trave a T attorno all'asse trasversale <i>T beam bending moment about transversal axis</i>	2.3 10 <sup>-6</sup>
$p_c$ (N/m):	peso distribuito per unità di lunghezza della trave a T (intera struttura, lega alluminio/rame) <i>T beam distributed gravity load (whole structure, aluminium/copper alloy)</i>	117.72
$H_c$ (m):	altezza della sezione trasversale a T della catenaria rigida <i>T beam height of the rigid overhead</i>	0.080
$W_c$ (m):	larghezza della catenaria rigida <i>T beam width</i>	0.120
$T_c$ (m):	spessore della catenaria rigida (valore medio) <i>T beam thickness (average)</i>	0.02
<p>(*) Il valore riscontrato nelle installazioni metropolitane varia da 4,00 m a 6,00 m, come stimato mediamente dai dati di consultazione pubblici e dai depliant dei principali produttori. In questo caso di studio si sceglie il valore di lunghezza della campata pari al limite inferiore (8.00 m) dell'intervallo definito da Rete Ferroviaria Italiana. A titolo informativo, la Specifica Tecnica RFI DTC ST E SP IFS TE 097 A del 13.12.2018 "Contatto rigido fisso aereo per installazione in galleria a 3 kVdc" prevede un'estensione della campata di 12,0 m per velocità di esercizio fino a 160 km/h, pari a 10,0 m per velocità di esercizio fino a 120 km/h e infine pari a 8,0 m per velocità di esercizio fino a 80 km/h. Quest'ultimo valore di velocità del treno è coerente con un esercizio di metropolitana e con riferimento a questo è possibile stimare un valore <math>L_c</math> per il caso studio.                  (*) <i>The value found in underground installations varies from 4.00 m to 6.00 m, as estimated on average from public consultation data and brochures from the major manufacturers. In this study case, the span length value equal to the lower limit (8.00 m) of the interval defined by the Italian Railway Network is chosen. For information, the Technical Specification RFI DTC ST E SP IFS TE 097 A of 13.12.2018 "Fixed rigid contact overhead for installation in tunnels at 3 kVdc" provides for a span extension of 12.0 m for operating speeds up to 160 km/h, equal to 10.0 m for operating speeds up to 120 km/h and finally equal to 8.0 m for operating speeds up to 80 km/h. This last train speed value is consistent with an underground operation and with reference to this, a <math>L_c</math> value can be estimated for the case study.</i></p>		

15.2 10<sup>-3</sup> (m). In sintesi, le ipotesi di lavoro messe a punto hanno fornito un indirizzo di prima approssimazione ai valori da attribuire ai parametri  $\beta$ ,  $y_0$  e  $\zeta_0$ . Va però sottolineato che, a parità di livello della qualità di marcia del rotabile, i valori assunti dalla coppia ( $\beta$ ,  $y_0$ ) consentono di esaminare i seguenti casi di studio:

- a) condizioni vicine alla risonanza tra  $\omega$  e  $\beta$ ;
- b) grande escursione verticale della cassa;
- c) piccola escursione verticale della cassa.

Inoltre, l'aver ipotizzato un intervallo di variabilità anche per il parametro  $\zeta_0$ , permette di analizzare due ipotetiche situazioni estreme:

- a) linea di contatto in condizione di prima installazione;
- b) linea di contatto in condizioni di installazione con non conformità dovute ad errori di installazione o mancata manutenzione.

Come evidenziato (Cfr. Tab. 1), la lunghezza della campata  $L_c$  è stata fissata in 8 (m) (vedi Fig. 13), sulla base del-

lamente  $I_c$  il momento di inerzia quando si piega attorno a un'asse trasversale e orizzontale rispetto all'asse di installazione della struttura. Per una prima approssimazione di calcolo si valuta il valore del parametro  $\zeta_0$ , dato dalle pubblicazioni più comuni relative alla Scienza delle Costruzioni che sono state utilizzate (Tab. 1).

Considerando la trave di supporto della trave di contatto che viene capovolta di 180° e con le stesse dimensioni per tutte le spessori, si trovano i valori di  $\zeta_{0min} = 7.6 \cdot 10^{-3}$  (m) e  $\zeta_{0max} = 15.2 \cdot 10^{-3}$  (m). In sintesi, le ipotesi di lavoro formulate hanno fornito una prima approssimazione ai valori da attribuire ai parametri  $\beta$ ,  $y_0$  e  $\zeta_0$ . Tuttavia, è da sottolineare che, con la stessa qualità di marcia del materiale rotabile, i valori assunti dalla coppia ( $\beta$ ,  $y_0$ ) consentono di esaminare i seguenti casi di studio:

- a) condizioni vicine alla risonanza tra  $\omega$  e  $\beta$ ;
- b) grande escursione verticale della cassa;
- c) piccola escursione verticale della cassa.

la letteratura tecnica di RFI (Gestore dell'Infrastruttura Ferroviaria Italiana). La relazione (12) permette invece di generalizzare l'applicazione a qualsiasi valore si voglia attribuire a questo parametro, determinando le grandezze che da esso dipendono. L'effetto della lunghezza  $L_c$  è ampiamente considerato nell'intervallo di variabilità assunto da  $\zeta_0$  e pertanto non si ritiene necessaria alcuna ulteriore indagine.

Infine, per la scelta dei valori relativi ai parametri  $m$ ,  $M$ ,  $k$ , è opportuno precisare quanto segue. Lo studio intende produrre un confronto tra i valori delle funzioni di amplificazione della forza di contatto  $F(v)$  nello spazio cartesiano  $[v, F]$  e la zona di accettazione delle forze di interazione definita dai limiti funzionali di progetto e di omologazione. A tal fine, una possibile indicazione è fornita dalla metodologia di validazione (progetto-approvazione) presentata e sviluppata nella EN50367:2020 e inserita nella STI ENE. La normativa tecnica comunitaria definisce i limiti prestazionali dell'interazione tra pantografo e catenaria (forza media di contatto  $F_m$ ) differenziando la valutazione in relazione al tipo di pantografo (per trazione in corrente alternata AC e per trazione in corrente continua DC), all'intervallo delle velocità di marcia per valori inferiori e superiori a 200 (km/h) (55,6 (m/s)).

Come ipotesi di lavoro, l'indagine proposta in questa memoria vuole proporre una metodologia per l'analisi dell'interazione di contatto dinamico tra pantografo e catenaria che sia generalizzabile e indipendente dall'architettura del pantografo. Questa ipotesi porta a considerare, quali condizioni più cautelative per i limiti di confronto dell'interazione dinamica tra pantografo e catenaria, i valori compresi nell'intervallo relativo ai pantografi destinati alla trazione in corrente alternata ( $F_m$  (AC)) e verificabili anche nello schema correlato alle tabelle EN50367:2020 (Fig. 14 (A) e Fig. 14 (B)).

Per completare quanto finora esposto, si sottolinea che il limite di variabilità del valore della forza di contatto nella Normativa UE è correlato ad una deviazione standard  $\sigma = 0.3x F_m$ . Questa incertezza coincide con una probabilità di perdita di contatto tra pantografo e linea aerea di contatto inferiore al 27%, che potrebbe corrispondere ad una perdita di forza premente, da parte del pantografo, inferiore a  $0.1x F_m$  (limite inferiore di accettazione per la formazione di archi elettrici). Tale condizione è evidenziata anche nel diagramma riepilogativo relativo ai limiti di interazione tra pantografo e linea aerea di contatto (cfr. Fig. 14 (B), area coperta in azzurro). Ipotizzando una valutazione più prudente dell'analisi, i limiti della fascia di accettazione sono quindi riferiti ai pantografi dedicati alla trazione in corrente alternata (cfr. Fig. 14, DC – grafici in linea punteggiata). In questo contesto, la EN50318 [29] fornisce il miglioramento dei parametri strutturali del modello del pantografo vibrante, sebbene diverso da quello adottato in questa discussione. I valori sono ben definiti e riconducibili ad un modello a parametri inerziali ed elastici concentrati (Fig. 15), per pantografi idonei alla trazione in corrente alternata (AC) e in corrente continua

Furthermore, having assumed an interval of variability also for the parameter  $\zeta_0$ , allows us to analyze two hypothetical extreme situations:

- a) contact line in initial installation condition;
- b) contact line in conditions of installation with non-conformities due to installation errors or lack of maintenance.

As highlighted (Cfr. Tab. 1), the length of the span  $L_c$  has been fixed at 8 (m) (see Fig. 13), based on the technical literature of RFI (Italian Railway Infrastructure Manager). On the other hand, the relation (12) allows you to generalize the application to any value you want to attribute to this parameter, determining the quantities that depend on it. The effect of the length  $L_c$  is widely considered in the range of variability assumed by  $\zeta_0$  and therefore no further investigation is deemed necessary.

Finally, for the choice of the values relating to the parameters  $m$ ,  $M$ ,  $k$ , it is appropriate to state the following. The study intends to produce a comparison between the values of the functions  $F(v)$  in the cartesian space  $[v, F]$  and the acceptance zone of the interaction forces between the design and approval functional limits. For this purpose, a possible indication is provided by the validation methodology (project-approval) presented and developed in EN50367:2020 and included in the TSI ENE. The EU technical legislation defines the performance limits of the interaction between pantograph and catenary (average contact force  $F_m$ ) differentiating the evaluation in relation to the type of pantograph (for traction in alternating current AC and for traction in direct current DC), in the speed range of gear below and above 200 (km/h) (55.6 (m/s)).

As a working hypothesis, the investigation methodology proposed in this paper is aimed at proposing a methodology for the analysis of the dynamic contact interaction between pantograph and catenary that is generalizable and independent from the architecture of the pantograph. This hypothesis leads to consider, as more precautionary conditions for the comparison limits of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line, the values included in the interval relating to pantographs intended for traction in alternating current ( $F_m$  (AC)) and verifiable also in the correlated diagram to tables EN50367:2020 (Fig. 14 (A) and Fig. 14(B)).

To complete what has been described, it is emphasized that the limit defined for the variability of the contact force value in the EU Normative is correlated to a standard deviation  $\sigma = 0.3x F_m$ . This uncertainty coincides with the probability of loss of contact between pantograph and overhead contact line of less than 27%, which could correspond to a loss of pressing force by the pantograph of less than  $0.1x F_m$  (lower acceptance limit for the formation of electric arcs). This condition is also highlighted in the summary diagram relating to the interaction limits between the pantograph and the overhead contact line (area covered in light blue). Assuming a more cautious evaluation of the analysis, the limits of the acceptance zone therefore refer to the panto-

(DC). Con riferimento esclusivamente al primo tipo di pantografo (AC), è possibile individuare (Tab. 2) solo alcuni dei valori da attribuire ai parametri di rigidità elastica ( $k_{2(AC)}$  e  $k_{3(AC)}$ ) e di inerzia ( $m_{1(AC)}$ ,  $m_{2(AC)}$ ,  $m_{3(AC)}$ ) da applicare al modello di studio. Gli altri valori di smorzamento ( $k_{1(AC)}$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ ) non sono considerati, in quanto il processo teorico di riduzione a masse concentrate, applicato nell'ambito della presente relazione, è diverso da quello proposto nella norma europea. I valori delle rigidità  $k_{2(AC)}$  e  $k_{3(AC)}$  possono essere combinati in una "serie" rigidità  $k_{Eq(AC)} = (1/k_{2(AC)} + 1/k_{3(AC)})^{-1}$  per rispettare la configurazione elastica del modello ad un solo grado di libertà di oscillazione verticale. Allo stesso modo sono stati utilizzati i valori delle masse ridotte ( $m_{1(AC)}$ ,  $m_{2(AC)}$ ): nel modello ad un solo grado di libertà, esse sono, in prima approssimazione, sommate nell'unica massa ridotta oscillante  $M$ , con un valore un di riferimento (15 (kg)) già utilizzato nella procedura di riduzione del manovellismo a glifo divergente (Vedi §3.1).

4.2. Calcolo numerico dei casi di studio

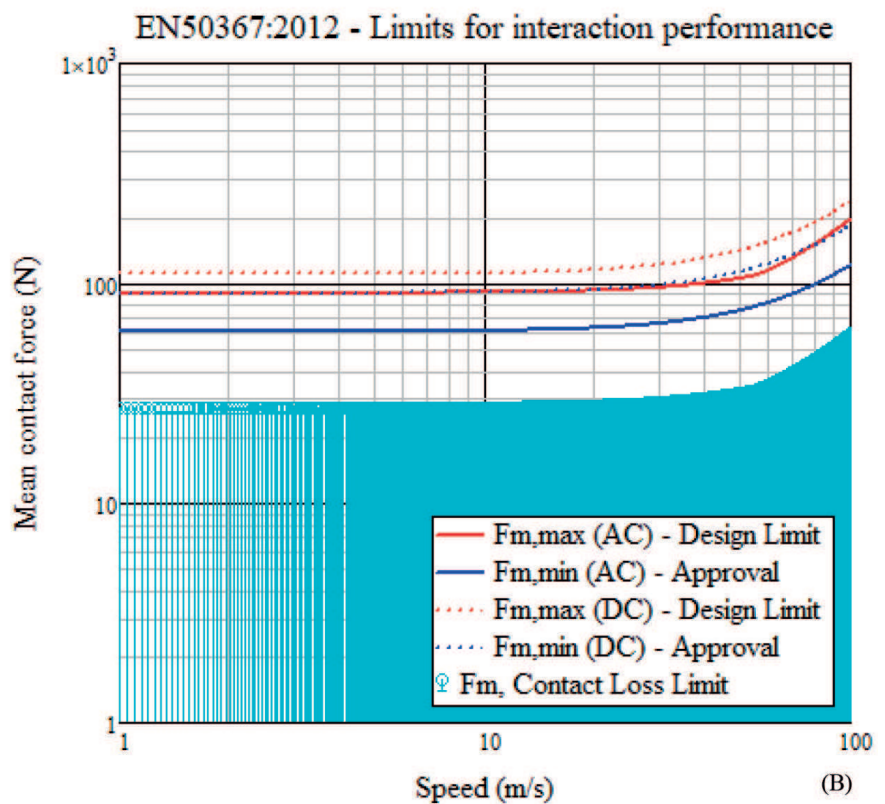
Le ipotesi di lavoro e la scelta dei valori da attribuire ai parametri di analisi consentono l'elaborazione numerica degli scenari di interesse. Come detto, i risultati numerici delle elaborazioni sono rappresentati in diagrammi nello spazio cartesiano di analisi [v,F], dove la variabilità della velocità  $v$  è introdotta nella relazione (32) mediante la relazione (12). Vengono determinati i valori della sollecitazione media di contatto  $F_m$ , di cui alla EN50367, per ciascuna delle possibili combinazioni di valori dei parametri considerati e i valori confrontati con l'area di accettazione (progetto-approvazione, colore giallo) e con l'area di possibile perdita di contatto tra la striscia di contatto e la linea aerea di contatto (colore ciano).

Dall'analisi è escluso l'intervallo di velocità relativo alla condizione critica (risonanza), che rappresenta una funzionalità operativa del sistema da evitare: considerazioni in proposito sono già state espresse e possono essere analizzate per l'applicazione di dispositivi antivibranti verticali del pantografo anche in relazione alle indicazioni

Category Line speed	AC		DC 1,5 kV		DC 3 kV	
	v ≤ 200 km/h	v > 200 km/h	v ≤ 200 km/h	v > 200 km/h	v ≤ 200 km/h	v > 200 km/h
$F_{m,max}$ (N) <sup>a</sup> Design limit	$0,000\ 47\ v^2 + 90$	$0,000\ 97\ v^2 + 70$	$0,000\ 97\ v^2 + 140$	$0,002\ 28\ v^2 + 90$	$0,000\ 97\ v^2 + 110$	
$F_{m,min}$ (N) Minimum for pantograph approval <sup>a</sup>	$0,000\ 47\ v^2 + 60$		$0,001\ 12\ v^2 + 70$		$0,000\ 72\ v^2 + 90$	
$\sigma_{max}$ (N) at maximum speed <sup>b</sup>	0,3 $F_m$					

<sup>a</sup> For visualization of the formulas and maximum speed see Figures A.10 to A.12.  
<sup>b</sup> The limit of  $\sigma = 0,3 F_m$  gives a probability of less than 0,27 % that contact forces lower than  $0,1 F_m$  occur for normal Gaussian distribution of forces.

(A)

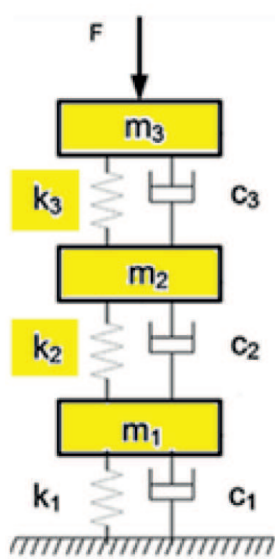


(B)

Figura 14 – (A) STI ENE/EN50367: 2020 - Tabella 6, estratto del documento normativo, limiti delle prestazioni di interazione (forza di contatto media tra pantografo e catenaria); (B) diagramma dei limiti di forza media per il contatto tra il pantografo e catenaria rigida.

Figure 14 – (A) TSI ENE/EN50367: 2020 - Table 6, extract from the regulatory document, interaction performance limits (average contact force between pantograph and overhead contact line); (B) diagram of mean force limits for contact between pantograph and rigid overhead.

graphs dedicated to traction in alternating current (cf. Fig. 14, DC – plots in dotted line). In this context, EN50318 [29] provides the enhancement of the structural parameters of the vibrating pantograph model, albeit different from the one adopted in this discussion. The values are well defined and referable to a model with concentrated inertial and elastic parameters (Fig. 15), for pantographs suitable for traction in alternating current (AC) and direct current (DC).



Parameters		AC	DC
Reduced dynamic mass [kg]	$m_1$	6,0	10,93
	$m_2$	9,0	11,28
	$m_3$	7,5	15,12
Damping [Ns/m]	$c_1$	100	121
	$c_2$	0,1	0
	$c_3$	45,0	20
Stiffness [N/m]	$k_1$	160,0	1
	$k_2$	15 500,0	10 600
	$k_3$	7 000,0	4 500

Nel sistema vibrazionale  $m_3$  indica la massa della testa dell'archetto di contatto,  $m_2$  indica la massa della metà superiore della struttura del pantografo ed infine  $m_1$  definisce la massa concentrata per la metà inferiore della struttura del pantografo.

In the vibration system:  $m_3$  means the mass of the collector head,  $m_2$  shows the mass of the upper half of the pantograph structure and finally,  $m_1$  defines the mass concentrated for the lower half of the pantograph structure.

(Fonte – Source: [29])

Figura 15 – Massa concentrata del sistema vibrante a 3 gradi di libertà alla traslazione verticale come riportato in [29]: in giallo sono evidenziati i parametri di inerzia ed elasticità utilizzati come valori di riferimento nel modello ad un grado di libertà alla traslazione verticale.

Figure 15 – Lumped mass of 3 Degrees of Freedom (DoF) for vertical vibrating system as reported in [29]: in yellow colour are highlighted inertia and stiffness parameters used as reference values in 1 DoF model.

Tabella 2 – Table 2

Valori assunti per i parametri di interesse  
Values taken for the interested parameters

Parametro Parameter	Unità Units (SI)	Valore Value	Da From
m	[kg]	$m_{3(AC)}=m_0$ ; $m_1=2xm_0$	EN50318
M	[kg]	$1x15,0$ ; $2x15,0$ ; $4x15,0$	Risultato di Eq. (1) Result of Eq. (1)
k	[N/m]	$k_{Eq(AC)}=k_{Eq0}$ ; $k_{Eq(AC)}/2=k_{Eq1}$ ; $k_{Eq(AC)}/4=k_{Eq2}$	EN50318

e ai limiti descritti in [30]. Per tutti gli scenari di analisi, un intervallo di variabilità della velocità di traslazione del pantografo compreso tra 0 (m/s) e 60 (m/s), da cui discende il valore della pulsazione  $\alpha(v)$ . I valori per le grandezze  $L_c$ ,  $(\beta, y_0)$ ,  $c_0$ , sono stati precedentemente stabiliti. I valori delle inerzie e delle rigidezze della struttura del pantografo si distinguono mediante le considerazioni evidenziate dalla classificazione offerta nella EN50318 (vedi Fig. 15). In sintesi, il modello dell'oscillatore verticale è quindi caratterizzato dal rapporto tra il parametro k e il parametro M, attraverso l'opportuna pulsazione  $\omega$  (14), a cui è correlata la velocità critica relativa  $v_{crit}(\omega)$  (35). I casi studio, quindi, sono individuati dalle matrici:

With reference exclusively to the first type of pantograph (AC), it is possible to identify (Tab. 2) only some of the values to be attributed to the parameters of elastic ( $k_{2(AC)}$  and  $k_{3(AC)}$ ) and inertial of the panto ( $m_{1(AC)}$ ,  $m_{2(AC)}$ ,  $m_{3(AC)}$ ) to be applied to the study model. The other elastic and damping values ( $k_{1(AC)}$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ ) are not considered, since the theoretical process of reduction to concentrated masses, applied in the context of this report, is different from that proposed in the European Standard. The values of the stiffness  $k_{2(AC)}$  and  $k_{3(AC)}$  can be combined in a "series" stiffness  $k_{Eq(AC)} = (1/k_{2(AC)} + 1/k_{3(AC)})^{-1}$  to respect the elastic configuration of the model to a single degree of freedom to vertical oscillation. In the same way, the values of the reduced masses ( $m_{1(AC)}$ ,  $m_{2(AC)}$ ) were used: in the model with a single degree of freedom, they are, as a first approximation, summed in the single oscillating reduced mass M, with a value un of reference (15 (kg)) already used in the slide crank mechanism reduction procedure (See §3.1).

#### 4.2. Numerical processing of cases of study

The working hypotheses and the choice of the values to be attributed to the analysis parameters allow the numerical processing of scenarios of interest. As stated, the numerical results of the elaborations are represented in diagrams in the analysis cartesian diagram  $[v, F]$ , where the variability of the velocity  $v$  is introduced in relation (32) by means of relation (12). The values of the average contact stress  $F_m$ , referred to in EN50367 are determined, for each of the poss-

$$\omega = \begin{bmatrix} \sqrt{\frac{k_{Eq0}}{M_{(1x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq1}}{M_{(1x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq2}}{M_{(1x10)}}} \\ \sqrt{\frac{k_{Eq0}}{M_{(2x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq1}}{M_{(2x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq2}}{M_{(2x10)}}} \\ \sqrt{\frac{k_{Eq0}}{M_{(4x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq1}}{M_{(4x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq2}}{M_{(4x10)}}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega(0,0) & \omega(0,1) & \omega(0,2) \\ \omega(1,0) & \omega(1,1) & \omega(1,2) \\ \omega(2,0) & \omega(2,1) & \omega(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 17.9 & 12.7 & 8.9 \\ 12.7 & 8.9 & 6.3 \\ 8.9 & 6.3 & 4.5 \end{bmatrix} \left(\frac{\text{rad}}{s}\right) \quad (37)$$

$$v_{crit} = \frac{L_c \omega}{2\pi} = \begin{bmatrix} v_{crit}(0,0) & v_{crit}(0,1) & v_{crit}(0,2) \\ v_{crit}(1,0) & v_{crit}(1,1) & v_{crit}(1,2) \\ v_{crit}(2,0) & v_{crit}(2,1) & v_{crit}(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22.8 & 16.1 & 11.4 \\ 16.1 & 11.4 & 8.1 \\ 11.4 & 8.1 & 5.7 \end{bmatrix} \left(\frac{m}{s}\right) \quad (38)$$

L'indirizzo del problema proposto considera il confronto dell'interazione tra pantografo e catenaria elastica convenzionale e tra pantografo e catenaria rigida. Per questo motivo si ipotizza una soluzione che esplori gli effetti di una riduzione della rigidità del pantografo  $k_{Eq}$ , partendo da un primo valore derivato dalle indicazioni della EN50367 a cui si sommano due valori, il secondo pari alla metà del primo e il terzo uguale a un quarto del primo. Si ribadisce che l'applicazione della variazione di questo parametro dipende dalla flessibilità di una convenzionale linea di contatto, che è tutt'altro che trascurabile. Per le tipologie di linee aeree convenzionali descritte in letteratura [32] si evidenziano valori fino a 0.80 (mm/N) che corrisponde alla rigidità flessionale di 1200 (N/m). Infine, come già definito, per la massa concentrata ridotta (M), si assume come ipotesi di lavoro quanto determinato al §3.1. La combinazione dei parametri porta alla definizione di cinque curve (tracce) per la forza di contatto F, corrispondenti alle cinque diverse condizioni critiche dinamiche identificate dalle proprie frequenze e dalle relative velocità critiche della struttura del pantografo. Il valore di F è calcolato in funzione della velocità del veicolo v (m/s) di marcia del veicolo, come previsto nell'equazione [30]. La validazione delle configurazioni di prova viene effettuata sovrapponendo alle tracce delle F, i limiti definiti dalle TSI ENE/EN50367:2020-Tabella 6, delle prestazioni di interazione relative alla forza media di contatto tra pantografo e catenaria, della progettazione e dell'omologazione (area in colore giallo) e della probabilità di perdita di contatto (area in colore ciano). Per ogni diagramma, i grafici F sono chiamati "Plot T (X = CASO DI STUDIO, Y-ID TRACCIA)":

- i grafici T(X;0), T(X;1), T(X;2) considerano la riduzione della rigidità k a parità di massa della struttura del pantografo M;
- i grafici T(X;2), T(X;3), T(X;4) considerano l'aumento della massa M della struttura del pantografo a parità di rigidità k.

La variabilità dei parametri di interesse consente di individuare sei casi studio, attraverso i quali è possibile confrontare la risposta dinamica di interazione al contatto tra pantografo e catenaria rigida:

- (CASO STUDIO n. 1, Fig. 16) dovuto alla riduzione della rigidità k e della massa della struttura M del pantografo;
- (CASO STUDIO n. 2, Fig. 17) per l'aumento della massa m della striscia di contatto, mantenendo inalterate le condizioni di prova applicate nel CASO STUDIO n. 1;

ible combinations of values of the parameters considered and the values compared with the acceptance area (project-approval, yellow background) and with the area of possible loss of contact between the contact strip and the overhead contact line (blue background).

The speed range relating to the critical condition (resonance) is excluded from the analysis, representing an operational functionality of the system to be avoided: considerations in this regard have already been expressed and can be analysed for the application of vertical vibration damping devices of the pantograph also in relation to the indications and limits described in [30]. For all the analysis scenarios, an interval of variability of the pantograph translation speed between 0 (m/s) and 60 (m/s), from which the value of the frequency  $\alpha(v)$  descends. The values for the quantities  $L_c$ , ( $\beta$ ,  $y_0$ ),  $\zeta_0$ , have been previously established. The values of the inertias and stiffnesses of the pantograph structure are distinguished by means of the considerations highlighted by the classification offered in EN50318 (see Fig. 15). In summary, the vertical oscillator model is thus characterized by the ratio between the parameter k and the parameter M, through the proper frequency  $\omega$  (14), to which the relative critical speed  $v_{crit}(\omega)$  (35) is correlated. The case studies, therefore, are identified by the matrices:

$$\omega = \begin{bmatrix} \sqrt{\frac{k_{Eq0}}{M_{(1x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq1}}{M_{(1x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq2}}{M_{(1x10)}}} \\ \sqrt{\frac{k_{Eq0}}{M_{(2x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq1}}{M_{(2x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq2}}{M_{(2x10)}}} \\ \sqrt{\frac{k_{Eq0}}{M_{(4x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq1}}{M_{(4x10)}}} & \sqrt{\frac{k_{Eq2}}{M_{(4x10)}}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega(0,0) & \omega(0,1) & \omega(0,2) \\ \omega(1,0) & \omega(1,1) & \omega(1,2) \\ \omega(2,0) & \omega(2,1) & \omega(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 17.9 & 12.7 & 8.9 \\ 12.7 & 8.9 & 6.3 \\ 8.9 & 6.3 & 4.5 \end{bmatrix} \left(\frac{\text{rad}}{s}\right) \quad (37)$$

$$v_{crit} = \frac{L_c \omega}{2\pi} = \begin{bmatrix} v_{crit}(0,0) & v_{crit}(0,1) & v_{crit}(0,2) \\ v_{crit}(1,0) & v_{crit}(1,1) & v_{crit}(1,2) \\ v_{crit}(2,0) & v_{crit}(2,1) & v_{crit}(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22.8 & 16.1 & 11.4 \\ 16.1 & 11.4 & 8.1 \\ 11.4 & 8.1 & 5.7 \end{bmatrix} \left(\frac{m}{s}\right) \quad (38)$$

The address of the proposed problem considers the comparison of the interaction between pantograph and conventional elastic catenary and between pantograph and rigid catenary. For this reason, a solution is hypothesized that explores the effects of a reduction in the stiffness of the pantograph  $k_{Eq}$ , starting from a first value derived from the indications of EN50367 to which two values are added, the second equal to half of the first and the third equal to a quarter of the first. It is reiterated that the application of the variation of this parameter depends on the flexibility of a conventional, flush contact line, which is anything but negligible. For the types of conventional overhead lines described in the literature [32], values up to 0.80 (mm/N) are highlighted, which corresponds to the flexural stiffness of 1200 (N/m). Finally, as already defined, for the reduced concentrated mass (M) of the connecting rod, what is determined in §3.1 is used as a working hypothesis. The combination of the parameters results in the definition of five F plots corresponding to the five different dynamic critical conditions identified by their own frequencies and by the relative critical speeds of the pantograph structure. The dynamic load F is calculated as a function of the vehicle's speed v (m/s) of motion as provided in equation [30]. The validation of the test configurations is carried out by superimposing on the F plots the limits defined TSI ENE / EN50367: 2020-Table 6, of the interaction



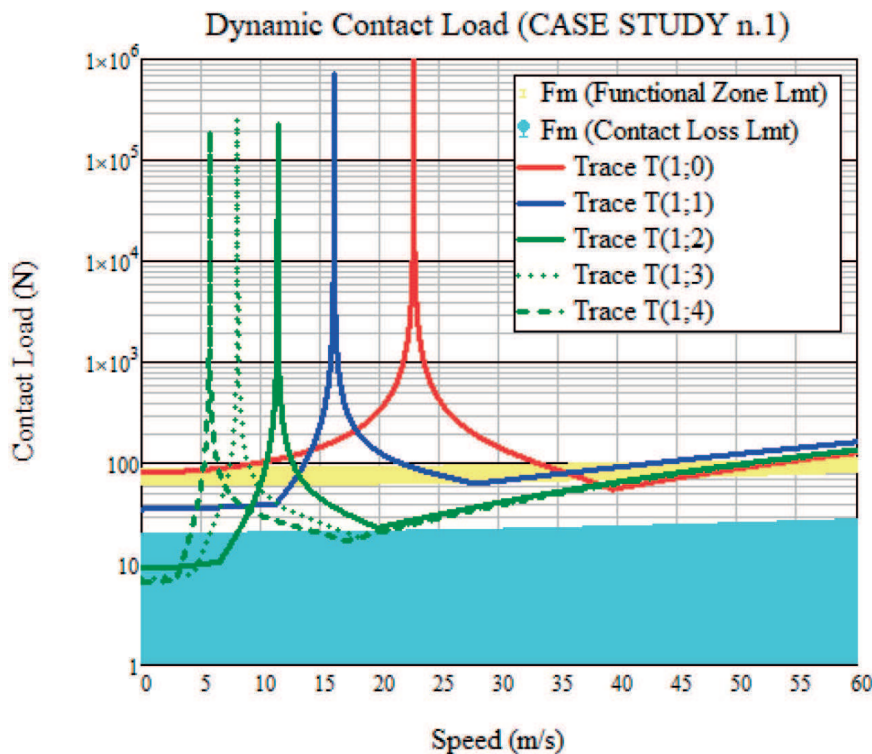


Figura 16 – (CASO STUDIO n. 1) Diagrammi di carico dinamico di contatto F: per le frequenze critiche,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Traccia T(1;0), Traccia T(1;1), Traccia T(1;2)) si consideri l'effetto della diminuzione della rigidezza,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  (Trace T(1;2), Trace T(1;3), Trace T(1;4)) si consideri l'effetto dell'aumento della massa della struttura, con  $y_0$  al valore inferiore,  $\zeta_0$  al valore inferiore ed  $m$  al valore inferiore.

Figure 16 – (CASE STUDY n. 1) Dynamic contact load F plots: for all critical frequencies,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Trace T(1;0), Trace T(1;1), Trace T(1;2)) considering the effect of lowering stiffness,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  (Trace T(1;2), Trace T(1;3), Trace T(1;4)) considering the effect of increasing structure mass, with  $y_0$  at lower value,  $\zeta_0$  at lower value and  $m$  at lower value.

- (CASO STUDIO n. 3, Fig. 18) per l'aumento dell'irregolarità  $\zeta_0$  dell'impianto di catenaria rigida, mantenendo invariate le condizioni di prova applicate nel CASO STUDIO n. 1;
- (CASO STUDIO n. 4, Fig. 19) per l'aumento dello spostamento verticale del caso  $y_0$ , mantenendo le condizioni di prova applicate nel CASO STUDIO n. 1 invariato;
- (CASO STUDIO n. 5, Fig. 20) per effetto combinato dell'aumento dell'irregolarità  $\zeta_0$  nell'installazione della catenaria rigida e dell'aumento dello spostamento verticale dell'involucro  $y_0$ , mantenendo le condizioni di prova applicate nel CASO STUDIO n. 1 invariato;
- (CASO STUDIO n. 6, Fig. 21) per effetto combinato dell'aumento dell'irregolarità  $\zeta_0$  dell'impianto di catenaria rigida, dell'aumento dello spostamento verticale dell'involucro  $y_0$  e dell'aumento della massa  $m$  del contatto striscia, mantenendo inalterate le condizioni dei test applicati nel CASO STUDIO n. 1.

performance (average contact force between pantograph and catenary), of the design and of approval (area covered in colour yellow) and the probability of contact loss (cyan area). For each diagram, the plots F are called "Plot T (X = CASE STUDY; Y-ID TRACE)":

- plots T(X;0), T(X;1), T(X;2) consider the reduction of the stiffness  $k$  for the same mass of the pantograph structure  $M$ ;
- plots T(X;2), T(X;3), T(X;4) consider the increase in the mass  $M$  of the pantograph structure with the same stiffness  $k$ .

The variability of the parameters of interest allows to identify six case studies, through which it is possible to compare the dynamic response of interaction to the contact between pantograph and rigid catenary:

- (CASE STUDY n. 1, Fig. 16) due to the reduction of the stiffness  $k$  and the mass of the structure  $M$  of the pantograph;
- (CASE STUDY n. 2, Fig. 17) due to the increase in the mass  $m$  of the contact strip, keeping the test conditions applied in CASE STUDY n. 1 unchanged;
- (CASE STUDY n. 3, Fig. 18) due to the increase in the irregularity  $\zeta_0$  of the rigid catenary installation, keeping unchanged the test conditions applied in CASE STUDY n. 1;

- (CASE STUDY no. 4, Fig. 19) due to the increase in the vertical displacement  $y_0$ , keeping the test conditions applied in CASE STUDY no. 1 unchanged;
- (CASE STUDY n. 5, Fig. 20) due to the combined effect of the increase in the irregularity  $\zeta_0$  in the installation of the rigid catenary and the increase in the vertical displacement  $y_0$ , keeping the test conditions applied in CASE STUDY n.1 unchanged;
- (CASE STUDY n. 6, Fig. 21) due to the combined effect of the increase in the irregularity  $\zeta_0$  of the rigid catenary installation, the increase in the vertical displacement  $y_0$  and the increase in the mass  $m$  of the contact strip, keeping the conditions unchanged of tests applied in CASE STUDY n. 1.

### 4.3. Interpretation of numerical calculations

#### 4.3.1. General hints

The focus of this technical investigation, developed

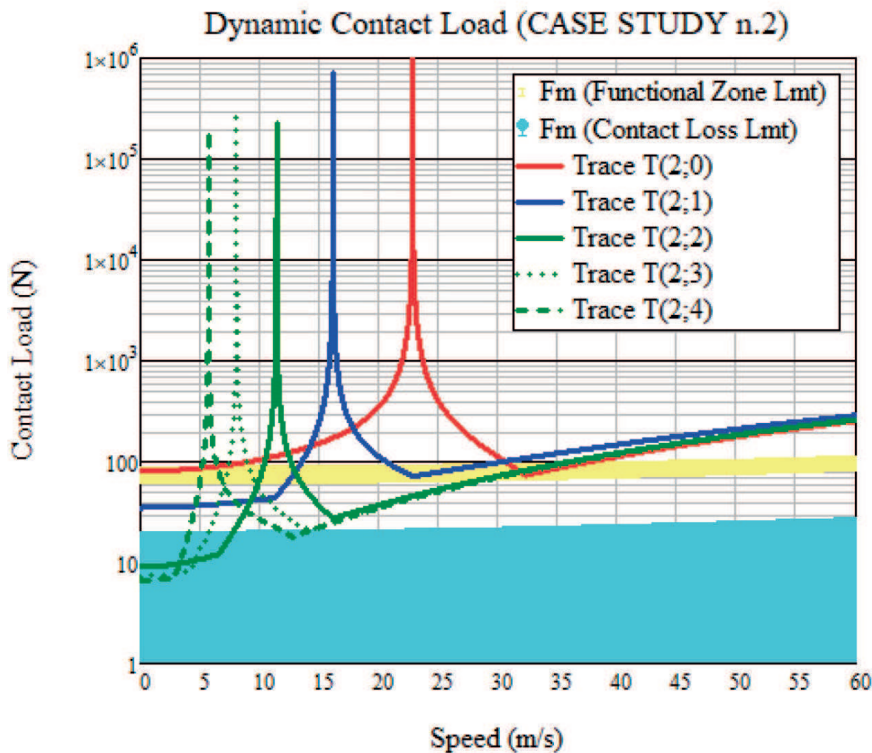


Figura 17 – (CASO STUDIO n. 2) Diagrammi di carico dinamico di contatto  $F$ : per le frequenze critiche,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Traccia T(2;0), Traccia T(2;1), Traccia T(2;2)) si consideri l'effetto della diminuzione della rigidezza,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  (Trace T(2;2), Trace T(2;3), Trace T(2;4)) si consideri l'effetto dell'aumento della massa della struttura, con  $y_0$  al valore inferiore,  $\xi_0$  al valore inferiore ed  $m$  al valore inferiore.

Figure 17 – (CASE STUDY n. 2) Dynamic contact load  $F$  plots: for all critical frequencies,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Trace T(2;0), Trace T(2;1), Trace T(2;2)) considering the effect of lowering stiffness,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  (Trace T(2;2), Trace T(2;3), Trace T(2;4)) considering the effect of increasing structure mass, with  $y_0$  at lower value,  $\xi_0$  at lower value and  $m$  at lower value.

### 4.3. Interpretazione dei calcoli numerici

#### 4.3.1. Indicazioni generali

Il focus di questa indagine tecnica, sviluppata utilizzando un modello vibrazionale semplificato, ha portato alla definizione di sei casi studio, per ciascuno dei quali i cinque grafici rappresentano diverse condizioni funzionali del sistema, che si modificano al variare delle caratteristiche strutturali del pantografo e della linea di contatto e della meccanica interazione. L'osservazione dei grafici, in tutti i casi studio, evidenzia la possibilità di suddividere l'interpretazione dei risultati relativi al carico dinamico  $F$  sulla base di tre intervalli di variabilità della velocità: il primo intervallo si estende dal valore della velocità di partenza del calcolo (1.0 (m/s)) ad una velocità prossima a 5 (m/s); il secondo intervallo inizia nell'intorno della velocità di 5 (m/s) e termina per una velocità di circa 25 (m/s); il terzo intervallo inizia nell'intorno di una velocità pari a 25 (m/s) e termina con il limite della velocità di analisi (60 m/s). Il primo intervallo di velocità è correlabile alla fase

using a simplified vibrational model, has led to the definition of six case studies, for each of which the five plots represent different functional conditions of the system, which vary as the structural characteristics of the pantograph, of the contact overhead and of interaction mechanics. The observation of the plots, in all the case studies, highlights the possibility of dividing the interpretation of the results relating to the dynamic load  $F$  on the basis of three intervals of speed variability: the first interval extends from the value of the speed of start of the calculation (1.0 (m/s)) at a speed close to 5 (m/s); the second interval begins around the speed of 5 (m/s) and ends for a speed of about 25 (m/s); the third interval begins around a speed equal to 25 (m/s) and ends with the limit of the analysis speed (60 m/s). The first speed interval can be correlated to the vehicle motion initiation phase; the critical speeds of the system fall into the second speed range; the third speed range extends the results to railway operation models aimed at high speed and high-speed applications (for speeds from approximately 100 (km/h) to 215 (km/h)). The resulting plots intersect areas of the dynamic load range  $F$ , describing the functional design and approval limits (yellow shaded area) and the contact loss (cyan shaded area).

#### 4.3.2. Effect of the variation of the stiffness $k$ and of the mass $M$ of the pantograph

The stiffness  $k$  and the reduced equivalent mass  $M$  of the pantograph structure are related to each other by means of the frequency  $\omega$ , from which the critical speed  $v_{crit}$  of interaction with the catenary derives. The combination of the stiffness and inertia parameters determines, around the  $v_{crit}$  a sudden increase to infinite values of the contact force  $F$  between the pantograph and the rigid catenary. In this regard, it should be noted that the analysis model does not consider control devices (dampers) of the vertical oscillation speed of dynamic response of the pantograph structure. In general, in the modern architecture of railway vehicles, pantographs have automatic control processes in feedback on the kinematic and dynamic response, such as to allow to minimize the undesirable effects (resonance) derived by critical conditions of interaction with the catenary and, consequently, setting a coherent adaptation to the changes in the type of railway operation. The analysis of the control of these dynamic effects concerns procedures for optimizing the behaviour of the pantograph and, therefore, is not addressed in the context of this report. The analysis of all the diagrams (Fig. 16,

di inizio del moto del veicolo; le velocità critiche del sistema rientrano nella seconda fascia di velocità; il terzo intervallo di velocità estende i risultati ai modelli di esercizio ferroviario ed alle applicazioni ad alta velocità (velocità da circa 100 (km/h) a 215 (km/h)). I grafici risultanti intersecano le aree dei valori del carico dinamico  $F$ , che descrivono i limiti della progettazione funzionale ed i limiti di omologazione (area in colore giallo), e della perdita di contatto (area in colore ciano).

4.3.2. Effetto della variazione di rigidità  $k$  di massa  $M$  del pantografo

La rigidità  $k$  e la massa equivalente ridotta  $M$  della struttura del pantografo sono correlate tra loro mediante la pulsazione  $\omega$ , da cui deriva la velocità critica  $v_{crit}$  di interazione con la catenaria. La combinazione dei parametri di rigidità e di inerzia determina, nell'intorno del valore  $v_{crit}$ , un repentino aumento a valori infiniti della forza di contatto  $F$ , tra il pantografo e la catenaria rigida. A tal proposito si precisa che il modello di analisi non considera i dispositivi di controllo (smorzatori) della velocità di vibrazione verticale relativa alla risposta dinamica della struttura del pantografo. In generale, nelle moderne architetture dei veicoli ferroviari, i pantografi attuano processi di controllo automatico in controeazione sulla risposta cinematica e dinamica, tali da consentire di contenere effetti indesiderati (risonanza) che possono derivare dall'instaurarsi di condizioni critiche nell'interazione con la catenaria e, di conseguenza, un coerente adattamento ai mutamenti della tipologia di esercizio ferroviario. L'analisi del controllo di questi effetti dinamici riguarda procedure di ottimizzazione del comportamento del pantografo, argomento che esula dal contesto della presente trattazione. L'analisi di tutti i diagrammi (Fig. 16, Fig. 17, Fig. 18, Fig. 19, Fig. 20, Fig. 21) evidenzia gli effetti indotti sull'interazione dinamica tra il pantografo e la linea rigida di contatto, prodotti dalla modifica delle caratteristiche strutturali (massa e rigidità) del sistema:

- quando la rigidità  $k$  del sistema si dimezza a parità di massa  $M$ , la relativa velocità critica diminuisce (Vedi Grafici TX0, TX1, TX2 - X = CASO DI STUDIO n.1 ÷ n.6 e prima riga della matrice (38)) con un intervallo di circa (6 m/s);
- quando la massa  $M$  del sistema raddoppia con a parità di rigidità  $k$ , la velocità critica relativa diminuisce (Vedi Grafici TX2, TX3, TX4 - X = CASO DI STU-

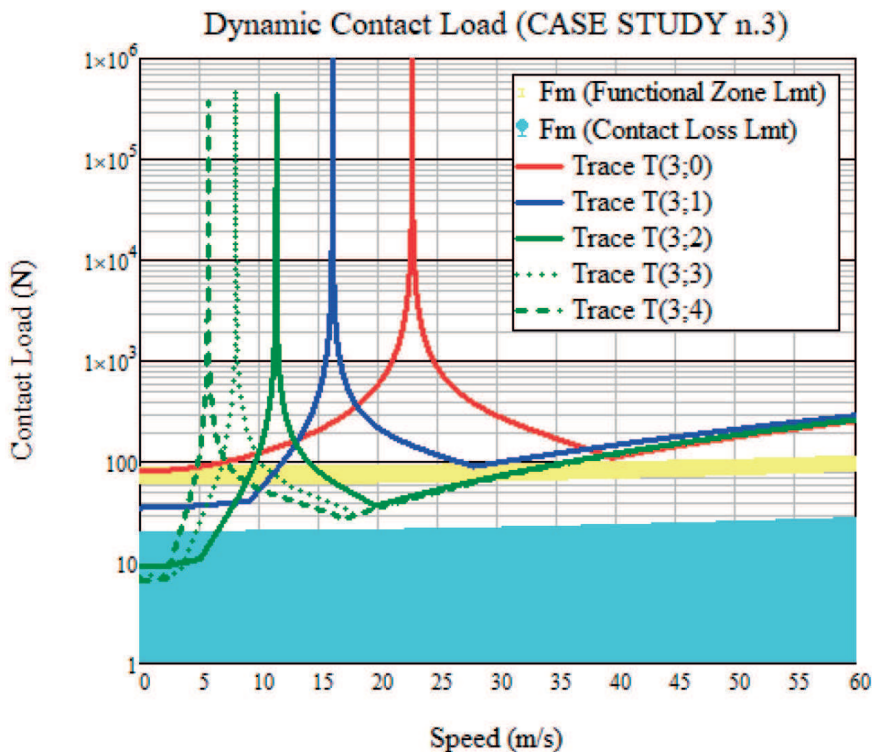


Figura 18 – (CASO STUDIO n. 3) Diagrammi di carico dinamico di contatto  $F$ : per le frequenze critiche,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Traccia T(3;0), Traccia T(3;1), Traccia T(3;2) ) si consideri l'effetto della diminuzione della rigidità,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  (Trace T(3;2), Trace T(3;3), Trace T(3;4)) si consideri l'effetto dell'aumento della massa della struttura, con  $y_0$  al valore inferiore,  $\zeta_0$  al valore superiore ed  $m$  al valore inferiore.

Figure 18 – (CASE STUDY n. 3) Dynamic contact load  $F$  plots: for all critical frequencies,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Trace T(3;0), Trace T(3;1), Trace T(3;2)) considering the effect of lowering stiffness,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  (Trace T(3;2), Trace T(3;3), Trace T(3;4)) considering the effect of increasing structure mass, with  $y_0$  at higher value and  $m$  at lower value.

Fig. 17, Fig. 18, Fig. 19, Fig. 20, Fig. 21) highlights the effects induced on the dynamic interaction between the pantograph and the rigid contact line, produced by the modification of the structural characteristics (mass and stiffness) of the system:

- when the stiffness  $k$  of the system is halved with the same mass  $M$ , the relative critical speed decreases (See Plots TX0, TX1, TX2 - X = CASE STUDY n.1 ÷ n.6 and first row of the matrix (38)) with an interval of about (6 m/s);
- when the mass  $M$  of the system doubles with the same stiffness  $k$ , the relative critical speed decreases (See Plots TX2, TX3, TX4 - X = CASE STUDY n.1 ÷ n.6 and third column of the matrix (38)) by about 3 m/s;
- for speeds close to the start of motion ( $v < 10$  (m/s)), the  $F$  values are more spaced if the stiffness  $k$  is halved compared to what is seen in the case of doubling the mass  $M$ ; however, the decrease in stiffness, if not combined with an equal increase in mass  $M$ , removes the condition of loss of contact which is instead found for all

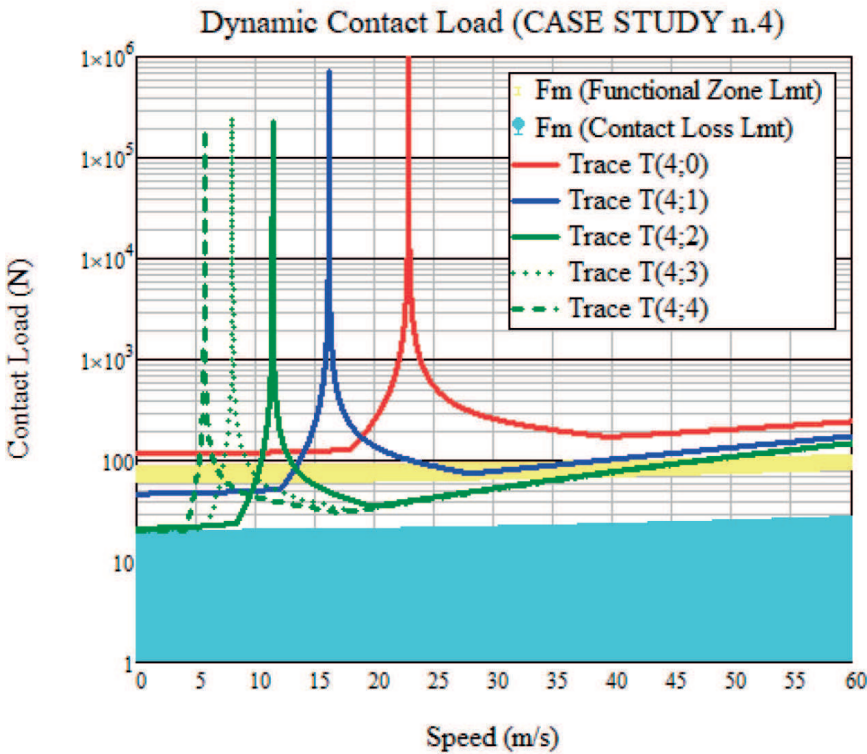


Figura 19 – (CASO STUDIO n. 4) Diagrammi di carico dinamico di contatto  $F$ : per le frequenze critiche,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Traccia T(4;0), Traccia T(4;1), Traccia T(4;2) ) si consideri l'effetto della diminuzione della rigidezza,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  (Trace T(4;2), Trace T(4;3), Trace T(4;4)) si consideri l'effetto dell'aumento della massa della struttura, con  $y_0$  al valore superiore,  $\zeta_0$  al valore inferiore ed  $m$  al valore inferiore.

Figure 19 – (CASE STUDY n. 4) Dynamic contact load  $F$  plots: for all critical frequencies,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Trace T(4;0), Trace T(4;1), Trace T(4;2)) considering the effect of lowering stiffness,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  (Trace T(4;2), Trace T(4;3), Trace T(4;4)) considering the effect of increasing structure mass, with  $y_0$  at higher value,  $\zeta_0$  at lower value and  $m$  at lower value.

DIO n.1 ÷ n.6 e terza colonna della matrice (38) di circa 3 m/s;

- per velocità prossime all'inizio del moto ( $v < 10$  (m/s)), i valori di  $F$  sono più distanziati se la rigidezza  $k$  si dimezza rispetto a quanto si vede nel caso di raddoppio della massa  $M$ ; tuttavia la diminuzione della rigidezza, se non combinata con un uguale aumento della massa  $M$ , tende a minimizzare la condizione di perdita di contatto che si riscontra invece per tutti i grafici  $F$  calcolati in base a valori di rigidezza  $k$  inferiori e per tutti i valori della massa  $M$ ;
- all'aumentare della velocità di marcia, oltre l'intervallo delle condizioni critiche, è improbabile che si verifichino eventi di perdita di contatto; la differenza tra i diversi grafici tende ad attenuarsi, in quanto i termini in  $\alpha^2$  diventano predominanti nel calcolo di  $F$  (ricordiamo che la pulsazione  $\alpha$  è direttamente proporzionale alla velocità del veicolo  $v$  e inversamente proporzionale alla distanza  $L_c$  tra due giunti isolanti adiacenti);

plots  $F$  calculated on the basis of the lower stiffness value  $k$  and for all values of mass  $M$ ;

- as the running speed increases, beyond the range of critical conditions, it is unlikely that contact loss events will occur; the difference between the different plots tends to be attenuated, since the terms in  $\alpha^2$  become predominant in the calculation of  $F$  (remember that the frequency  $\alpha$  is directly proportional to the vehicle speed  $v$  and inversely proportional to the anchorage length  $L_c$  of the rigid catenary beam between two close insulators); moreover, the resulting plots have an almost monotonous development, overcoming the functional limits of approval and design (zone in yellow colour) based on the diversity of the vibrational response characteristics for a speed value close to between 45 (m/s) and 55 (m/s).

Hereinafter the load traces in plots  $F$  shown as CASE STUDY n. 1 are considered as reference conditions of the analysis for variability induced by the other parameters of interest: mass of the contact strip  $m$ , laying irregularities  $\zeta_0$ , vertical oscillations of the vehicle  $y_0$  and combined effects of the latter.

#### 4.3.3. Effect of the variation of the mass $m$ of the pantograph contact head

The variation of the mass  $m$  of the contact strip (CASE STUDY n.2) appears to have no effect on the values of the load  $F$  for speed  $v < 10$  (m/s) for the plots with greater inertial content compared to the reference conditions (CASE STUDY No. 1). Therefore, in the case of minimum stiffness  $k$  and an increase in inertia  $M$ , a general condition of loss of contact between the catenary and the pantograph is highlighted. A similar condition is shown in the range of speeds where critical conditions occur, for which the combined effect of the mass of the contact strip  $m$  with the inertia  $M$  of the pantograph drives to reduce the speed to the one for which a second loss of contact can occur. Furthermore, once again, for high velocity values the load  $F$  is influenced by the frequency  $\alpha^2$ . In this instance, an increase of  $m$  causes an increase in the amplification of  $F$  with consequent exceeding of the functional limits of the design, and therefore also of homologation (zone in yellow colour superseded by all the traces) for a speed interval between 30 m/s and 40 m/s lower than that estimated in CASE STUDY n. 1.

inoltre i tracciati risultanti hanno uno sviluppo pressoché monotono e superano i limiti funzionali di omologazione e progettazione (banda in colore giallo) per effetto della diversità delle caratteristiche di risposta vibrazionale, a valori di velocità prossimi tra 45 (m/s) e 55 (m/s).

A seguire, le tracce della forza  $F$ , denominate CASO DI STUDIO n. 1, sono considerate condizioni di riferimento dell'analisi della variabilità indotta dagli altri parametri di interesse: massa dello strisciante di contatto  $m$ , irregolarità di posa  $\zeta_0$ , oscillazioni verticali del veicolo  $y_0$  ed effetti combinati di queste ultimi due parametri.

4.3.3. Effetto della variazione della massa  $m$  dello strisciante

La variazione della massa  $m$  dello strisciante di captazione (CASO STUDIO n.2) sembra non avere effetto sui valori della forza  $F$  per velocità  $v < 10$  (m/s) per i diagrammi a maggior contenuto inerziale rispetto alle condizioni di riferimento (CASO DI STUDIO n. 1). Diversamente, nel caso di rigidità minima  $k$  e aumento dell'inerzia  $M$ , si evidenzia una condizione generale di perdita di contatto tra catenaria e pantografo. Una condizione simile si manifesta nell'intervallo di velocità in cui si verificano condizioni critiche, per le quali l'effetto combinato della massa dello strisciante  $m$  e l'inerzia  $M$  del pantografo determina una riduzione della velocità a valori per i quali una seconda perdita di contatto può avvenire. Inoltre, ancora una volta per valori di velocità elevati, il carico  $F$  è influenzato dalla pulsazione  $\alpha^2$ . In questo caso, un aumento di  $m$  provoca comunque un aumento dell'amplificazione di  $F$  con conseguente superamento dei limiti funzionali di progetto, e quindi anche di omologazione (fascia di colore giallo superata da parte di tutti i diagrammi) per un intervallo di velocità compreso tra 30 m/ se 40 m/s inferiore a quello stimato nel CASO STUDIO n. 1.

4.3.4. Effetto della variazione dello spostamento  $\zeta_0$

L'effetto dell'aumento della ampiezza delle irregolarità di posa della catenaria rigida  $\zeta_0$  (CASO STUDIO n.3), ancora una volta per velocità  $v < 10$  (m/s) e per tutti i diagrammi a minor contenuto inerziale, amplifica  $F$  in quanto è direttamente associato ad  $\alpha^2$ . Anche in questo caso la rigidità minima  $k$  e l'aumento dell'inerzia  $M$  producono una condizione generale di perdita di contatto tra catenaria e pantografo. Nell'intervallo dei valori rela-

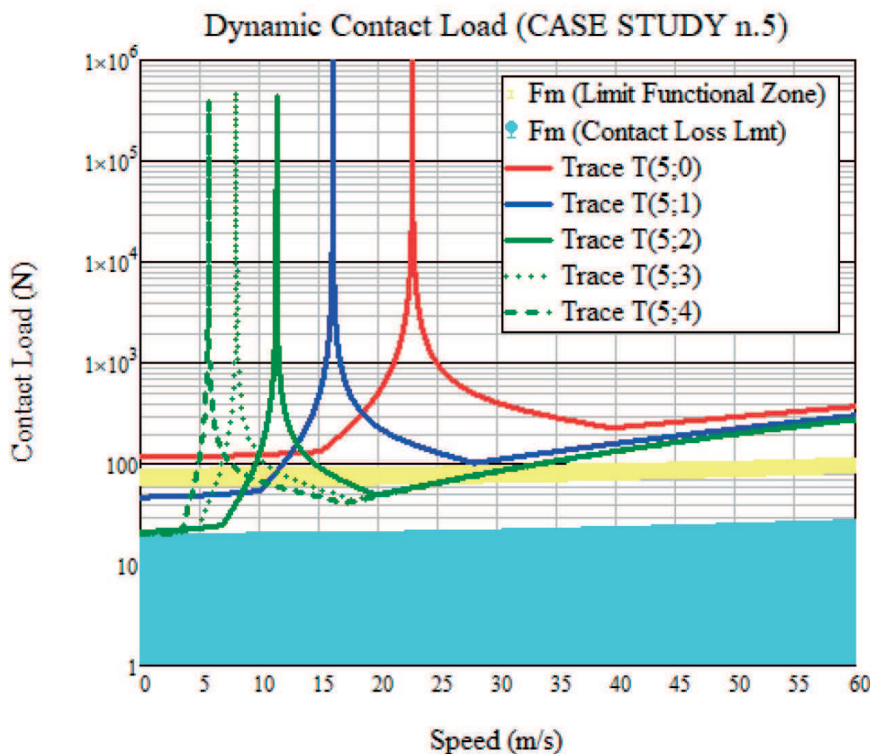


Figura 20 – (CASO STUDIO n. 5) Diagrammi di carico dinamico di contatto  $F$  per le frequenze critiche,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Traccia T(5;0), Traccia T(5;1), Traccia T(5;2) ) si consideri l'effetto della diminuzione della rigidezza,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$ , (Trace T(5;2), Trace T(5;3), Trace T(5;4)) si consideri l'effetto dell'aumento della massa della struttura, con  $y_0$  al valore superiore,  $\zeta_0$  al valore superiore ed  $m$  al valore inferiore.

Figure 20 – (CASE STUDY n. 5) Dynamic contact load  $F$  plots: for all critical frequencies,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Trace T(5;0), Trace T(5;1), Trace T(5;2)) considering the effect of lowering stiffness,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$ , (Trace T(5;2), Trace T(5;3), Trace T(5;4)) considering the effect of increasing structure mass, with  $y_0$  at higher value,  $\zeta_0$  at higher value and  $m$  at lower value.

4.3.4. Effect of the variation of the displacement  $\zeta_0$

The effect of the increase in the laying irregularities of the rigid catenary  $\zeta_0$  (CASE STUDY n. 3), once again for speed  $v < 10$  (m/s) and for all traces based on lower inertial content, amplifies  $F$  since it is directly related to  $\alpha^2$ . Also in this case, the minimum stiffness  $k$  and the increase in inertia  $M$  produce a general condition of loss of contact between the catenary and the pantograph. In the speed range of the critical speeds, there is no longer a possible return to loss of contact, again with reference to the plots with inertial content. As shown in CASE STUDY n. 2, for high velocity values the load  $F$  is influenced by the frequency  $\alpha^2$ . An increase of  $\zeta_0$  causes an increase in the amplification of  $F$  with consequent overcoming of the functional limits of the design, and therefore also of homologation (zone in yellow colour), by five of the six plots for a speed interval between 30 (m/s) and 35 (m/s). A new condition of total inconsistency with the functional limits is signalled: plot trace T (3;0), excluding a restricted speed range at the start of the vehicle motion, is never in agreement with the functional and homologation

tivi alle velocità critiche non è più possibile il ripristino del contatto, sempre con riferimento alle tracce a elevato contenuto inerziale. Come ancora mostrato nel CASO STUDIO n. 2, per valori di velocità elevati, il carico  $F$  è influenzato dalla pulsazione  $\alpha^2$ . Un aumento di  $\zeta_0$  provoca un aumento dell'amplificazione di  $F$  con conseguente superamento dei limiti funzionali di progetto, ed a seguire anche di omologazione (fascia di colore giallo), di cinque dei sei diagrammi, per un intervallo di velocità compreso tra 30 (m/s) e 35 (m/s). Viene segnalata una nuova condizione di totale incongruenza con i limiti funzionali: la traccia T(3;0), escluso un range di velocità ristretto all'inizio del moto del veicolo, non è mai in accordo con i limiti funzionali e di omologazione (fascia gialla). Pertanto,  $F$  aumenta all'aumentare dell'irregolarità di posa verticale della linea aerea (ponendo come riferimento orizzontale il piano parallelo al piano ideale di rotolamento), delle eventuali deformazioni della trave di supporto contenente il filo di alimentazione, o delle irregolarità prodotte per contatto con lo strisciante. L'incremento evidenziato su  $F$  (Cfr. CASE STUDY n. 1) si evidenzia, ad esempio, in corrispondenza della velocità di 40 (m/s), per la quale si ha un raddoppio della  $F$  (da 50 (N) a circa 110 (N)). In analogia al grafico T(3;0), il grafico T(3;1) per una velocità di circa 27 (m/s) evidenzia un incremento di 40 (N) (da 60 (N) a poco meno di 100 (N)). In sintesi, una riduzione della rigidità  $k$  del pantografo sarebbe inefficace come mitigazione degli effetti indotti dalle irregolarità di posa della catenaria rigida per le alte velocità. Un aumento dell'inerzia del pantografo, al contrario, ma per un limite di velocità inferiore a 35 (m/s) e quindi per esercizi di tipo metropolitano (inferiori a 100 km/h), potrebbe costituire un indirizzo di contenimento del problema.

4.3.5. Effetto della variazione dello spostamento  $y_0$

La variazione dell'ampiezza di vibrazione verticale  $y_0$  della scocca di un veicolo è correlata alla pulsazione  $\beta$  (CASO STUDIO n. 4) e all'indice di qualità della marcia, parametro che è funzione delle caratteristiche della sospensione del materiale rotabile. Gli effetti di criticità sono determinati nell'espressione del carico dinamico  $F$  quando il  $\beta \approx \omega$  (vedi relazione (30b) e (30c)).

Nell'intervallo di velocità di inizio moto del veicolo ( $v < 10$  (m/s)) non si verificano condizioni di perdita di con-

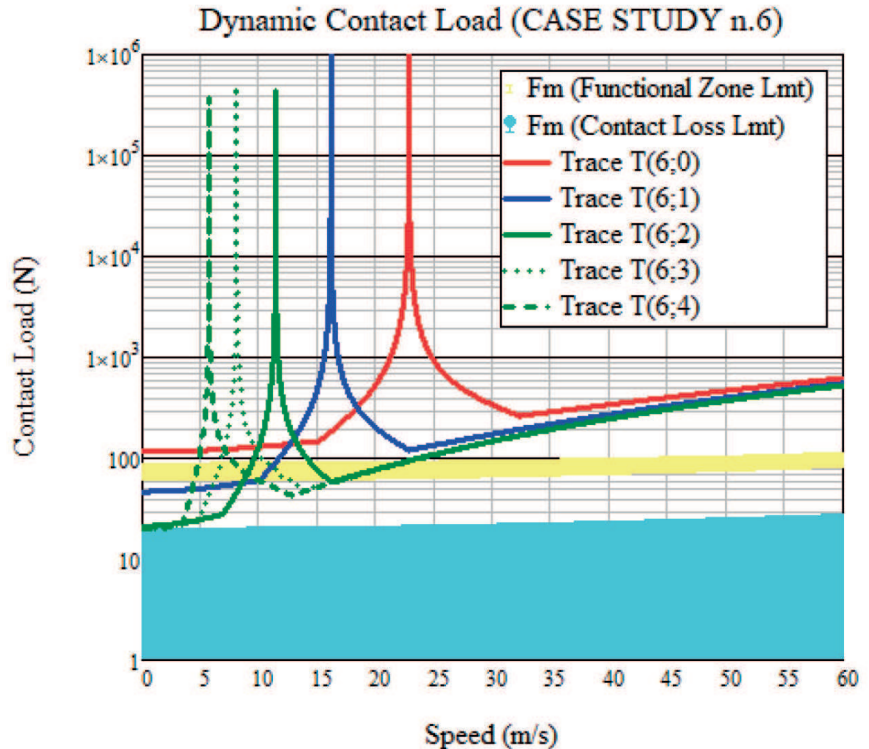


Figura 21 – (CASO STUDIO n. 6) Diagrammi di carico dinamico di contatto  $F$ : per le frequenze critiche,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Traccia T(6;0), Traccia T(6;1), Traccia T(6;2)) si consideri l'effetto della diminuzione della rigidità,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$ , (Traccia T(6;2), Trace T(6;3), Trace T(6;4)) si consideri l'effetto dell'aumento della massa della struttura, con  $y_0$  al valore superiore,  $\zeta_0$  al valore superiore ed  $m$  al valore superiore.

Figure 21 – (CASE STUDY n. 6) Dynamic contact load  $F$  plots: for all critical frequencies,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  (Trace T(6;0), Trace T(6;1), Trace T(6;2)) considering the effect of lowering stiffness,  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$ , (Trace T(6;2), Trace T(6;3), Trace T(6;4)) considering the effect of increasing structure mass, with  $y_0$  at higher value,  $\zeta_0$  at higher value and  $m$  at higher value.

limits (yellow zone). Therefore,  $F$  increases as the vertical oscillation of the overhead line increases (setting the plane parallel to the ideal rolling plane as a horizontal reference) induced by installation irregularities, by possible deformations of the contact bar containing the contact wire, or by irregularities produced by sliding contact. The increase highlighted on  $F$  (Cf. CASE STUDY n. 1) is underlined, for example, in correspondence with the speed of 40 (m/s) for which there is a doubling of the  $F$  (from 50 (N) to about 110 (N)). Like plot T (3;0), plot T (3;1) for a speed of about 27 (m/s) undergoes an increase of 40 (N) (from 60 (N) to slightly less than 100 (N)). In summary, a reduction of stiffness  $k$  of the pantograph would be ineffective as a mitigation to the effects induced by the laying irregularities of the rigid catenary for high speeds. An increase in the inertia of the pantograph, on the contrary, but for a speed limit lower than 35 (m/s) and therefore for metropolitan type operations (lower than 100 km/h), could constitute an indication of mitigation of the problem.

tatto (vedi CASE STUDY n. 1, n. 2, n. 3). L'aumento dell'inerzia del pantografo e il valore minimo stabilito della rigidità  $k$ , indicano una mitigazione degli effetti dinamici dell'aumento delle oscillazioni verticali del veicolo. Questa considerazione è supportata anche dal superamento dei limiti di funzionalità di progetto per i grafici T(4;2), T(4;3) e T(4;4) relativi ad una velocità di circa 50 (m/s). Il grafico T(4;0) descrive una condizione di funzionalità inaccettabile per i limiti di progettazione e omologazione, proponendo per la velocità di 40 (m/s)  $F \approx 200$  (N). Analoghe considerazioni sono evidenziate per il grafico T(4;1). In sintesi, l'analisi di questo caso di studio rafforzerebbe l'ipotesi che un'esclusiva riduzione della rigidità  $k$ , in assenza di un consistente aumento dell'inerzia del pantografo, non costituirebbe una valida mitigazione degli effetti dinamici imposti da un aumento delle oscillazioni verticali del veicolo. Pertanto, tale considerazione ne escluderebbe i risultati per gli esercizi ad alta velocità, mentre potrebbe costituire un punto di partenza per ulteriori approfondimenti per quelli delle metropolitane, che solitamente registrano oscillazioni verticali della cassa del veicolo apprezzabilmente estese.

4.3.6. Effetto della variazione contemporanea degli spostamenti  $\zeta_0$  ed  $y_0$

Il CASO STUDIO n. 5 propone la condizione di interazione tra pantografo e catenaria rigida in concomitanza con un aumento delle irregolarità di posa  $\zeta_0$  della linea di contatto e un aumento dell'ampiezza  $y_0$  delle oscillazioni verticali del veicolo. In analogia al CASO STUDIO n. 4, nell'intervallo di velocità di avviamento del moto del veicolo ( $v < 10$  (m/s)) non si verificano condizioni di perdita di contatto (vedi CASE STUDY n. 1, n. 2, n. 3). La riduzione della rigidità del pantografo diventa del tutto inefficace nel mitigare gli aspetti vibrazionali imposti se non imponendo anche un adeguato incremento dell'inerzia del pantografo. Infatti lo schema relativo a questo caso di studio consente possibili approfondimenti solo per i grafici T(5;2), T(5;3) e T(5;4) che superano il limite di funzionalità di progetto ad una velocità di circa 30 (m/s). Questo limite fa ipotizzare ancora una volta l'interesse per un'interazione tra pantografo e catenaria rigida più mirata alle operazioni metropolitane che raggiungono, mediamente, velocità massime di 90 km/h.

4.3.7. Effetto della variazione contemporanea della massa  $m$  dello strisciante e degli spostamenti  $\zeta_0$  ed  $y_0$

Il CASO STUDIO n. 6 riunisce tutti gli effetti di interesse considerati nell'interazione tra pantografo e catenaria rigida: aumento della massa  $m$  della striscia di contatto, aumento dello spostamento verticale  $\zeta_0$  dovuto alle irregolarità di posa della linea di contatto e dello spostamento  $y_0$  causato dalle oscillazioni verticali del veicolo in movimento. In analogia al CASO STUDIO n. 4 e n. 5, nell'intervallo di velocità di inizio moto del veicolo ( $v < 10$  (m/s)) non si verificano condizioni di perdita di contatto (vedi CASE STUDY n. 1, n. 2, n. 3). Si ha invece una generale traslazione verso l'alto di tutte le tracce, evidenza questa che

4.3.5. Effect of the variation of the displacement  $y_0$

*The variation of the vertical vibration amplitude  $y_0$  of the body of a vehicle is related to the frequency  $\beta$  (CASE STUDY No. 4) and to the quality index of the ride, a parameter that is a function of the characteristics of the suspension of the rolling stock. The criticality effects are determined in the expression of the dynamic load  $F$  when the  $\beta \approx \omega$  (see relation (30b) and (30c)).*

*In the range of vehicle motion starting speeds ( $v < 10$  (m/s)) there are no conditions of loss of contact (see CASE STUDY n. 1, n. 2, n. 3). The increase in inertia of the pantograph and the for the established minimum value of the stiffness  $k$ , indicate a mitigation to the dynamic effects of the increase in the vertical oscillations of the vehicle. This consideration is also supported by the overcoming of the design functionality limits for the plot traces T(4;2), T(4;3) and T(4;4) for a speed of about 50 (m/s). Plot T(4;0) describes an unacceptable condition of functionality for the design and approval limits, proposing for the speed of 40 (m/s)  $F \approx 200$  (N). Similar considerations are highlighted for plot T(4;1). In summary, the analysis of this case of study would appear to strengthen the hypothesis that an exclusive reduction in stiffness  $k$ , in the absence of a consistent increase in the inertia of the pantograph, would not seem to constitute a valid mitigation of the dynamic effects imposed by an increase in the vertical oscillations of the vehicle. Therefore, such a consideration excludes the results for the high-speed operations, while constituting a starting point for further study for the subway ones, which usually record significantly extended vertical oscillations of the carbody.*

4.3.6. Effect of the variation of the displacement  $\zeta_0$  and  $y_0$  at the same time

*CASE STUDY n. 5 proposes the condition of interaction between pantograph and rigid catenary in conjunction with an increase in the laying irregularities  $\zeta_0$  of the contact line and an increase in the amplitude  $y_0$  of the vertical oscillations of the vehicle. In analogy to CASE STUDY n. 4, in the range of vehicle motion starting speeds ( $v < 10$  (m/s)) there are no contact loss conditions (see CASE STUDY n. 1, n. 2, n. 3). The reduction of the stiffness of the pantograph becomes completely ineffective in mitigating the vibration aspects imposed if not also imposing an adequate increase in the inertia of the pantograph. In fact, the diagram relating to this case of study allows possible insights only for plots T(5;2), T(5;3) and T(5;4) that exceed the design functionality limit at a speed of about 30 (m/s). This limit once again leads to hypothesize the interest in an interaction between pantograph and rigid catenary more aimed at metropolitan operations which reach, on average, maximum speeds of 90 km/h.*

4.3.7. Effect of the variation of the mass  $m$  of the pantograph contact head, of the displacement  $\zeta_0$  and of the displacement  $y_0$  at the same time

*CASE STUDY n. 6 brings together all the effects of interest considered in the interaction between pantograph and*

escluderebbe a priori l'utilizzo per esercizi ad alta velocità. Al contrario per velocità inferiori a circa 22 (m/s), un'adeguata riduzione della rigidità  $k$  ed un aumento della inerzia del pantografo potrebbe offrire interessanti applicazioni nel campo delle operazioni metropolitane, qualora si ritengano applicabili opportuni dispositivi di smorzamento degli effetti critici dinamici indotti dalle condizioni di risonanza nell'interazione tra pantografo e catenaria rigida.

## 5. Note conclusive

L'obiettivo principale della memoria è quello di verificare l'utilizzo di un metodo semplificato di analisi dell'interazione tra pantografo e catenaria rigida, mediante calcolo della forza di contatto. Il confronto con il sistema convenzionale di catenaria elastica mette in risalto l'incremento di rigidità che viene introdotto nel secondo dei due sistemi utilizzando una trave in sostituzione del filo di contatto. L'analisi in questo contesto non considera gli effetti dello smorzamento, che verranno analizzati in un futuro studio dedicato e concentrato sulla definizione di un valore ottimale, per diversi scenari di marcia del veicolo. La trattazione proposta punta a verificare, al di fuori dell'intervallo di velocità caratterizzato dalle condizioni critiche, la conformità dei risultati, rispetto all'intervallo di accettazione (progetto-omologazione) delle forze, indicato dalla normativa comunitaria e basato sull'utilizzo di un modello teorico semplificato. Lo studio fissa le ipotesi di verifica dei limiti di velocità per l'applicabilità del sistema a catenaria rigida ai vari servizi di trasporto (tram - fino a 50 km/h; metropolitana - fino a 90 km/h; alta velocità - oltre 90 km/h). Vengono quindi sviluppati dei casi studio, con l'intento di esplorare le possibilità offerte da una riduzione della rigidità del pantografo, ricercando una similitudine strutturale dei due sistemi di captazione ed utilizzando i limiti imposti dalla normativa europea vigente, benché indirizzati a sistemi con catenaria elastica convenzionale. Il confronto sembra rimanere valido in quanto, sebbene la procedura proposta possa essere considerata esemplificativa, è sviluppata, determinata e verificata in accordo ai metodi di indagine sull'interazione dinamica tra pantografo e catenaria rigida definiti nelle relative STI e direttive EN. Alla riduzione della rigidità del pantografo si accompagna anche la variabilità delle masse sospese del pantografo stesso, fondamentali per mantenere inalterata la geometria della struttura che, con l'aumento della velocità di esercizio e dei relativi effetti inerziali, modificano le dinamiche di interazione. Lo studio considera principalmente i fenomeni di genesi della amplificazione dinamica della forza di contatto, applicata dal pantografo alla linea aerea e influenzata dalla massa della strisciante, dalla rigidità del sistema, dall'ampiezza delle irregolarità della linea di contatto, dall'ampiezza delle oscillazioni verticali dovute alle modalità di vibrazione proprie del veicolo. Lo studio definisce le condizioni critiche (risonanze) del sistema sulla base del calcolo delle frequenze vibrazio-

*rigid catenary: increase in the mass  $m$  of the contact strip, increase in the vertical displacement  $\zeta_0$  due to the laying irregularities of the contact line and the displacement  $y_0$  caused by the vertical oscillations of the moving vehicle. In analogy to CASE STUDY n. 4 and n. 5, in the range of vehicle motion starting speeds ( $v < 10$  (m/s)) there are no contact loss conditions (see CASE STUDY n. 1, n. 2, n. 3). On the other hand, there is a general upward translation of all the plot traces, which could exclude a priori the use for high speed operations. On the other hand, for speeds lower than about 22 (m/s), a suitable reduction of the stiffness  $k$  and an increase in the inertia of the pantograph could offer interesting applications in the field of metropolitan operations, if suitable damping devices of the dynamic critical effects induced by the resonance conditions in the interaction between pantograph and rigid catenary are considered applicable.*

## 5. Concluding remarks

*The main objective of the memory is to verify the use of a simplified method of analysing the interaction between pantograph and rigid catenary, by computation of contact force. The comparison with the conventional elastic catenary system emphasizes the increase in stiffness that is introduced in the second of the two systems by using a beam to replace the contact wire. The analysis does not consider the effects of damping, that will be analysed in a dedicated future paper trying to focus on the definition of an optimal damping for several different vehicle running scenarios. The discussion in this work points out to verify, outside the speed range characterized by the critical conditions, the conformity of the results with respect to the acceptance range (design-approval) of the forces indicated by EU legislation and based on the use of a simplified theoretical model. The analysis fixes the hypotheses for a verification of the speed limits for the applicability of the rigid catenary system to the various transport services (tram - up to 50 km/h; underground - up to 90 km/h; high speed - over 90 km/h). Case studies are therefore developed with the intention of exploring the possibilities offered by a reduction in the stiffness of the pantograph, seeking a dynamic equalization of the two systems by using the limits imposed by current European legislation but aimed at systems with conventional elastic catenary. The comparison appears to remain valid since, although the proposed procedure can be considered as an example, it is determined and verified based on investigation methods on the dynamic interaction between pantograph and rigid catenary defined in the relevant TSI and EN directives. The reduction of the stiffness of the pantograph is also accompanied by the variability of the suspended masses of the pantograph itself, which are fundamentally necessary to maintain the geometry of the structure unaltered which, with the increase in operating speed and the relative increase in inertial effects, modifying the dynamics behaviour of the mechanism. The study mainly considers phenomena of the genesis of the dynamic load amplification applied by the pantograph to the overhead contact line and*



nali della struttura del pantografo, in funzione della geometria di posa della linea di contatto e dei moti verticali del veicolo. I parametri di interesse sono stati raggruppati in scenari (casi di studio) utili a fornire informazioni sul problema.

Dai risultati teorici si possono dedurre alcune osservazioni conclusive.

- a) Le condizioni critiche (risonanza) sono imposte dalle relazioni esistenti tra le pulsazioni  $\alpha$  (12b),  $\beta$  (12a) e  $\omega$  (14) negli intervalli di velocità individuati nell'ambito dello studio proposto. I risultati porterebbero a preferire soluzioni strutturali (rigidità e inerzia) per le quali la condizione di risonanza si verifica a valori di pulsazione (e quindi di frequenza) molto bassi (durante la fase di avviamento del veicolo, ad esempio) riscontrabili nell'intero intervallo di velocità di esercizio, in cui il materiale rotabile permane per poco tempo ma subendo ancora accelerazioni significative. Tale condizione è coerente con esercizi di tipo metropolitano (effetto delle irregolarità geometriche e delle vibrazioni verticali del veicolo non trascurabili, dovute alle fasi iterate di elevate accelerazioni e decelerazioni). In questo caso i risultati possono essere assunti solo come approcci qualitativi e teorici ma nella pratica non accettabili. Di fatto queste soluzioni implicherebbero l'adozione di rigidità  $k$  molto elevate e limitate inerzie del pantografo (massa della strisciante di contatto inclusa). Tuttavia, sarebbe comunque necessaria l'applicazione di smorzatori elettronici a retroazione, atti alla gestione e limitazione dei valori massimi di amplificazione di  $F$ , che possano individuare in tempo reale le condizioni di critiche di vibrazione in funzione delle diverse condizioni di marcia e quindi controllarne le risposte di interazione dinamica.
- b) La pulsazione  $\alpha$ , come già evidenziato, è una funzione diretta della velocità del veicolo e una funzione inversa della lunghezza della campata della linea di contatto tra due isolatori. Nell'espressione di  $F$ , tale parametro risulta come moltiplicatore degli effetti dell'irregolarità di posa della linea di contatto  $\zeta_0$ . Pertanto, entro certi limiti è possibile ipotizzare la modifica dei valori delle velocità critiche operando sulla lunghezza  $L_c$  delle campate della linea di contatto. Si noti inoltre che l'andamento del fenomeno, in corrispondenza della risonanza tra  $\alpha$  e  $\omega$ , rende superfluo in questa sede un ulteriore sviluppo dello studio degli effetti dello smorzamento. Infatti, per non innescare problemi di stabilità vibrazionale (elevate variazioni della accelerazione), teoricamente è raccomandato uno smorzamento inferiore al valore critico. Quest'ultimo viene definito comunque in funzione delle inerzie e delle rigidità del sistema, ricadendo nei problemi evidenziati al punto a).
- c) La pulsazione  $\beta$  si ricava da considerazioni del tutto generali sull'entità delle vibrazioni verticali (modi propri di vibrazione quali il sussulto della cassa, il galop-

*influenced by the mass of the contact strip, by the system stiffness, by the amplitude of irregularities of the contact line, by the amplitude of vertical oscillations due to the vehicle's own vibration modes. The analysis is based on the analysis of critical condition (resonances), deriving from the frequencies of the pantograph structure, the laying geometry of the contact line and vehicle vibrations. The parameters of interest have been grouped into scenarios (case studies) useful to provide information on the proposed problem.*

*Some conclusive remarks can be deduced from the theoretical results.*

- a) *The critical conditions (resonance) are imposed by the relationships existing between the frequencies  $\alpha$  (12b),  $\beta$  (12a) and  $\omega$  (14) in the velocity intervals identified in the context of the proposed study. The results would lead to prefer structural solutions (stiffness and inertia) for which the resonance condition occurs at very low frequency values (during the vehicle start-up running phase, for example), which can be found in the entire operating speed range where the rolling stock remains for a short time but still undergoes significant accelerations. This condition is consistent with metropolitan-type operation (effect of geometric irregularities and non-negligible vertical vibrations of the vehicle, due to the iterated phases of high accelerations and decelerations). In this situation, the results can be assumed only as qualitative and theoretical approaches but not acceptable in practice. In fact, these solutions would imply the adoption of very high  $k$  stiffnesses and limited inertias of the pantograph (mass of the contact head included). However, the application of electronic feedback dampers would still be necessary, capable of managing and limiting the maximum amplification values of  $F$ , which can identify in real time the critical vibration conditions according to the different driving conditions and therefore control their dynamic interaction responses.*
- b) *The frequency  $\alpha$ , as already highlighted, is a direct function of the vehicle speed and an inverse function of the span length of the contact line between two insulators. In the expression of  $F$ , this parameter results as a multiplier of the effects of the laying irregularity of the contact line  $\zeta_0$ . Therefore, within certain limits it is possible to assume the changing of the values of the critical speeds by operating on the span length  $L_c$  of the contact line. It should also be noted that the trend of the phenomenon, according to the resonance condition defined by  $\alpha$  and  $\omega$ , makes further development of the study of the effects of damping superfluous here. In fact, in order not to trigger vibrational stability problems (high variations in acceleration), a damping lower than the critical value is theoretically recommended. However, the latter is defined according to the inertias and stiffnesses of the system, falling within the problems highlighted in point a).*
- c)  *$\beta$  frequency is obtained from quite general considerations on the entity of the vertical vibrations (proper*

po, il sussulto dei carrelli in fase e/o in controfase). Le due frequenze di riferimento ( $f_{\min}$  e  $f_{\max}$ ) sono supportate da dati bibliografici condivisi dalle maggiori amministrazioni ferroviarie. L'analisi di questo parametro porta all'ipotesi di evitare condizioni di risonanza tra  $\omega$  e  $\beta$ . Ricordiamo infatti che la pulsazione  $\omega$  è funzione dell'architettura del telaio del pantografo (inerzia e rigidità), alla quale sono indissolubilmente correlate le caratteristiche del moto del veicolo (infatti tutti i modi di vibrazione della cassa hanno un andamento praticamente costante al variare della velocità movimento ad eccezione del moto di serpeggio con sviluppo pressoché parabolico). La pulsazione  $\beta$  contempla non solo le proprietà vibrazionali del pantografo ma al limite e attraverso il veicolo, tutte le caratteristiche relative alla geometria del binario che può incidere anche significativamente sulla risposta dinamica del veicolo e per continuità strutturale su quella del pantografo. Il problema potrebbe essere analizzato applicando allo studio proposto gli effetti dell'interazione ruota-rotaia (spettri di densità di potenza dei difetti del binario) come sorgente di eccitazione vibrazionale sul veicolo.

- d) L'evoluzione dei casi di studio proposti può offrire la possibilità di ipotizzare scenari di utilizzo dello stesso tipo di pantografo per diverse applicazioni di esercizio o di verificare per quali intervalli di velocità applicare diversi tipi di pantografi, ipotizzando comunque costanti le caratteristiche strutturali della via.

Questo studio costituisce un primo approccio al vasto problema della captazione di corrente da una terza rotaia aerea. Il Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani nel gennaio 2022 ha sviluppato un interessante seminario sul problema, le cui conclusioni e i commenti dei relatori sembrerebbero in accordo con quanto proposto in questo lavoro. Tuttavia, alcuni aspetti relativi al problema proposto potrebbero essere ulteriormente analizzati: l'interazione pantografo-catenaria durante la transizione tra sezioni a struttura rigida e a struttura flessibile.

Infine, è fondamentale sottolineare che, come per ogni metodologia teorica, comunque basata su solidi fondamenti di fisica meccanica, anche i risultati mostrati in questo lavoro sono e rimangono suggerimenti tecnici, derivati da un'idealizzazione di fenomeni dinamici reali ma che, tuttavia, richiedono un'adeguata validazione sperimentale.

### Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Prof. Ing. G. MALAVASI, per i preziosi consigli sulla soluzione analitica del problema meccanico ed esprimere un pensiero al Prof. Ing. G.R. CORAZZA, che ha suggerito le prime indicazioni sulla stesura e sulla struttura del tema trattato in questo lavoro.

*modes of vibration such as the vertical movement of the carbody, the complex rotational movements, the vertical jumping of the bogies in phase and/or in anti-phase). The two reference frequencies ( $f_{\min}$  and  $f_{\max}$ ) are supported by bibliographic data shared by the major railway administrations. The analysis of this parameter leads to the hypothesis of avoiding resonance conditions between  $\omega$  and  $\beta$ . In fact, we recall that the frequency  $\omega$  is a function of the architecture of the pantograph frame (inertia and stiffness), to which the characteristics of the motion of the vehicle are inextricably linked (in fact all the modes of vibration of the body have a practically constant trend as the speed varies movement except for the yawing with an almost parabolic development). The  $\beta$  frequency contemplates not only the vibrational properties of the pantograph but, at the limit and through the vehicle, all the characteristics relating to the geometry of the track which can also significantly affect the dynamic response of the vehicle and, through structural continuity, that of the pantograph. The problem could be investigated by applying to the proposed study the effects of wheel-rail interaction (power density spectra of track defects) as a source of vibrational excitation on the vehicle.*

- d) *The evolution of the proposed case studies can offer the possibility of hypothesizing scenarios of use of the same type of pantograph for different operating applications or of verifying for which speed ranges to apply different types of pantographs, however assuming the structural characteristics of the track.*

*This study constitutes a first approach to the vast problem of current collection from a third overhead rail. The Italian Railway Engineers College in January 2022 developed an interesting seminar on the problem, whose conclusions and comments of the speakers would seem in accordance to what was proposed in this paper by applying an exemplified method of analysing the interaction between pantograph and rigid catenary. However, some aspects related to the proposed problem could be analysed: it may be highlighted, i.e., the interest in studying the interaction pantograph-rigid overhead during rigid-flexible transition.*

*Finally, it is essential to underline that, as for any theoretical methodology, however based on solid foundations of mechanical physics, also the results showed in this paper are and remain technical suggestions, derived by an idealization of real dynamic phenomena and such as, however, requires adequate experimental validation.*

### Acknowledgements

*I would like to thank Prof. Eng. G. MALAVASI, for the important advice regarding the analytical address about the mechanical and timely comments and express a thought to Prof. Eng. G.R. CORAZZA, who suggested the first indications on the drafting and architecture of the topic examined in this work.*

## BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] CELENTANO V., INVERNIZZI P. (1993), *“La linea aerea di contatto rigida, una alternativa alle linee tradizionali”*, Ingegneria Ferroviaria n. 10, Ottobre, Roma, Edizioni CIFI.
- [2] MAK MAN K. (2012), *“Adoption of Overhead Rigid Conductor Rail System in MTR Extensions”*, Journal of International Council on Electrical Engineering, 2:4, 463-466, DOI: 10.5370/JICEE.2012.2.4.463.
- [3] MANABE K. (1994), *“Periodically Dynamic stabilities of a catenary-Pantograph System”*, QR of RTRI, Vol. 35, No. 2, May.
- [4] SHIMIZU M., HARADA S., OYA A., TOKUDA A. (2006), *“Improving Performance of Type T Overhead Rigid Conductor Lines”*, QR of RTRI, Vol. 47, No. 1, February.
- [5] MANDAI, T., SHIMIZU, M. *et al.* (2003), *“Improvement of Rigid Conductor Lines,”* RTRI QR, Vol. 44, No. 2, pp. 78-81, May.
- [6] AOSHI M., NAGASAWA H. (1992), *“Development of Countermeasure against Undulating Wear of Contact Wire on Narrow-Gauge Lines,”* RTRI Report, Vol. 6, No. 7, pp. 37-44, (in Japanese).
- [7] BRUNER M., CORAZZA G.R., COSCIOTTI E. (2009), *“Lo svio. Cento e più anni di ricerche di un problema complesso. Gli inizi e la scuola francese”*, Ingegneria Ferroviaria n. 12, Roma, Edizioni CIFI.
- [8] BRUNER M., CORAZZA G.R., COSCIOTTI E. (2010), *“Lo svio. Cento e più anni di ricerche di un problema complesso. La scuola tedesca”*, Ingegneria Ferroviaria n. 12, Roma, Edizioni CIFI.
- [9] BRUNER M., CORAZZA G.R., COSCIOTTI E. (2012), *“Cento e più anni di ricerche sullo svio. I deragliatori”*, Ingegneria Ferroviaria n. 6, Roma, Edizioni CIFI.
- [10] BRUNER M., CORAZZA G.R., CORAZZA M.V. (2016), *“Divagazioni sull'ingegnere ferroviario - Osservazioni e proposte”*, Ingegneria Ferroviaria n. 8, Roma, Edizioni CIFI.
- [11] BRUNER M., CORAZZA G.R. (2018), *“Note sullo sviluppo di un pensiero scientifico originale nelle ferrovie - La marcia in rettilineo e in curva. Notes on the development of an original scientific thought in the rail system - Running on a straight track and cornering”*, Ingegneria Ferroviaria, n. 9, Roma, Edizioni CIFI.
- [12] BRUNER M., CORAZZA G.R., MALAVASI G. (2020), *“Mitigazione delle vibrazioni dell'armamento ferroviario su massicciata - Vibrations mitigation of the track equipment on ballast”*, Ingegneria Ferroviaria, n. 12, Dicembre, Roma, Edizioni CIFI.
- [13] IWNICKI S. (2006), *“Handbook of Railway Vehicle Dynamics”*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742.
- [14] LICKTBERGER B. (2001), *“Track Compendium”*, TZ-Verlag by DVV Media Group GmbH, Hamburg.
- [15] ESVELD C. (2001), *“Modern Railway Track – Second Edition”*, MRT Production, NL-5300 AH Zaittbommel, The Netherlands.
- [16] LEWIS R., OLOFSSON U. (2009), *“Wheel-rail interface handbook”*, CRC Press, Boca Raton Boston New York Washington, Dc Woodhead Publishing Limited, Oxford Cambridge New Delhi.
- [17] NIEBLER H. (1949-1950), *“Glaser's Annalen”*, novembre-dicembre 1949 e gennaio 1950.
- [18] BRANDANI V., GALEOTTI G., TONI P. (1991), *“Simulazione del comportamento dinamico del sistema pantografo-catenaria”*, Ingegneria Ferroviaria n. 3, Marzo 1991, Roma Edizioni CIFI.
- [19] BOCCIOLONE M., BUCCA G., COLLINA A., COMOLLI L. (2016), *“Sensori ottici per l'analisi dell'interazione pantografo catenaria – Optical sensors for the analysis of pantograph-catenary interaction”*, Ingegneria Ferroviaria n. 1, Roma, Edizioni CIFI.
- [20] CARNEVALE M., COLLINA A., FRATTOLILLO G., DEL GOBBO G., MARINIS D., MENCINI M., RAMIERI A. (2017), *“Il pantografo innovativo jrc15 a 3kvcc – The innovative jrc15 3kVdc pantograph”*, Ingegneria Ferroviaria n. 11, Roma, Edizioni CIFI.
- [21] PANAGIN R. (2006), *“Costruzione del veicolo ferroviario”*, Roma, Edizioni CIFI.

- [22] POMBO J., AMBRÓSIO J., PEREIRA M., RAUTER F., COLLINA A., FACCHINETTI A. (2009), *"Influence of the aerodynamic forces on the pantograph–catenary system for high-speed trains"*, Vehicle System Dynamics, vol 47 no 11 pp. 1327-1347.
- [23] SACKS K.: Elektrische Triebfahrzeuge, II Band.
- [24] *"Der bugelstromabnehmer"*, AA.VV. Elektrische Bahnen, Luglio 1950.
- [25] TSI "ENE", Commission Regulation (EU) No 1301/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the energy subsystem of the rail system in the Union (Text with EEA relevance).
- [26] KOFFMAN M., articoli vari, Railway Gazette, 1959-1963.
- [27] SPERLING E., BETZHOLD C., Glasers Annalen, 1956.
- [28] RFI DTC ST E SP IFS TE 097 A del 13.12.2018, Specifica Tecnica, "Catenaria rigida fissa per installazione in gallerie a 3 kVcc".
- [29] EN50318:2019 - Railway applications - Current collection systems - Validation of simulation of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line.
- [30] EN50367:2020 - Railway applications. Fixed installations and rolling stock. Criteria to achieve technical compatibility between pantographs and overhead contact line.
- [31] EN50206-2:2010 - Railway applications. Rolling stock. Pantographs. Characteristics and tests Pantographs for metros and light rail vehicles.
- [32] GOROCHKOV, Bull. Ass. Int. Congres Chemins de Fer, agosto 1968, pp. 897-910.
- [33] BONADERO A. (2011), *"Metodi statistici e dinamica ferroviaria"*, Ingegneria Ferroviaria n. 12, Roma, Edizioni CIFI.



# Alta formazione in campo ferroviario in Europa: analisi della situazione attuale in vista dei futuri sviluppi

## *Rail higher education in Europe: current situation analysis for future developments*

Borna ABRAMOVIĆ (\*)  
Arbra BARDHI (\*\*)  
Carlos CASANUEVA PEREZ (\*\*\*)  
Anna DOLINAYOVÁ (\*\*\*\*)  
Igor DOMENY (\*\*\*\*)  
Reem HADEED (\*\*\*\*\*)  
Martin LEHNERT (\*\*\*\*\*)  
Marin MARINOV (\*\*\*\*\*)  
Francesco MARTINI (\*\*)  
Anne-Katrin OSDOBA (\*\*\*\*\*)  
Stefano RICCI (\*\*)  
Denis ŠIPUŠ (\*)

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.04.2023.ART.2.>)

**Sommario** - L'articolo si propone di descrivere le attività sviluppate nell'ambito del progetto ASTONRAIL (approcci e pratiche avanzate per la formazione e l'istruzione ferroviaria per rinnovare i programmi di studio e migliorare l'istruzione ferroviaria), finanziato dal programma ERASMUS+. L'obiettivo del progetto è quello di fornire una rassegna di nuove strategie nello sviluppo delle competenze ferroviarie, approcci e pratiche professionali al fine di rafforzare e modernizzare l'attuale sistema di istruzione superiore ferroviario in Europa.

### 1. Introduzione

Il trasporto ferroviario è uno dei settori industriali più in crescita al mondo. Attualmente vi è l'urgente necessità di sviluppare e mantenere una forza lavoro ferroviaria qualificata per garantire la redditività a lungo termine del settore [1]. Programmi e corsi di formazione sono gli strumenti più importanti per sviluppare e mantenere personale ferroviario qualificato.

**Summary** - The paper aims at describing the activities developed within the project ASTONRAIL (Advanced approaches and practices for rail training and education to innovate rail study programmes & improve rail higher education provision), funded by ERASMUS+ Programme. The project target is to provide a portfolio of new rail skills development strategies, approaches and professional practices in order to strengthen and modernize Europe's current rail higher education system.

### 1. Introduction

The railway transport is one of the fastest growing industrial sector in the world. Currently, there is a pressing need to develop and maintain a trained rail workforce to ensure the industry's long-term viability [1]. Qualified, extended and updated training plans, programs and courses are tools to develop and maintain a skilled rail staff. The first purpose of this paper is to depict an overview of the current study paths in rail higher education in Europe and a re-

(\*) Università di Zagabria.

(\*\*) Sapienza Università di Roma.

(\*\*\*) KTH Stoccolma.

(\*\*\*\*) Università di Zilina.

(\*\*\*\*\*) Università Aston.

(\*\*\*\*\*\*) TH Wildau.

(\*) University of Zagreb.

(\*\*) Sapienza University of Rome.

(\*\*\*) KTH Stockholm.

(\*\*\*\*) University of Zilina.

(\*\*\*\*\*) Aston University.

(\*\*\*\*\*\*) TH Wildau.

Il primo obiettivo dell'articolo è quello di descrivere una panoramica dei percorsi di studio attuali nell'istruzione superiore ferroviaria in Europa e di attuare una riflessione su eventuali programmi di studio intensivo dedicati. Nell'era digitale, la ferrovia, tipicamente transnazionale e dinamica, richiede una forza lavoro qualificata, in grado di padroneggiare le nuove tecnologie, garantire e facilitare l'attuazione delle innovazioni e gestire efficacemente la complessità del sistema ferroviario.

In questo contesto, al fine di creare e mantenere una forza lavoro in grado di rispondere in modo adeguato ai nuovi sviluppi tecnologici, ai cambiamenti economici più ampi e alla complessità dei mercati locali, si rende necessario istituire collaborazioni multisettoriali.

Gli obiettivi di tali collaborazioni sono stabilire contatti, promuovere l'innovazione, facilitare l'attuazione e garantire il più ampio scambio di pratiche di istruzione e formazione di alta qualità a livello operativo, tattico e strategico. Sono recentemente emerse alcune sfide nello sviluppo di programmi di *e-learning*, che spazia dalle tecnologie alla valutazione di costi e benefici, come percepito dagli organismi di formazione [2].

## 2. Analisi strutturata dei programmi di studio esistenti sulle ferrovie

La principale priorità orizzontale e settoriale di ASTONRAIL è colmare lacune e discrepanze tra le esigenze del settore, le aspettative e le attuali offerte di istruzione superiore per lo sviluppo delle conoscenze e delle competenze ferroviarie.

Al fine di condurre lo studio, la raccolta dei dati è partita da indagini approfondite effettuate nell'ambito di precedenti progetti finanziati dall'UE, quali EURNEX [3], TUNRail [4], SKILLRAIL [5] e RIFLE [6], che hanno riguardato complessivamente oltre 70 istituti di istruzione superiore in Europa e non solo.

In studi precedenti sono emersi benefici potenziali dall'interazione tra università e industrie, in ciò gli Stati Uniti hanno mostrato una migliore interazione rispetto all'UE, come mostrato in [7]. D'altro canto, possono sorgere alcuni problemi dall'allineamento dei programmi di studio alle esigenze dell'industria, come esposto in [8].

La raccolta di informazioni sui programmi di studio preesistenti ha coinvolto università che offrono corsi pertinenti combinando informazioni provenienti da molte fonti, come progetti precedenti, i partner stessi di ASTONRAIL, altre alleanze accademiche, siti web e così via. Il passo successivo è stato un sondaggio online su siti accademici pertinenti per saperne di più su ogni corso.

La combinazione dei risultati di questa indagine e dei dati acquisiti in precedenza rappresenta un'articolata banca dati che comprende informazioni generali su interi corsi di istruzione superiore e moduli ferroviari, tra cui corsi completi, corsi brevi, moduli di un corso più ampio, con una quantità significativa di temi ferroviari.

*flection of an intensive study programme. In the digital age, the railway is transnational and dynamic, thus necessitating a skilled workforce capable of mastering new technologies, ensuring and facilitating the effective implementation of innovations and effectively managing railway system complexity. In this context, in order to create and retain a workforce that can respond appropriately to new technological developments and innovations, broader economic changes and the complexities of local markets, it is necessary to establish multi-national, multi-cultural and multi-sectorial joint ventures. Their goals are to establish contacts, promote innovation, facilitate implementation and ensure the fullest open exchange of high quality education and training practices at operational, tactical and strategic level. Recently, emerged some challenges in developing an e-learning portfolio, spanning from technologies to cost/benefits aspects, as perceived by training providers [2].*

## 2. Structured analysis on existing study programs on railways

*ASTONRAIL's top horizontal and sectorial priority is to close gaps and mismatches between industry requirements, expectations and current higher education offerings for rail knowledge and skills development. In order to conduct the study, the data collection started from extensive surveys carried out as part of past EU funded projects, such as EURNEX [3], TUNRail [4], SKILLRAIL [5] and RIFLE [6], which comprehensively covered over 70 Higher Education Institutions (HEI) throughout Europe and beyond. Important potential benefits emerged in past studies from the interaction of universities and industries, where United States showed a better interaction with industry than EU, as presented in [7]. On the other side, some problems may arise and create difficulties in the alignment of curricula to industry's needs, as exposed in [8].*

*The collection of information about existing study programs on railways involved universities offering relevant courses by combining information from many sources, such as previous projects, ASTONRAIL partners, other academic alliances, websites and so on. The next step was an online survey across relevant academic websites to learn more about each course. The combination of data from this survey and the preliminary database represent an articulated database including general information on entire higher education courses and rail-related modules, such as full courses, short courses, modules of a larger course, with a significant amount of rail subjects. The structure of the database allows a significant amount of queries about the description of the content of the courses, as well as the contacts information used to increase and homogenise the level of knowledge within the ASTONRAIL project to proceed towards its fine-tuning. The use of European Qualifications Framework (EQF) and the European Credit Transfer and accumulation System (ECTS) for the description of the level of qualification and the credits count of each course necessary and useful for comparative purposes. The choice*

La struttura della banca dati contiene una quantità significativa di informazioni sul contenuto dei corsi, nonché le informazioni di contatto utilizzate per aumentare e omogeneizzare il livello di conoscenza all'interno del progetto ASTONRAIL per finalizzare la banca dati. L'uso del Quadro europeo delle qualifiche (EQF) e del Sistema europeo di trasferimento e accumulo dei crediti (ECTS) per la descrizione del livello di qualifica e del conteggio dei crediti di ciascun corso necessario è utile a fini comparativi.

La scelta di includere nella banca dati università extra-europee, con l'obiettivo di ampliare il *pool* e acquisire conoscenze di diversi programmi, nonché l'inclusione di corsi brevi, difficili da classificare in EQF e ECTS ha portato ad una certa incoerenza nella quantificazione delle attività didattiche (ad esempio le ore frontali). La banca dati preliminare è formata da 311 corsi verificati, provenienti da 190 diverse istituzioni.

Per ogni corso, i campi definiti sono i seguenti: università/organizzazione; dipartimento/istituto; corso; soggetto che lo eroga; paese; città/stato/regione; stato di attività; livello EQF; lingua; ECTS; contatti (e-mail e sito web).

Il questionario volto alla raccolta dei dati comprende tre sezioni: 1) conferma delle informazioni contenute nella banca dati preliminare, 2) informazioni di base sui corsi (in caso di discrepanze rilevate nella banca dati preliminare), 3) informazioni integrative necessarie.

I dati acquisiti sono stati presentati ed elaborati, previa standardizzazione e consolidamento dell'offerta formativa nel settore ferroviario mediante una guida visiva rivolta ai potenziali studenti [9].

Le categorie di programmi primari danno al lettore un'ampia idea dei contenuti trattati nei programmi; sinteticamente rappresentati dalle branche dell'ingegneria (meccanica, ambientale, energetica, civile, elettrica, logistica, dei veicoli, dei trasporti, ferroviaria) e dell'economia ferroviaria (economia, marketing e quadro regolamentare).

La rispettiva classificazione dei programmi segue il quadro di qualificazione del processo di Bologna: Laurea (EQF = 5), Laurea Magistrale (EQF = 6) e Dottorati (EQF = 7). Inoltre, la durata dei programmi aiuta a classificarli, adattandosi al quadro introdotto: Laurea (3-4 anni), Ciclo Unico (5 anni), Laurea Magistrale (1-3 anni), corsi Post-Laurea (1 anno), corsi avanzati/ Post-Laurea Magistrale (1 anno) e dottorati di ricerca (3-4 anni).

Il punto più complesso da affrontare è la quantità di formazione specifica ferroviaria in ogni programma. La soluzione adottata è stata quella di utilizzare una scala a 4 livelli, dove le categorie di programmi sono in base alla quantità di corsi specifici ferroviari (crediti), articolata come segue:

- 1) Programma:  $\geq 50\%$  del programma è focalizzato sul settore ferroviario.
- 2) Modulo:  $20\% \div 50\%$  dei crediti sono focalizzati sul settore ferroviario.

*to include in the database extra-European universities, with the aim to widen the pool and gaining insights of different programmes as well as the inclusion of short courses, difficult to classify in EQF and by ECTS led to some inconsistency in the quantification of the teaching activities (e.g. frontal hours). The preliminary database consists of 311 confirmed courses, from 190 different institutions. For each course, the defined fields are the following: university/organization; department/institute; course; provider; country; city/state/region; active (yes/no); EQF level; language; ECTS on rail; contacts (e-mail and website). The questionnaire to proceed with the data collection included three sections: 1) confirmation of information in the preliminary database, 2) basic course information (in case of detected discrepancies in the preliminary database), 3) necessary integrative information.*

*The data acquired, presented and processed in a user-friendly and manageable shape, after standardization and consolidation of the educational supplies in the railway sector by a visual guide targeting prospective students [9].*

*The primary program categories give the user a broad idea about the contents covered in the programs; synthetically reported to the following engineering (mechanical, environmental, energy, civil, electrical, logistics, vehicle, transport, railway) and rail economy categories (economics, marketing, regulation & framework).*

*The respective programs classification follows the qualification framework of the Bologna process: Bachelors (EQF = 5), Masters (EQF = 6) and Doctors (EQF = 7). Moreover, the duration of the programs helps to classify them, fitting into the introduced framework: Bachelor (3-4 years), Integrated (5 years), Master (1-3 years), Post graduate ( $\leq 1$  year), Advanced / Post-master (1 year) and PhD (3-4 years).*

*The most complex point to address is the amount of railway specific education in each program. The adopted solution was to use a 4-levels scale, where the programs categories are according to the amount of railway specific courses (credits) they encompass, as follows:*

- 1) Program:  $\geq 50\%$  of the program rail focused.
- 2) Module:  $20\% \div 50\%$  of the credits rail focused.
- 3) Course:  $< 20\%$  of the credits rail focused.
- 4) None: no railway specific courses.

*A railway overview picture (Fig. 1) provides with a comprehensive visualization of the various railway-connected applications and respective disciplines involved. The aim is to facilitate the connection from the concrete real-world application to the conceptual fields of study.*

*The result is a comprehensive database of 311 rail related study programs in Europe combined with a visualization concept. These results are ready for the integration into a website for prospective students to facilitate information and orientation for their study choices. The current dataset research clearly demonstrated the traditional understanding*

- 3) Corso: <20% dei crediti sono focalizzati sul settore ferroviario.
- 4) Nulla: nessun percorso ferroviario specifico.

La panoramica (Fig. 1) fornisce una visualizzazione completa delle varie applicazioni collegate al settore ferroviario e le rispettive discipline coinvolte. L'obiettivo è quello di facilitare la connessione tra l'applicazione concreta e i campi concettuali di studio.

Il risultato è un database completo di 311 programmi di studio ferroviari in Europa combinati con una visualizzazione concettuale. Questi risultati sono pronti per essere inseriti in un sito web per potenziali studenti, facilitando l'informazione e l'orientamento. La raccolta di dati ha dimostrato la tradizionale conoscenza ancora attuale delle ferrovie, con l'ingegneria civile e dei trasporti che rappresenta oltre il 50% dei programmi e un unico programma nel campo dell'ingegneria ambientale. Nonostante l'estensione e l'accuratezza del database, alcuni errori residui potrebbero comunque influenzare la sua completezza, pur non diminuendo la sua rilevanza per il manuale in fase di sviluppo all'interno del progetto ASTONRAIL, che includerà anche una panoramica sui programmi di studio relativi alle ferrovie in Europa.

### 3. Esigenze e aspettative del settore ferroviario

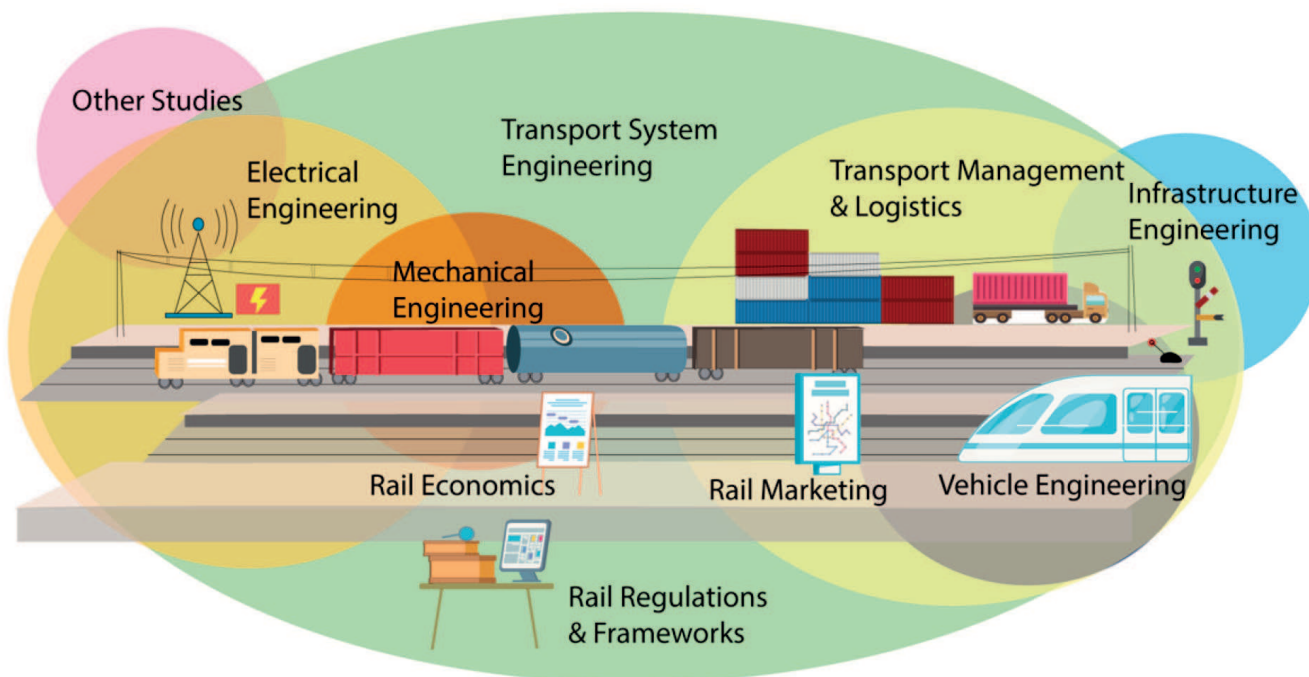
Attualmente il mercato del trasporto ferroviario è in evoluzione in tutti i settori: strategico, tecnico, tecnologico

*of railways still existing today, with civil and transport engineering accounting for more than 50% of programs and a single program in the field of environmental engineering. Despite the extension and the accuracy in building the database, some residual biases could anyway affect its completeness, though not diminishing its relevancy for the online handbook, under development within the ASTONRAIL project, which will also include the overview of rail related study programs in Europe.*

### 3. Railway sector needs and expectations

*Currently, the rail transport market is evolving in all areas: strategic, technical, technological, operational, digital, telematics, informatics, etc. Therefore, the railway industry, represented by manufacturers of rolling stock, signalling, interlocking and information-related equipment, Infrastructure Managers (IM), freight and passengers Railway Undertakings (RU) needs rail staff with new skills, competences and knowledge about advanced technologies. Higher education institutions specialising in rail related subjects must respond to these needs properly. Consequently, it is essential to gain a deeper comprehension of their global and specific expectations to identify gaps and discrepancies between them and the current rail higher education system.*

*Therefore, the ASTONRAIL project organized a survey dedicated to identify the industry expectations, based on an online questionnaire in English, later integrated with a par-*



(Fonte – Source: Progetto ASTONRAIL - Project ASTONRAIL)

Figura 1 – Visualizzazione concettuale sulle discipline ferroviarie.

Figure 1 – Conceptual visualization of railway disciplines.



co, operativo, digitale, telematico, informatico, ecc. Pertanto, l'industria ferroviaria, rappresentata da produttori di materiale rotabile, segnalamento, apparati di sicurezza e attrezzature relative all'informazione, i gestori dell'infrastruttura (GI), le imprese ferroviarie merci e passeggeri (IF) hanno bisogno di personale ferroviario con nuove competenze e conoscenze in materia di tecnologie avanzate. Gli istituti di istruzione superiore specializzati devono rispondere adeguatamente a tali esigenze. Di conseguenza, è essenziale acquisire una comprensione più approfondita delle loro aspettative globali e specifiche per identificare le lacune e le discrepanze tra loro e l'attuale sistema di istruzione superiore ferroviaria.

Pertanto, il progetto ASTONRAIL ha organizzato un sondaggio dedicato a identificare le aspettative del settore, basato su un questionario online diffuso a livello europeo in inglese, successivamente integrato con un'indagine indipendente parallela sviluppata in Germania in tedesco, focalizzata sul personale con background ingegneristico.

Il sondaggio ASTONRAIL in inglese ha inizialmente coinvolto 67 risposte da 54 aziende in tutto il mondo (con focus in Europa), le categorie sono distribuite come nella Tab. 1 (erano possibili più scelte). Il numero di aziende coinvolte non è rappresentativo per l'intera industria ferroviaria, ma consente di trarre conclusioni preliminari.

Il livello di istruzione del personale coinvolto è stato molto variabile: ad esempio, i gestori dell'infrastruttura e gli operatori di trasporto hanno il 75÷100% di dipendenti con livello di istruzione superiore, mentre le autorità di trasporto e le società di consulenza hanno il 75÷100% di dipendenti con Master.

Tuttavia, quando le aziende ferroviarie assumono nuovi dipendenti, i titoli di studio preferiti (circa il 35%) appaiono quelli focalizzati sul trasporto ferroviario e l'ingegneria ferroviaria (Fig. 2).

Molte aziende ferroviarie hanno dichiarato che la domanda di forza lavoro qualificata supera l'offerta. Pertanto, la maggior parte di loro (56%) fornisce regolarmente stage professionali per gli studenti universitari du-

Tabella 1 – Table 1

Categorie di imprese ferroviarie che hanno partecipato all'indagine  
*Categories of rail companies participating in the EU-wide survey*

Categoria <i>Category</i>	Numero di risposte <i>Number of answers</i>
Ingegneria e consulenza <i>Engineering and consultancy</i>	19
Imprese ferroviarie merci <i>Freight rail undertaking</i>	7
Altri gruppi amministrativi <i>Other administration group</i>	7
Produttori di materiale rotabile <i>Rolling stock manufacturer</i>	6
Autorità di regolazione dei trasporti <i>Regulation authority</i>	5
Gestori dell'infrastruttura <i>Infrastructure manager</i>	5
Economia <i>Economics</i>	3
Altri costruttori <i>Other manufacturer</i>	2
Sviluppatori informatici <i>Information developer</i>	1
Mancata compilazione <i>Not filled</i>	12
<b>TOTALE</b> <b>TOTAL</b>	<b>67</b>

*alle independent survey developed in Germany in German, focused on staff with engineering background.*

*The English ASTONRAIL survey initially involved 67 answers from 54 companies worldwide (focus Europe), categories are distributed as in Tab. 1 (multiple choices were possible). The number of involved companies is not representative for the entire railway industry but enables to draw preliminary conclusions.*

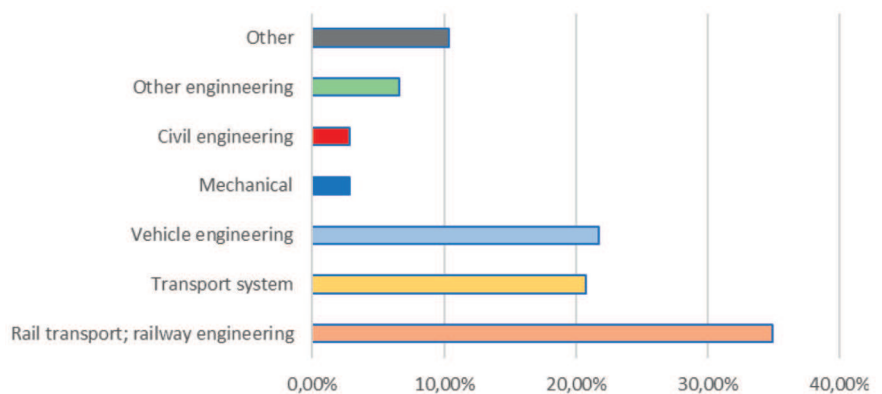


Figura 2 – Grado di istruzione preferito nell'assumere nuovo personale (risultati del questionario ASTONRAIL).

Figure 2 – Preferred degree when hiring new employees (results of the ASTONRAIL survey).

rante i loro studi. La necessità di persone precedentemente qualificate emerge anche dal fatto che solo il 25% delle aziende non richiede esplicitamente alcuna esperienza precedente quando assume personale (Fig. 3).

Inoltre, dal sondaggio è emerso che molte aziende richiedono una formazione intensiva dopo la Laurea prima di iniziare a lavorare: 19% in ogni caso, 58% a seconda del background educativo dei nuovi dipendenti. Anche la distribuzione del personale tra i vari livelli di istruzione (Fig. 4) è variabile a seconda della tipologia dell'impresa. Oltre il 50% dei dipendenti svolge compiti:

- Operativi presso gestori dell'infrastruttura e imprese merci.
- Tattici presso società di consulenza.
- Strategici presso le autorità e le amministrazioni dei trasporti.

La seconda parte del questionario si è concentrata sulle competenze dettagliate richieste dalle imprese nell'ambito di compiti strategici, tattici e operativi. L'assegnazione dei giudizi variava dall'indispensabile all'inutile. La Tab. 2 mostra un esempio delle competenze più apprezzate dal punto di vista dei gestori delle infrastrutture.

Le *soft skill*, la capacità di lavoro di squadra e altre attitudini sono state poste sotto indagine nella terza parte del questionario.

Il 54% delle aziende intervistate ha dichiarato *very strong* (molto forte) la necessità di avere capacità di *problem solving* da parte dei neoassunti (Fig. 4) e il 77% di loro ha dichiarato *very strong* la capacità di lavoro di squadra (Fig. 5). Inoltre, il 58% dei Laureati appena assunti ha la capacità di lavorare in un contesto internazionale.

L'indagine parallela condotta in Germania ha coinvolto 41 partecipanti distribuiti come indicato nella Tab. 3 (scelte multiple erano possibili). Il numero di partecipanti non è rappresentativo dell'intera industria ferroviaria tedesca. Tuttavia, le conclusioni possono essere utili per l'aggiornamento dell'istruzione superiore ferroviaria.

Nel reclutare ingegneri, la grande maggioranza dei partecipanti (68%) ha preferito una Laurea in ingegneria

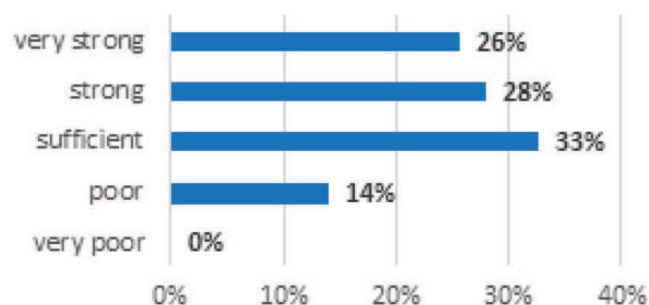


Figura 4 – Richiesta di capacità di *problem solving* (Risultati del questionario ASTONRAIL).

Figure 4 – Detected graduates' skills for complex problems solving (Results of the ASTONRAIL survey).

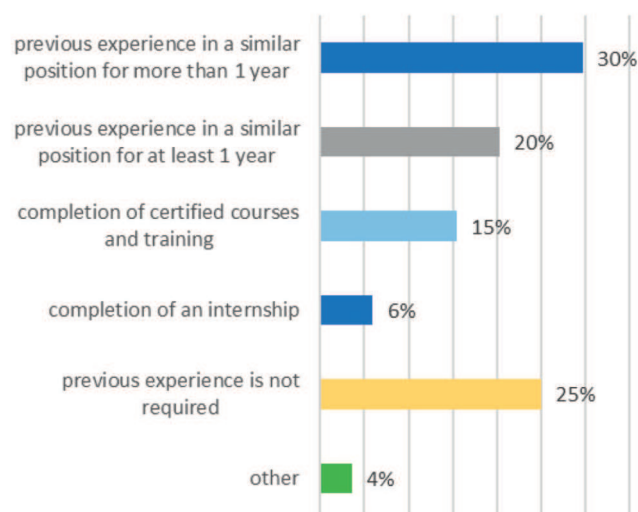


Figura 3 – Esperienze pregresse richieste per i nuovi assunti (risultati del questionario ASTONRAIL).

Figure 3 – Required previous experiences for newly hired employees (results of the ASTONRAIL survey).

The education level of the involved staff was very variable: e.g., infrastructure managers and freight operators have 75%÷100% employees with high school education level, meanwhile transport authorities and consultancy companies have 75%÷100% employees with Master's degrees.

Nonetheless, when rail companies hire new employees, the preferred degrees (about 35%) are those focused on rail transport and railway engineering (Fig. 2).

Many rail companies stated that demand for skilled workforce exceed supply. Therefore, the majority of them (56 %) regularly provide professional internships for university students during their studies. The need of previously skilled persons emerge also by the fact that only 25% of companies do not require explicitly any previous experience when hiring staff (Fig. 3).

Moreover, from the survey emerged that many companies require intensive after graduation training before

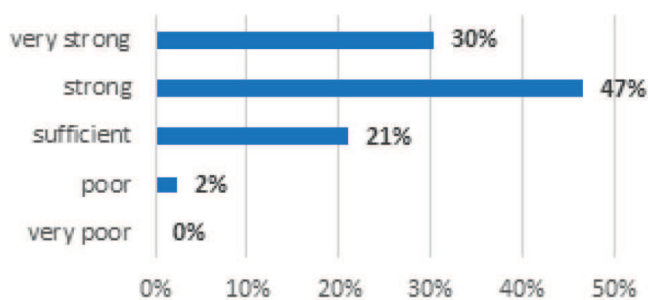


Figura 5 – Richiesta di capacità di lavoro di squadra (Risultati del questionario ASTONRAIL).

Figure 5 – Detected graduates' skills for team working (Results of the ASTONRAIL survey).

Tabella 2 – Table 2

Competenze in compiti strategici, tattici e operativi richiesti da un gestore dell'infrastruttura (Risultati del questionario ASTONRAIL)

*Skills in Strategic, Tactical and Operational tasks required by an IM (results of the ASTONRAIL survey)*

<b>Competenze Skills</b>	<b>Strategiche (13) Strategic (13)</b>	<b>Tattiche (22) Tactical (22)</b>	<b>Operative (11) Operational (11)</b>
Ponti <i>Bridges</i>		√	√
Analisi costi-benefici <i>Cost Benefit Analysis</i>	√		
Determinazione dei costi <i>Costing</i>	√	√	
Analisi di dati <i>Data analysis</i>	√		
Bonifiche <i>Drainage</i>			√
Terremoti <i>Earthworks</i>		√	√
Elettrotecnica <i>Electric</i>		√	√
ETCS		√	
Regolamentazione governativa <i>Government regulation</i>	√	√	
Modellazione dei costi infrastrutturali <i>Infrastructure cost modeling</i>	√	√	
Interoperabilità <i>Interoperability</i>	√	√	
Passaggi a livello <i>Level crossings</i>			√
Costi del ciclo di vita <i>Life Cycle Costs</i>	√		
Catene logistiche e di trasporto <i>Logistics and transport chains</i>		√	
Manutenzione <i>Maintenance</i>		√	√
Affidabilità <i>Reliability</i>	√	√	
Gestione delle risorse <i>Resources management</i>	√	√	
Assegnazione di itinerari <i>Route assignment</i>		√	
Segnalamento relativa agli itinerari <i>Route based signaling</i>		√	√
Sicurezza relativa a eventi accidentali <i>Safety</i>	√	√	√
Sicurezza relativa a eventi dolosi <i>Security</i>	√	√	√
Stazioni <i>Stations</i>		√	√
Gestione degli orari <i>Timetable management</i>		√	
Linea <i>Track</i>		√	
Gestione della capacità della linea <i>Track capacity management</i>	√	√	
<i>Transport externalities</i>	√		
Quadro giuridico dei trasporti <i>Transport legal frameworks</i>		√	
Gallerie <i>Tunnels</i>		√	√

Tabella 3 – Table 3

Categorie di imprese ferroviarie partecipanti all'indagine tedesca (Risultati del questionario distribuito in Germania)  
 Categories of rail companies participating in the German survey (Results of the survey in Germany)

Categoria Category	Numero di risposte Number of answers
Gestori di infrastrutture Infrastructure operator	2
Imprese di trasporto passeggeri Passenger transport company	7
Imprese di trasporto merci Freight transport company	5
Autorità di regolazione Regulation authority	0
Altre unità amministrative (organizzazioni nazionali e internazionali) Other administrative unit (national and international organization)	4
Costruttori di veicoli ferroviari o di componenti per veicoli ferroviari Manufacturer of rail vehicles or rail vehicle equipment	7
Altre società manifatturiere dell'industria ferroviaria Other manufacturing company of the railway industry	6
Sviluppatori/produttori di tecnologie di controllo e sicurezza nel trasporto ferroviario Developer/manufacturer of control and safety technology in rail transport	3
Sviluppo/forniture informatiche per il trasporto ferroviario Development/supply of information in rail transport	2
Società di consulenza ingegneristica Engineering/consulting company	16
<b>TOTALE</b> <b>TOTAL</b>	<b>52</b>

dei sistemi di trasporto/ingegneria dei trasporti, seguita da ingegneria meccanica (44%) e ingegneria industriale (37%) (Fig. 6).

Inoltre, nelle libere considerazioni aggiuntive, le aziende hanno indicato frequentemente come competenze desiderate i settori dell'elettronica, dell'informatica e della telematica. A differenza dei risultati dell'indagine ASTONRAIL a livello europeo, il contesto nazionale tedesco evidenzia che il 39% delle aziende ha risposto che le capacità dei neolaureati di lavorare in contesti internazionali sono insufficienti, mentre il 32% le ha considerate sufficienti. Infine, il 29% dei partecipanti ha affermato che le competenze per lavorare in contesti internazionali non sono necessarie.

Dall'indagine tedesca è risultato anche che le conoscenze specialistiche e pratiche dei laureati sono molto importanti per l'occupazione nel settore ferroviario e necessitano di miglioramenti. Pertanto, l'integrazione di più

start working: 19% in any case, 58% depending on the education background of the new employees. The distribution of the staff across the various education task levels (Fig. 4) was also variable by the typology of company. Over 50% of employees are working in:

- Operational tasks at IM and freight RU.
- Tactical tasks at consultancy companies.
- Strategic tasks at transport authorities and administrations.

The second part of the questionnaire focused on the detailed skills required by companies within the strategic, tactical and operational tasks. The assignment of judgements weights was by values spanning from indispensable to unnecessary. Tab. 2 shows an example of the most valued skills from Infrastructure Managers viewpoint.

Soft abilities, skillsets to work in teams and other attitudes of graduates were under investigation in the third part of the questionnaire.

Moreover, 54% of respondent companies estimated strong or more the complex problem solving skills of newly hired graduates (Fig. 4) and 77% of them estimated strong or more their team-working skills (Fig. 5). Moreover, 58% of newly hired graduates have capabilities to work in an international context.

The parallel survey carried out in Germany involved 41 participants distributed to the participant categories as shown in Tab. 3 (multiple choices where possible). The number of participants is not representative for the entire railway industry in Germany. Nevertheless, the conclusions can be anyway useful for the modernization of rail higher education.

When recruiting engineers, the large majority (68%) of the participants preferred a degree in transportation system engineering / transport engineering, followed by mechanical engineering (44%) and industrial engineering (37%) (Fig. 6).

Moreover, in the additional free text options, the companies indicated frequently as desired skills the fields of electronics, computer sciences and telematics. Differently from the results of the EU-wide ASTONRAIL survey, the national German context highlights that 39% of companies answered that the abilities of newly enrolled graduates to work in international contexts are insufficient, meanwhile 32% considered them sufficient. Further, 29% of the partici-

When recruiting engineers, does your company prefer people with a degree in

(multiple choices possible, n = 41)

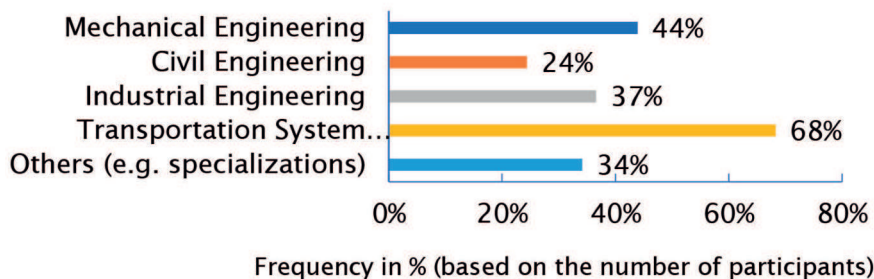


Figura 6 – Corsi di studio preferiti dalle società per il reclutamento (Risultati del questionario distribuito in Germania).

Figure 6 – Preferred study courses by recruiting companies (Results of the survey in Germany).

contenuti didattici ferroviari, con attività pratiche e possibilità di effettuare stage per acquisire ulteriore esperienza pratica dovrebbe essere una priorità, che richiederebbe ulteriori indagini per migliorare l'istruzione superiore ferroviaria.

In effetti, la combinazione dei risultati delle indagini a livello europeo e tedesco evidenzia che la laurea e le competenze connesse sono un parametro molto importante per l'assunzione di nuovi dipendenti. Si conferma anche la preferenza di un titolo di studi sui sistemi di trasporto/ingegneria dei trasporti per i gestori dell'infrastruttura, le autorità di regolamentazione e la consulenza ingegneristica.

Inoltre, in questo sondaggio globale, emerge che negli ultimi anni un buon numero di aziende (28%) ha partecipato a corsi di studio duali con istituti di istruzione superiore e ha considerato importanti le competenze per lavorare in un ambiente internazionale (46%).

Un altro risultato interessante è che, sebbene le aziende richiedano competenze per lavorare in un contesto internazionale, un'analisi parallela delle offerte di lavoro mostra che il settore ferroviario è ancora abbastanza organizzato localmente. Infine, le competenze linguistiche straniere sono molto apprezzate, ma quasi l'80% dei reclutatori è soddisfatto del livello linguistico dei nuovi dipendenti.

#### 4. Percorsi di studio presso le diverse istituzioni

In questa sezione si approfondisce come i diversi istituti di istruzione superiore in Europa si occupino della conoscenza dei sistemi ferroviari, i diversi sottosistemi e come siano collegati ai diversi sbocchi professionali. Il riferimento è la cosiddetta *Rail Careers Matrix* (RCM) [10].

La Fig. 7 evidenzia i percorsi di studio e illustra i programmi di Laurea (colonne) e di Laurea Magistrale (ri-

pants said that skills for working in international contexts are not necessary.

From the German survey also resulted that specialized and practical knowledge of graduates are very important for the employment in the railway industry and needs improvements. Therefore, integrating more rail relevant teaching contents, ensuring practical contents in courses and implementing internships to gain practical experience should be a priority and would require further investigation when improving rail higher education.

Indeed the combination of the results of the EU-wide and German surveys highlights that the graduation degree and the connected skills is a very important parameter when recruiting new employees. It confirms the prefer-

ence of transportation system / transport engineering for infrastructure managers, regulation authorities and engineering consultancy.

Moreover, in this global survey feedback, it emerges that in the last years a good number of companies (28%) participated to dual study courses with higher education institutions and considered the relevance of skills to work in an international environment (46%).

An interesting additional finding is companies require skills to work in an international context (almost 46%) but a parallel analysis of job offers shows that the railway sector is still quite locally organized. Finally, foreign linguistic skills are highly appreciated but almost 80% of recruiters are satisfied with the linguistic level of the new employees.

#### 4. Study paths at the different institutions

In this section it is studied how different higher education institutions in Europe deal with the railway systems knowledge in different subsystems and how they eventually link to the different professional levels. The reference is the so-called *Rail Careers Matrix* (RCM) [10].

Fig. 7 highlights the study paths and consists of the available Bachelor programmes (columns) and the available Master programmes (rows). A number 1 in a cell indicates that the concerned Bachelor program allows for unrestricted access to the respective Master program. In case of absence of direct access from Bachelors to Masters, the cell is blank. The study paths are in accordance with the railway overview picture introduced in Fig. 1. An example of study paths matrix for KTH Stockholm is in Fig. 8.

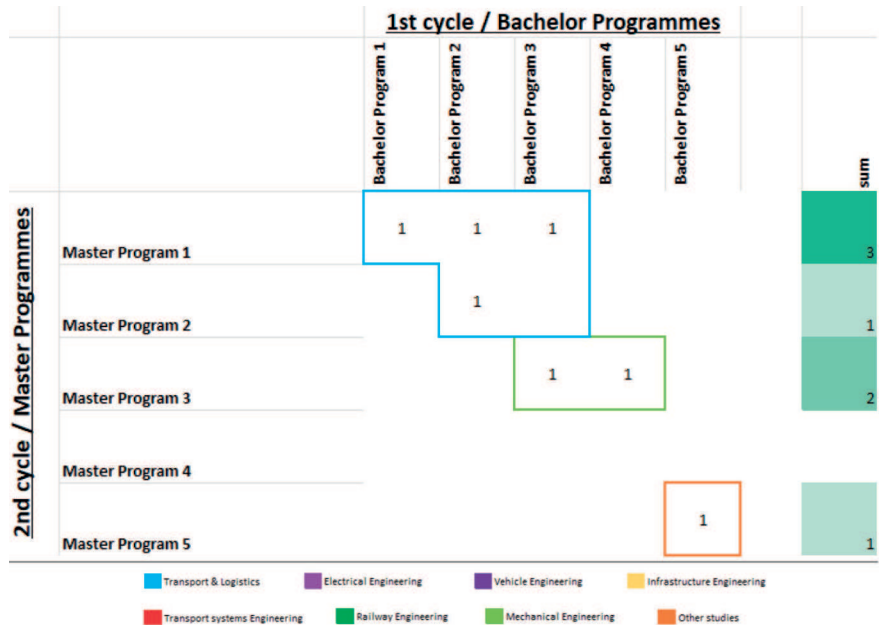
The schemes produced in this section are a synthetic representation of the various study paths at the different partner universities combined with the RCM. The scheme allows a visualization of the connections between levels of study and the resulting cells.

# OSSERVATORIO

ghe) disponibili. Un numero 1 in una cella indica che il programma triennale in questione consente l'accesso diretto al rispettivo programma magistrale. Viceversa, la cella è vuota. I percorsi di studio sono in accordo con l'immagine concettuale introdotta nella Fig. 1. Un esempio di percorso di studi disponibile presso il KTH di Stoccolma è riportato in Fig. 8 a titolo di esempio.

Gli schemi prodotti in questa sezione vogliono rappresentare sinteticamente i vari percorsi di studio presso le diverse università partner di ASTONRAIL in combinazione con la RCM. Lo schema consente una visualizzazione delle connessioni tra i livelli di studio e le carriere a cui danno accesso.

In generale, un corso di Laurea è di preparazione per una Laurea Magistrale o consente accesso diretto al settore ferroviario. Se gli studenti



(Fonte – Source: Database ASTONRAIL)

Figura 7 – Struttura di percorsi di studio ferroviari.  
Figure 7 – Structure of a rail related study paths matrix.

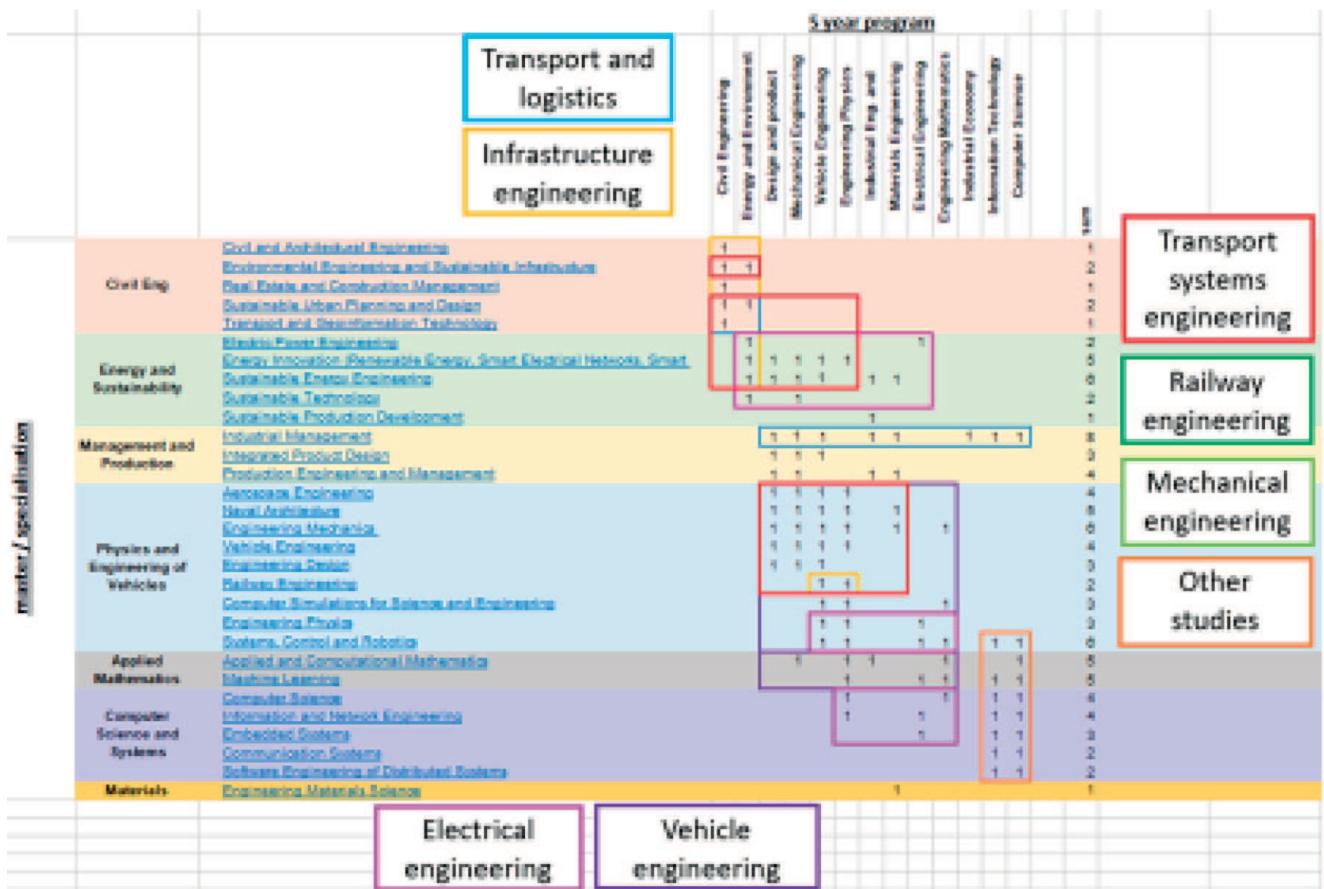


Figura 8 – Percorsi di studio ferroviari presso KTH Stockholm (Elaborazione per ASTONRAIL).  
Figure 8 – Rail related study paths matrix at KTH Stockholm (Scheme for ASTONRAIL).

hanno deciso di seguire un Master, questo consente loro di continuare gli studi con corsi Post-Master e Dottorati o di entrare nel settore ferroviario subito dopo. I Dottorati di ricerca hanno esigenze diverse in diversi paesi e normalmente non richiedono Lauree specialistiche in ingegneria. Diversamente, in Germania e in Svezia ci sono requisiti specifici per l'avvio di un Dottorato direttamente correlato al settore di studio: ad esempio l'ammissione a un Dottorato in ingegneria è possibile solo con una Laurea in ingegneria. Un esempio di percorsi di studio integrati con le mappe di carriera per Sapienza Università di Roma è rappresentato in Fig. 9.

Le matrici e gli schemi hanno rivelato differenze piuttosto sostanziali tra i percorsi di studio disponibili presso le diverse istituzioni. Queste differenze riguardano il numero e lo spettro dei programmi, l'accessibilità dei programmi master, la disponibilità di programmi Post-Master e di Dottorato, nonché le conseguenti opportunità di lavoro.

Questa varietà di percorsi con le loro diverse possibilità di riorientamento durante gli studi rende impossibile tracciare un quadro completo di tutti i percorsi di studio disponibili. Tuttavia, è sempre possibile, quando si inizia in uno dei campi generici delineati nel quadro generale, continuare a studiare in questo campo fino al più alto livello (Dottorato di ricerca).

Un percorso di studio è significativo in base alla sua fine. Per gli studenti che terminano gli studi dopo una Lau-

*In general, a Bachelor's course is a preparation either for a Master's or as direct access to the industry. If the students decided to pursue a Master, this allows them either to continue their studies with post-Master courses and PhDs respectively or to enter the industry right after. PhDs have different requirements in different countries and normally they do not require engineering related Master's degrees. Differently, in Germany and Sweden there are specific requirements for starting a PhD directly related to the area of study, e.g. admission to a PhD in engineering is only possible with an engineering degree. An example of study paths integrated with career maps for Sapienza University of Rome is in Fig. 9.*

*The matrixes and schemas revealed rather substantial differences among the available study paths at the different institutions. These differences concern the number and spectrum of programmes, the accessibility of master programmes, the availability of postmaster and PhD programmes, as well as the resulting job opportunities.*

*This variety of paths with their different possibilities to re-orientate during the studies makes it impossible to draw a complete picture of all the available study paths. Nevertheless, it is always possible, when starting in one of the generic fields outlined in the overview picture, to continue studying in this field up to the highest level (PhD).*

*A study path is significant according to its end. For students, who end their studies after a Bachelor's degree, a simple look at a university's list of Bachelor programs gives*

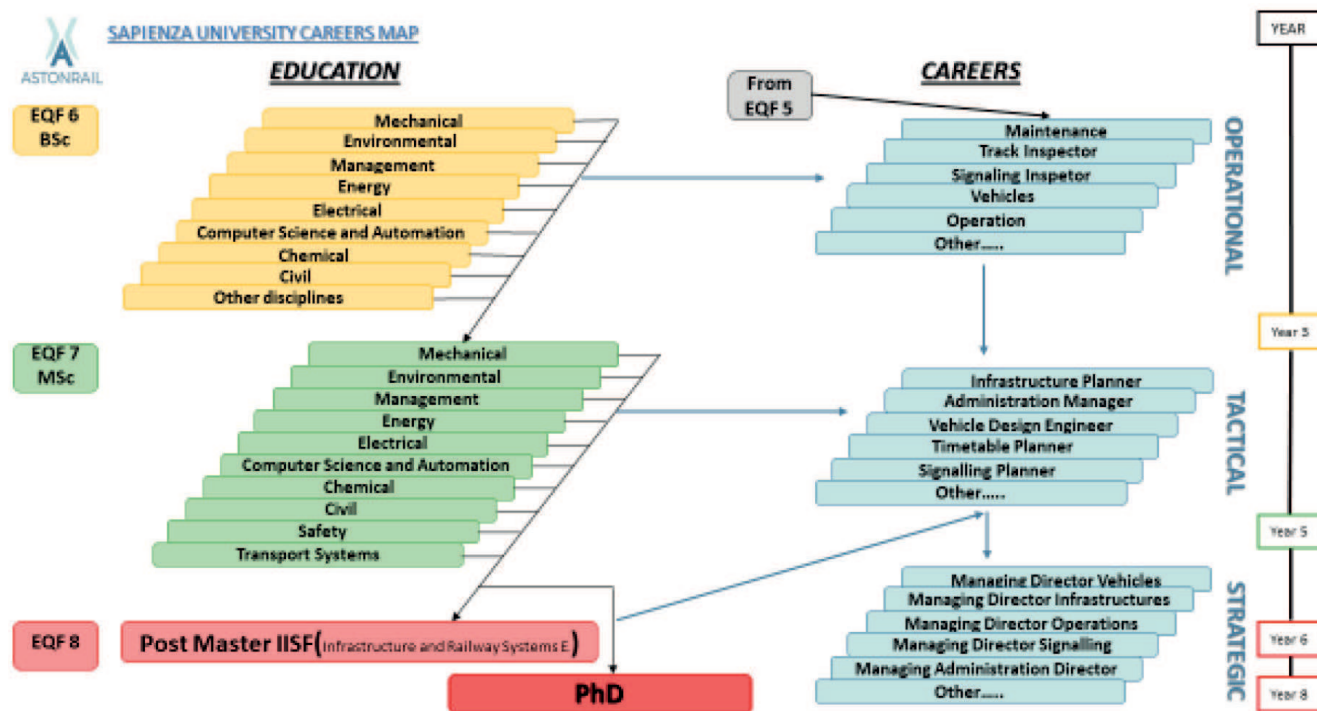


Figura 9 – Percorsi formativi ferroviari e percorsi di carriera presso Sapienza Università di Roma (Elaborazione per ASTONRAIL).

Figure 9 – Rail related education paths and career maps at Sapienza University of Rome (Scheme for ASTONRAIL).

rea, un semplice sguardo all'elenco dei programmi di Laurea Magistrale di un'università può fornire risposta ai percorsi di studio disponibili per il futuro. Per le Lauree Magistrali, non è solo l'area del programma magistrale stesso, ma anche la sua accessibilità dalle Lauree. La facilità di entrare in un certo programma di Laurea Magistrale con una Laurea diversa è un attributo di permeabilità.

In una scala 0-3, la permeabilità dei vari programmi magistrali sono:

- 0) Master non disponibile.
- 1) Master accessibile solo con una triennale dello stesso percorso.
- 2) Master accessibile con diplomi di Laurea da alcuni altri percorsi.
- 3) Master accessibile con diplomi di Laurea da quasi tutti gli altri percorsi.

Con questa scala, è stato possibile tracciare un quadro più completo della reale disponibilità di percorsi di studio presso le istituzioni studiate (Fig. 10). Alcuni percorsi di studio sono piuttosto bloccati, il che significa che non è possibile terminare gli studi in tale settore se non si inizia già dalla laurea nel rispettivo campo. Si tratta in particolare di ingegneria meccanica, ingegneria delle infrastrutture e scienza dei materiali. Altri sono altamente permeabili. Si tratta di trasporti e logistica, studi energetici e ambientali e ingegneria dei sistemi di trasporto. La permeabilità dei percorsi rimanenti dipende dalle scelte delle diverse università: ad esempio i percorsi offerti dall'Università di Zagabria sono tutti altamente permeabili.

Il quadro generale ferroviario e la presente ricerca rimangono importanti e utili in quanto in molti casi i campi mancanti sopra elencati sono aggiunte necessarie a studi più tradizionali: ad esempio, ingegneri e logistici non solo soddisfano i requisiti tradizionali, ma acquisiscono conoscenze complementari ulteriori.

## 5. Metodi innovativi nell'istruzione superiore ferroviaria e corsi di studi Intensivi

Uno degli obiettivi del progetto ASTONRAIL è quello di produrre una rassegna di nuovi metodi di insegnamento e apprendimento, approcci, politiche e pratiche per lo sviluppo delle competenze ferroviarie. Per una migliore qualità dell'apprendimento, è necessario da parte dei corsi di laurea ferroviari, adottare un approccio didattico appropriato, in base al contesto e agli obiettivi, in cui gli studenti si divertono e sono orgogliosi delle loro capacità e conoscenze. L'ambizione è che alla fine del programma, i laureati siano in grado di abbracciare op-

the answer to the available study paths. For Master studies, it is not only the area of the Master program itself, but also its accessibility from Bachelor's level. The easiness to enter a certain Master program with a different Bachelor's degree is a permeability attribute.

In a 0-3 scale, the permeability of the various master programs are:

- 0) Master program(s) not available.
- 1) Master program(s) only accessible with a bachelors form the same path.
- 2) Master program(s) accessible with bachelor degrees from certain other paths.
- 3) Master program(s) accessible with bachelor degrees from nearly all other paths.

By this scale, it was possible to draw a more complete picture of the actual availability of study paths at the investigated institutions (Fig. 10). Some study paths are rather narrow, meaning that it is not possible to end one's studies in this path when not already starting one's bachelors in the respective field. These are mechanical engineering, infrastructure engineering as well as material science. Others are highly permeable. They are transport and logistics, energy and environmental studies and transport systems engineering. The permeability of the remaining paths mostly depends on each institution: e.g., University of Zagreb paths are all highly permeable.

The railway overview picture and the present research remain important and useful as in many cases the missing fields listed above are necessary additions to more traditional studies: e.g., engineers and logisticians do not only fulfil the traditional requirements, but also acquire versatile complementary knowledge beyond them.

		Areas / Paths										
		Traditional Rail related Paths						Other Paths				
		Transport and logistics	Transport Systems Engineering	Railway Engineering	Vehicle Engineering	Infrastructure Engineering	Mechanical Engineering	Electrical Engineering	Computer Science	Management & Economics	Material Science	Energy & Environmental Studies
Institutions	La Sapienza (Rome, Italy)	2	3	0	2	1	1	3	2	1	1	2
	KTH (Stockholm, Sweden)	3	2	2	2	1	0	2	2	2	1	3
	Aston University (Birmingham, UK)	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	TH Wildau (Wildau, Germany)*	2	0	0	0	0	2	0	1	2	0	0
	University of Zilina (Zilina, Slovakia)	1	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0
	University of Malaga (Malaga, Spain)	3	2	0	2	0	0	0	1	1	1	3
	University of Zagreb (Zagreb, Serbia)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

\*does not offer PhD programs

Figura 10 – Percorsi di studio presso le università partner qualificate con il criterio di permeabilità (Elaborazione per ASTONRAIL).

Figure 10 – Study paths at various universities qualified by the permeability criterion (Scheme for ASTONRAIL).



portunità di carriera nel settore ferroviario in qualsiasi paese europeo. La chiave è non perdere mai di vista sull'interesse, la conoscenza e la soddisfazione degli studenti. Confrontando le metodologie di apprendimento, gli studi si sono concentrati sul ruolo dell'insegnante nell'istruzione superiore ferroviaria, esaminando, definendo e confermando tipi di consegna e attività di apprendimento per le diverse materie ferroviarie. Nuovi approcci per valutare la qualità dei risultati dell'apprendimento si incentrano su quando e dove l'insegnante dovrebbe agire come *Director*, come *Leading Learner*, come *Nurturer* e come *Facilitator* [11]. Sono stati identificati potenziali miglioramenti anche nelle tecniche di valutazione in aula e nel feedback degli studenti sul corso e sugli insegnanti.

Un corso di studio intensivo (ISC) ha avuto luogo presso l'Università di Zagabria, in Croazia nel maggio 2022 al fine di testare diversi approcci su diversi argomenti. Le lezioni all'ISC hanno riguardato cinque pilastri significativi dei sistemi ferroviari:

- **Infrastruttura:** contatto ruota-rotaia, *Building Information Modelling* (BIM), manutenzione preventiva e asset management.
- **Esercizio, management ed economia:** circolazione dei treni in una rete, sistema europeo di gestione del traffico ferroviario (ERTMS), valutazioni economiche dei servizi e ottimizzazione delle operazioni e degli orari.
- **Materiale rotabile:** architettura tradizionale dei veicoli ferroviari, design interno innovativo e carri merci ferroviari interoperabili.
- **Sicurezza:** principi di sicurezza per la gestione del traffico ferroviario e misure per la protezione del sistema ferroviario da atti dolosi.
- **Tecnologia:** approcci innovativi implementati nel settore ferroviario con enfasi su sostenibilità, basso consumo energetico, ambiente e decarbonizzazione.

Un sondaggio rivolto ai 25 studenti partecipanti di laurea, laurea magistrale e dottorato di ricerca provenienti da 12 paesi ha raccolto suggerimenti su come identificare e stabilire il giusto equilibrio tra:

- Acquisizione di informazioni e costruzione di conoscenze.
- Apprendimento centrato sull'insegnante e centrato sullo studente.
- Lezioni in aula e in laboratorio.
- Valutazione basata su esami e valutazione basata sul lavoro.
- Mobilità degli studenti e apprendimento a distanza.

L'indagine prende in considerazione il feedback dell'ISC, che ha incluso le lezioni teoriche, le idee per coinvolgere attivamente gli allievi, le riflessioni e le sessioni di domanda e risposta. Con le domande chiuse gli studenti hanno valutato gli argomenti trattati, le attività all'interno dell'ISC e l'impatto dell'ISC su di loro.

## 5. Innovative methods in rail higher education and Intensive Study Course

*One of the goals of the ASTONRAIL project is to produce a portfolio of new teaching and learning methods, approaches, policies and practices for rail skills development. For a better quality of learning, it is necessary to adopt for rail degree programmes the appropriate teaching approach, according to the context and the missions, in which students take joy and pride in their skills and knowledge. The ambition is that at the end of the programme, the graduates could be able to embrace prospective carrier in the railway sector in any European country. The key is never to lose the focus on student interest, knowledge and satisfaction. By comparing learning methodologies, the studies focused on the role of the teacher in rail higher education, examined, defined and confirmed for different rail specific subjects, types of delivery and learning activities. New approaches to assess the quality of learning outcomes focused on when and where the teacher should be acting as Director, as Leading Learner, as Nurturer and as Facilitator [11]. Identified potential improvements were also in Classroom Assessment Techniques, course-related and teacher-related student feedback.*

*In order to test different approaches on different topics an Intensive Study Course (ISC) took place at the University of Zagreb, Croatia in May 2022. Lectures at ISC covered five significant pillars of railway systems:*

- *Infrastructure: wheel-rail contact, Building Information Modelling (BIM), predictive maintenance and asset management.*
- *Operation, management and economics: movement of trains in a network, European Rail Traffic Management System (ERTMS), economic appraisals of services and optimization of operation and timetables.*
- *Rolling stock: traditional architecture of rail vehicles, innovative interior designs and inter-operable rail freight wagons.*
- *Safety and security: safety principles for managing trains traffic and measures for protecting the railway system from malicious acts.*
- *Technology: innovative approaches implemented in the railway industry and emphasized sustainability, low energy consumption, environment and decarbonisation.*

*A dedicated survey addressing 25 participating undergraduate, Master and PhD students from 12 countries collected suggestions on how to identify and establish the right balance between:*

- *Information acquisition and knowledge construction.*
- *Teacher-centered and student-centered learning.*
- *Lectures in classrooms and practices in laboratories.*
- *Exam-based assessment and work-based assessment.*
- *Student mobility and distance learning.*

*The survey included the feedback from the ISC, which included lectures, theoretical explanations for student, test-*

La Fig. 11 mostra i risultati della valutazione degli argomenti su una scala da 1 (peggiore) a 5 (migliore). È interessante notare che tutti gli argomenti hanno ottenuto un punteggio minimo di 4,14, a riprova della qualità dell'ISC percepita dagli studenti e di tutte le attività che hanno preceduto l'attività stessa. Gli studenti hanno valutato il tema Tecnologia come migliore (4.66) e il tema Esercizio, *management* ed economia (4.14) come peggiore.

La valutazione delle attività all'ISC circa l'influenza del corso su miglioramenti nella comunicazione, nella lingua, nella comprensione di altre culture è sorprendente. La Fig. 12 mostra i risultati della valutazione delle attività. Gli studenti sono più soddisfatti del sostegno ricevuto dai supervisori (4.61) e meno soddisfatti del miglioramento delle competenze linguistiche in inglese (4.28).

I risultati di altre domande del tipo SI-NO (Fig. 13) hanno mostrato che il 100% degli studenti consiglierebbe ASTONRAIL ISC ai colleghi della loro università di origine. È interessante notare che hanno dichiarato al 78% circa che non si dovrebbe puntare a un numero più significativo di lezioni teoriche classiche, ma si dovrebbe optare per più discussioni (72%) e visite tecniche (94%).

Dopo le domande chiuse, gli studenti hanno risposto ad alcune domande aperte su:

- Quale parte del Corso hanno preferito e perché.
- Fino a che punto la lingua inglese è stata un ostacolo alla comprensione del contenuto delle lezioni.
- Che cosa suggerirebbero circa il ISC ai colleghi dalla loro università di provenienza.
- Nel complesso, cosa è stato positivo durante il corso.
- Nel complesso cosa è stato negativo durante il corso.
- Quanto questa esperienza influenzerà la propria carriera futura.

In risposta alle domande di cui sopra, i partecipanti hanno concluso che hanno apprezzato molto le discussioni tra studenti e insegnanti, il lavoro di squadra pratico, i lavori di gruppo, la condivisione di conoscenze e la proposta di idee innovative. Nella maggior parte dei casi la lingua inglese non è stata un ostacolo alla comprensione del contenuto delle lezioni. Al contrario, alcuni hanno dichiarato che ha rappresentato una barriera perché non sono abituati ad usare abitualmente l'inglese tecnico-specifico.

Tutti gli studenti raccomandano ASTONRAIL ISC come grande ed eccitante esperienza, grazie alle nuove conoscenze e per la grande quantità di lavori pratici e di gruppo. Nel complesso, molte cose sono state considerate positive nell'ASTONRAIL ISC: l'opportunità di discutere e

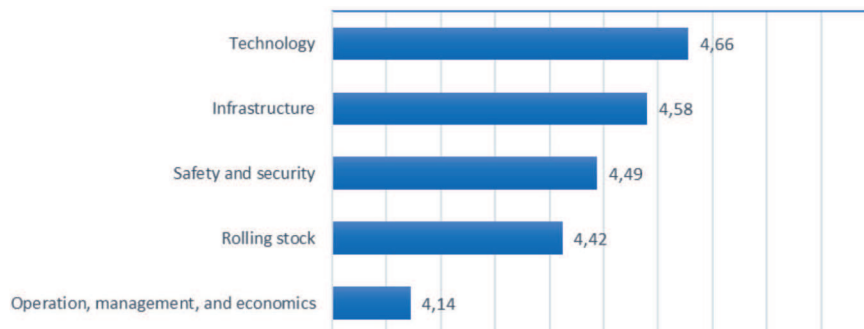


Figura 11 – Risultati della valutazione degli argomenti (scala 1-5) (Elaborazione per ASTONRAIL).

Figure 11 – Topics evaluation results (scale 1-5) (Scheme for ASTONRAIL).

*ing ideas with students actively involved, reflections and questions & answers sessions.*

*Within the closed-ended questions, the students evaluated the topics covered, the activities within the ISC, and general questions related to the impact of the ISC on them.*

*Fig. 11 shows the evaluation results of topics on a scale from 1 (worst) to 5 (best). Interestingly, all topics got a minimum score of 4.14, which is proof of the quality of the ISC and all the activities that preceded the mentioned activity. Students rated the topic of technology the best (4.66) and operation, management, and economics (4.14) the lowest.*

*Evaluation of activities at ISC was also about the influence of ISC on improvements in communication, language, understanding of other cultures and support received from supervisors. Fig. 12 shows the activity evaluation results. Students are most satisfied with the support received from supervisors (4.61) and least pleased with the improvement of English language skills (4.28).*

*The results from other yes-no questions (Fig. 13) showed that the students rated 100% that they would recommend ASTONRAIL ISC to colleagues from their home university. Interestingly, they ranked 77.78% that one should not strive for a more significant number of classic theoretical lectures but should strive for more discussions (72.22%) and technical visits (94.44%).*

*After the closed-ended questions, the students answered open-ended questions, about:*

- *Which part they enjoyed best and why.*
- *At which extent the English language was a barrier to understanding the content of the lectures.*
- *What they would recommend about the ISC to colleagues from their home university.*
- *Overall, what was good about the ISC.*
- *Overall, what was bad about the ISC.*
- *At which extent the ISC experience will influence their future career plans.*

*In response to the above questions, the participants concluded that they enjoyed the most because of discussions between students and teachers, practical teamwork, group work,*



Figura 12 – Risultati della valutazione delle attività (scala 1-5).  
 Figure 12 – Activity evaluation results (scale 1-5).

sviluppare conclusioni lavorando in gruppo, il lavoro di squadra, la presenza di grandi relatori e discussioni stimolanti, lo sfondo multiculturale, il miglioramento delle competenze in inglese, studenti e professori ben istruiti. Aspetti negativi emersi nel complesso sono stati la lunghezza delle lezioni, pesanti e con poche pause. Sull'influenza del corso per i loro futuri piani di carriera, gli studenti hanno sottolineato che li aiuterà a scegliere il loro percorso professionale più consapevolmente, ha migliorato le loro competenze linguistiche e ne hanno apprezzato particolarmente il network.

## 6. Conclusioni e sviluppi successivi

Il primo risultato importante ottenuto nella prima parte del progetto ASTONRAIL è stato l'acquisizione struttu-

discussion, sharing knowledge and proposing innovative ideas. In most cases, the English language was not a barrier to understanding the content of the lectures. In contrast, others stated it was barrier because they are not using English language on daily basis and because of specific terms used at ISC. All students recommend ASTONRAIL ISC because of the great and exciting experience, new knowledge, meeting new people and a lot of practical and group works. Overall, many things were considered positive at ASTONRAIL ISC, such as the opportunity for discussing

and developing conclusions by working in groups, lots of practical teamwork, great speakers with provoking discussions, multicultural backgrounds, improving English skills and well-educated professors and students. Overall, a few negative things emerged, such as long sessions with a lack of breaks during lectures and sometime too heavy lectures. Concerning the possibility that ASTONRAIL ISC experience will influence their future career plans, students highlighted that they got ideas for future innovations, which will help them choose their professional path, they improved their knowledge and language skills and appreciated the great networking.

## 6. Conclusions and next developments

Important results in the first part of ASTONRAIL project were in particular the structured acquisition of rail-spe-

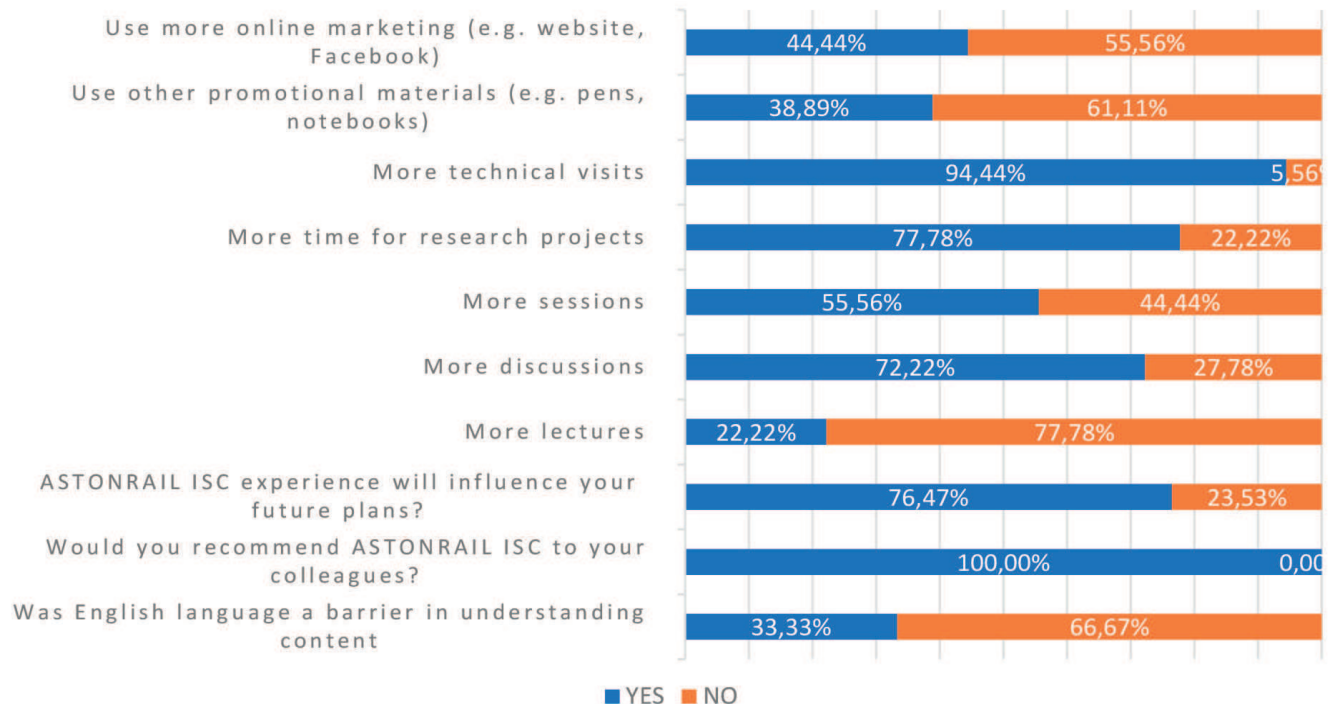


Figura 13 – Risposte a domande SI-NO (Elaborazione per ASTONRAIL).  
 Figure 13 – Yes-No Questions results (Scheme for ASTONRAIL).

rata di informazioni sull'istruzione ferroviaria, utile per l'analisi e la messa a punto di azioni dedicate a colmare alcune lacune emerse tra l'istruzione superiore e le esigenze dei datori di lavoro ferroviari.

Il *database* sviluppato è pronto per essere inserito in un sito web, in modo che i futuri studenti possano usarlo come guida per scegliere il loro corso di studio. L'attuale banca dati concorda con l'impressione diffusa sulle ferrovie. Inoltre, l'analisi delle aspettative del settore ferroviario e dei requisiti per lo sviluppo delle competenze ha evidenziato che il mercato del trasporto ferroviario sta cambiando in molti aspetti: strategico, tecnico, operativo, digitale, telematico e informatico. La mappatura dell'offerta di istruzione superiore ferroviaria rispetto alle aspettative del settore è la base per l'identificazione di lacune e disallineamenti. Alcune di queste lacune sono emerse dall'indagine sui datori di lavoro, dall'analisi delle connessioni tra percorsi educativi e carriere, nonché dai *feedback* del corso di studio intensivo svolto a titolo sperimentale. Parallelamente, sono state identificate e sperimentate nuove metodologie di insegnamento e apprendimento che potrebbero migliorare l'attuale offerta di istruzione superiore ferroviaria. I prossimi passi saranno la valutazione dell'interesse nella formazione e nelle carriere ferroviarie da parte degli studenti, che sarà oggetto di valutazione attraverso *focus group* e incontri tra studenti e professionisti del settore ferroviario. Inoltre, il progetto produrrà un manuale e dei profili di specifiche tecniche per la costruzione di forza lavoro qualificata con metodi innovativi, politiche, pratiche, tecniche e meccanismi efficaci per l'istruzione superiore ferroviaria.

*cific education information becoming accessible for analysis and search of actions dedicated to fill some of these emerging gaps between higher education and rail employers' needs.*

*The developed database is ready for feeding a website so that prospective students could use it as a guidance to choose their course of study. The current dataset research amply supported the widespread impression of railways. Furthermore, the analysis of rail industry expectations and requirements for skills development highlighted that the rail transportation market is currently changing in many aspects, including strategic, technical, operational, digital, telematics and informatics. Mapping out the rail higher education provision against industry expectation is the basis for the identification of gaps and mismatches. Some of these gaps emerged from survey on employers, analysis of connections between educational paths and career, as well as from the feedback of the Intensive Study Course. In parallel, identification and tests of new teaching and learning methods with potential to improve the current rail higher education provision took place. The next steps will be the assessment of the attractiveness of the rail education and careers by the students, which will be under evaluation by means of focus groups and meetings among students and professionals in the rail sector. Moreover, the project will produce a handbook and technical specification profiles for the building of a skilled workforce through next generation methods, policies and practices of effective rail higher education techniques and mechanisms.*

### BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] CANNON C., MARINOV M., ROBINSON M. (2019), "Data Analysis of Current and Emerging Skills Development and Training Schemes in the Rail Transport Sector" - Journal of Educational Research and Review, 7, 3, 57-75.
- [2] FRASZCZYK A., PIIP J. (2020), "Barriers to eLearning in rail - Transportation Research Procedia 48", 168-166 (doi: 10.1016/j.trpro.2020.08.014).
- [3] EURNEX (<http://www.eurnex.org/projects/>).
- [4] TUNRAIL (2011), "Handbook for Rail Higher Education" - November <https://www.ncl.ac.uk/media/wwwnclacuk/newrail/files/tunrailhb.pdf>.
- [5] SKILLRAIL (2012), "Education and Training Actions for high skilled job opportunities in the railway sector" – Project Final Report, (<https://cordis.europa.eu/project/id/233649/reporting>).
- [6] RIFLE (2013), "Rail Freight and Logistics Curriculum Development Handbook".
- [7] BECKMAN K., COULTER N., KHAJENOORI S., MEAD N.R. (1997), "Collaborations: closing the industry-academia gap" - IEEE software, 14(6), 49-57, (doi: 10.1109/52.636668).
- [8] ZAKY A.A., EL-FAHAM M.M. (1998), "The university-industry gap and its effect on research and development" - Engineering Science & Education Journal, 7(3), 122-125, (doi: 10.1049/esej:19980304).
- [9] BARDHI A., HADEED R., CASANUEVA PEREZ C., MARINOV M., MARTINI F., RICCI S. (2022), "Current teaching practices and methods on rail higher education in Europe" – Proceedings of LRN2022.
- [10] FRASZCZYK A., MARINOV M., AMIRAULT N. (2017), "Rail Marketing, Jobs and Public Engagement" - Sustainable Rail Transport, Proceedings of RailNewcastle Talks 2016, 207-224, 12, 2017.
- [11] HALVERSON L.R., GRAHAM C.R. (2019), "Learner engagement in blended learning environments: A conceptual framework" - Online Learning, 23(2), 145-178, 2019 (<https://doi.org/10.24059/olj.v23i2.14>).

## Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

### TRASPORTI SU ROTAIA

#### Lombardia: dall'intera Regione a Linate, ora è tutto collegato

Le nuove fermate della linea M4 permettono di raggiungere lo scalo aeroportuale di Milano Linate con i mezzi di trasporto pubblici da tutta la Lombardia: basta prendere un treno fino alle stazioni di Milano Dateo e Milano Forlanini, e da lì raggiungere in metropolitana l'aeroporto. Un treno ogni 7', dalle 6 alle 21. A Milano Dateo si arriva direttamente in treno con le linee Suburbane Trenord che attraversano il Passante ferroviario: la S1 Saronno-Lodi, la S2 Mariano Comense-Milano Rogoredo, la S5 Varese-Treviglio, la S6 Novara-Pioltello e la S13 Pavia-Milano Bovisa (Fig. 1).

Milano Forlanini è invece raggiungibile dalle linee Trenord S5 Varese-Treviglio, S6 Novara-Pioltello, S9 Saronno-Seregno-Albairate.

Linate è "a un solo cambio" di treno da stazioni nevralgiche come Varese FS, Novara FS, Pavia, Lodi, Saronno, Seregno, Monza, Treviglio, Pioltello, Albairate.

Dalle stazioni del Passante per ar-

rivare a Linate non occorre alcun biglietto speciale, basta il biglietto STIBM Mi1-Mi3 (2,20€), con cui è possibile utilizzare sia i treni nel Passante che la Metropolitana fino a Linate. I biglietti STIBM sono acquistabili da App, sito e da tutti i canali di vendita Trenord (da: *Comunicato Stampa Trenord*, 28 febbraio 2023).

#### Nazionale: "mobilità", continua la ripresa in tutti i comparti del settore trasporti

Continua la ripresa nel comparto trasporti, che nel quarto trimestre del 2022 ha fatto registrare una notevole crescita della domanda di mobilità rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente. Gli aumenti sono stati registrati per tutte le modalità di trasporto, con le sole eccezioni di un leggero calo nel trasporto con veicoli pesanti su rete autostradale (-1%) e per il trasporto aereo delle merci (-3%).

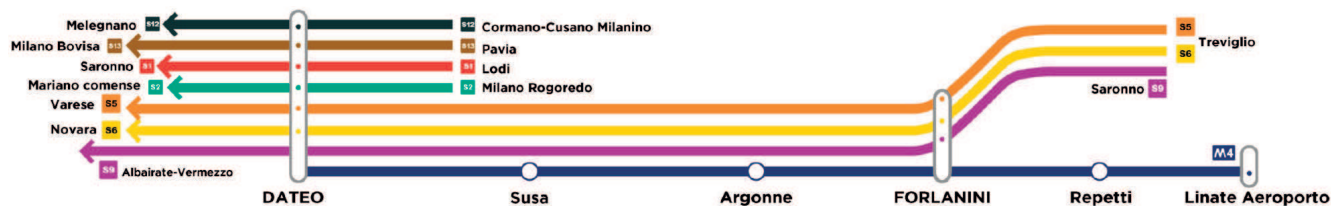
È quanto emerge dal Report trimestrale dell'Osservatorio sulle tendenze di mobilità predisposto dalla Struttura Tecnica di Missione (STM) del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, pubblicato oggi. Avviata durante l'emergenza sanitaria del Covid-19 per valutare l'impatto della

pandemia sugli spostamenti delle persone e delle merci, la rilevazione riporta le analisi trimestrali sulle tendenze di mobilità, realizzate al fine di monitorare l'evoluzione e le esigenze del settore dei trasporti e della logistica, anche per pianificare e programmare meglio gli investimenti nelle infrastrutture e nei servizi di trasporto. Le analisi si basano sui dati messi a disposizione dagli operatori multimodali nazionali, dalle Direzioni Generali del MIT e da quelli contenuti nei database open source dei principali player nazionali e internazionali della mobilità.

Più nel dettaglio, il rapporto evidenzia sensibili variazioni in positivo della domanda passeggeri del settore croceristico (+162%), dei passeggeri sia dell'alta velocità (+61%) che del servizio Intercity (+33%) a fronte di un aumento del servizio rispettivamente del +8% e del +4%. Consistente l'aumento dei passeggeri del trasporto aereo (+39%) a fronte di un aumento del 15% dei servizi offerti, così come quello della domanda passeggeri su traghetti (+35%). Anche la domanda passeggeri del trasporto pubblico locale su ferro vede un aumento notevole (+22%) a fronte di una offerta di servizi rimasta invariata.

Aumenti di rilievo anche nel settore del trasporto stradale di veicoli leggeri, che registrano un +2% sia su rete ANAS che su rete autostrade e di autobus su rete ANAS (+1%). Resta invariato il traffico merci su rete ANAS.

Il segno più tangibile di una netta ripresa si avverte nel confronto tra i dati di questo trimestre e quelli pre-Covid (stesso periodo del 2019): sebbene i traffici non siano ancora tornati a livello pre-pandemia, la tendenza è quella di un imminente rialli-



(Fonte: Trenord)

Figura 1 – Le nuove fermate della linea M4 permettono di raggiungere lo scalo aeroportuale di Milano Linate con i mezzi di trasporto pubblici da tutta la Lombardia.

neamento dei dati. Le uniche eccezioni, in positivo, si sono registrate nella domanda passeggeri del settore traghetti (+34% rispetto al 2019) e dei veicoli pesanti, sia su rete autostrade (+5%) che su rete ANAS (+1%), che hanno quindi visto un aumento anche rispetto al 2019 (da: *Comunicato Stampa MIT*, 2 marzo 2023).

### **Sardegna: gara per la velocizzazione della linea San Gavino-Sassari-Olbia con la variante di Bauladu**

Rete Ferroviaria Italiana (capofila del Polo Infrastrutture del Gruppo FS) ha pubblicato in Gazzetta ufficiale dell'Unione europea la gara per la progettazione esecutiva e la realizzazione dei lavori per la velocizzazione della linea San Gavino-Sassari-Olbia con la variante di Bauladu.

L'intervento complessivo è finanziato con il Fondo per lo sviluppo e la coesione per un valore di 124 milioni di euro, di cui la gara ha un valore di circa 84 milioni di euro.

Il nuovo collegamento avrà effetti benefici sulla mobilità regionale, accorciando i tempi di percorrenza grazie anche all'innalzamento della velocità massima a 160 km orari.

I lavori consistono nella realizzazione di una nuova linea ferroviaria in variante a Bauladu, che avrà una lunghezza di circa 7 km, di cui 3,3 km in galleria naturale. Questo intervento rappresenta la prima tappa per la velocizzazione della linea San Gavino-Sassari-Olbia.

La pubblicazione del bando rappresenta un importante passo in avanti per il potenziamento infrastrutturale e tecnologico del trasporto ferroviario in Sardegna, reso possibile dalla forte sinergia tra RFI e la Regione (da: *Comunicato Stampa Gruppo FS*, 10 marzo 2023).

### **Toscana: Linea Firenze-Pistoia-Viareggio, proseguono i lavori per il raddoppio tra Pistoia e Montecatini**

Proseguono gli interventi di Rete Ferroviaria Italiana per il raddoppio

ferroviario tra Pistoia e Montecatini Terme, sulla linea Firenze-Pistoia-Viareggio. Per consentire l'operatività dei cantieri, sarà sospesa la circolazione dei treni tra Pistoia e Montecatini Terme da sabato 11 a lunedì 13 marzo. Tra le due località sarà attivo un servizio sostitutivo con autobus "Via Autostrada A11" che non effettuerà fermate intermedie; i sistemi di vendita dell'impresa ferroviaria sono aggiornati con i nuovi orari.

Nello specifico, i lavori riguardano la realizzazione delle opere lungo linea, come la realizzazione delle barriere antirumore, con posa delle pannellature fonoassorbenti, in vari punti nei comuni di Pistoia e Pieve a Nievole. Proseguono i lavori di scavo e costruzione della nuova galleria di Serravalle Pistoiese, ripresi lo scorso febbraio. Saranno realizzate le opere idrauliche a salvaguardia dei torrenti Stella-Tazzera-Mandrone e Bellintona-Tegolaia-Nievolina e per le nuove viabilità connesse all'intervento ferroviario nei Comuni di Pistoia, Serravalle Pistoiese e Pieve a Nievole. Inoltre, continua la realizzazione degli impianti di trazione elettrica e di segnalamento del nuovo binario.

Saranno circa 100 le maestranze di RFI e delle ditte appaltatrici impegnate ogni giorno nel fine settimana con 50 mezzi d'opera nei diversi cantieri fissi e mobili. Fino al nuovo orario di giugno sono già in programma le interruzioni nei fine settimana: 15/16 aprile e 13/14 maggio (da: *Comunicato Stampa Gruppo FS*, 9 marzo 2023).

## TRASPORTI URBANI

### **Lazio: in Campidoglio il Dibattito Pubblico sul progetto "Chiusura Anello ferroviario di Roma"**

Presentato in Campidoglio l'avvio del Dibattito Pubblico sul progetto "Chiusura Anello ferroviario di Roma". L'obiettivo del dibattito è quello di informare e illustrare il programma di intervento finalizzato all'aumento dei treni passeggeri nel nodo

di Roma, a creare un itinerario alternativo per il traffico merci e a migliorare la mobilità collettiva. Il progetto prevede di realizzare il collegamento tra le stazioni di Vigna Clara e di Val d'Ala, attraverso la nuova fermata di Tor di Quinto, nonché alcune puntuali modifiche del Piano Regolatore Generale a Roma Tiburtina: in questo modo le linee ferroviarie esistenti disposte come raggi dal centro verso l'esterno verranno collegate tra loro permettendo di offrire un sistema di mobilità integrato.

- I lotti sottoposti a Dibattito Pubblico

Sono interessati due lotti: la tratta Vigna Clara-Tor di Quinto (lotto 1b) e la tratta Tor di Quinto-Val d'Ala con modifiche al PRG di Tiburtina (lotto 2). Il tracciato complessivo dei lotti 1b e 2 si sviluppa tra la stazione di Vigna Clara, prosegue per Tor di Quinto e, oltrepassato il Tevere, si innesta in direzione est sulla linea merci in corrispondenza di Val d'Ala.

- I benefici del progetto

Il nuovo collegamento ferroviario si integrerà con le reti ferroviarie nazionali, regionali e con quelle del trasporto pubblico locale di Roma Capitale, rappresentando, inoltre, un concreto contributo in termini di rigenerazione urbana. In particolare, in una prospettiva di nuove occasioni per la mobilità sostenibile e di ricommissione delle trame ambientali, il progetto può rappresentare un'opportunità per realizzare, in sinergia con l'Amministrazione locale, la continuità della rete ciclabile comunale, attraverso ulteriori tratti per il collegamento delle nuove stazioni e l'integrazione con quelle esistenti. L'opera contribuisce al conseguimento dei principali obiettivi di sostenibilità, dalla neutralità climatica spinta dal *Green Deal* Europeo, all'Agenda ONU 2020 per lo Sviluppo Sostenibile, alla Politica di Coesione territoriale EU 2021-2027.

Per C. CITTADINO, Presidente Commissione Nazionale per il Dibattito Pubblico: "L'istituto del Dibattito Pubblico si ricava dal principio co-

stituzionale di democrazia partecipativa. Sempre di più ci si è resi conto di quanto sia fondamentale il confronto con quei territori dove queste grandi opere impattano. La 'Chiusura Anello ferroviario di Roma' renderà maggiormente sostenibile la mobilità nella Capitale, per i cittadini e per le persone che arrivano in città, e dunque deve essere conosciuta e compresa”.

Il Professor R. ZUCCHETTI, Coordinatore del Dibattito Pubblico e Senior Advisor di PTSCAS, ha dichiarato che: “Il progetto è già arrivato allo studio di fattibilità tecnica ed economica e sono quindi disponibili tutte le informazioni necessarie per valutarlo. Questo non vuole dire che tutto sia già definito, su alcuni temi si potrà ancora intervenire ed è molto importante l'ascolto di chi vive i luoghi attraversati e può portare ad adottare soluzioni diverse da quelle al momento ipotizzate”.

Per V. FIORANI, Commissaria straordinaria per la realizzazione dell'opera e AD di RFI: “L'avvio del dibattito pubblico per la Chiusura dell'Anello ferroviario di Roma segna un'importante tappa nella realizzazione dell'opera, permettendo a *stakeholder* e collettività di dare il loro contributo per arrivare a soluzioni condivise. Le proposte portate dalle amministrazioni e dai cittadini che vivono e conoscono le zone interessate dalle nuove opere ci aiutano ad arricchire le scelte progettuali e a far emergere possibili criticità. I due lotti che verranno illustrati in queste settimane consentiranno di collegare Vigna Clara a Tor di Quinto entro il 2027 e di completare poi l'Anello con il prolungamento della linea fino alla stazione di Val d'Ala entro il 2029. Dopo aver riattivato la tratta a singolo binario che va da Vigna Clara a Valle Aurelia e riaperto le porte della stazione di Vigna Clara, l'impegno di RFI è ora quello di realizzare il raddoppio della tratta Valle Aurelia-Vigna Clara per il Giubileo del 2025 per poi completare la Chiusura dell'Anello ferroviario”.

Secondo E. PATANÈ, Assessore alla Mobilità Roma Capitale: “L'avvio del

Dibattito Pubblico per la realizzazione degli interventi che porteranno alla Chiusura dell'Anello ferroviario è una bella notizia che Roma attendeva da tanti anni e per cui ringraziamo RFI, Rete Ferroviaria Italiana. La realizzazione del nuovo nodo, che permetterà di connettere il quadrante nord della città non solo con la linea FL3 Cesano-Viterbo e con le linee A e B della metropolitana ma anche con Roma Tiburtina, è un intervento strategico per la cosiddetta cura del ferro nel cuore di Roma ed è coerente con l'obiettivo della nostra amministrazione di incentivare il trasporto pubblico con la conseguente diminuzione del traffico privato. Siamo impazienti di entrare nel merito delle questioni tecniche da discutere nei tavoli di lavoro del dibattito pubblico per poter dire la nostra sui tanti aspetti da esaminare”.

Per D. BORDONI, Consigliere del Ministro delle Infrastrutture e Trasporti: “Il Ministero sta seguendo con grande attenzione i progetti infrastrutturali legati alla Capitale e, in particolare, gli interventi relativi alla Metro C e all'acquedotto del Peschiera. La questione della Chiusura dell'Anello ferroviario di Roma è antica e sarà seguita con dovuta cura in tutti i suoi passaggi progettuali e decisionali, favorendo il coordinamento tra Ministero, Roma Capitale, Regione Lazio e RFI” (da: *Comunicato Stampa Gruppo FS*, 6 marzo 2023).

### **Trentino Alto Adige: circonvallazione ferroviaria di Trento, conclusa la campagna integrativa di monitoraggio ambientale nelle aree SIN ex-SLOI**

I dati sono stati raccolti da Italferr (società del Polo Infrastrutture del Gruppo FS) alla presenza dei tecnici dell'Agenzia Provinciale per la protezione dell'ambiente - APPA e sono stati analizzati con il contributo dell'Università di Roma Tor Vergata.

La campagna di misure, assieme alle modellazioni e le valutazioni specifiche scaturite, consente di avere un quadro completo dello stato attuale

delle aree SIN interessate dai lavori della Circonvallazione ferroviaria.

Come già avvenuto per i rilievi eseguiti nella precedente campagna di attività del cantiere pilota, lo studio e i risultati saranno analizzati con Comune e Provincia in uno specifico Tavolo Tecnico-Scientifico, previsto per la settimana prossima, alla presenza di APPA e dell'Università di Tor Vergata. I risultati saranno poi presentati e pubblicati dall'Osservatorio Ambientale e per la Sicurezza sul Lavoro.

L'Amministrazione Comunale ha richiesto inoltre che le indagini vengano integrate con ulteriori campioni, in numero adeguato a determinare lo stato qualitativo dei materiali che verranno movimentati, da prelevare nelle aree della futura galleria artificiale. L'attività è finanziata con 2 milioni di euro nella Legge di bilancio 2023 e sarà effettuata attraverso sondaggi geognostici da realizzare nelle aree ferroviarie comprese tra i siti di interesse nazionale «ex SLOI ed ex Carbochimica» interessate dalla Circonvallazione ferroviaria.

Rete Ferroviaria Italiana e Italferr hanno presentato una campagna di indagini integrative, allo scopo di conoscere la natura del materiale da gestire durante la realizzazione dell'opera, che consentirà di anticipare le caratterizzazioni del materiale che l'appaltatore effettuerà nel corso dei lavori.

Il piano di indagine prevede 6 sondaggi a carotaggio continuo nei tratti di galleria artificiale e trincea della nuova circonvallazione, il prelievo di 6 campioni di terreno per ciascun sondaggio ogni 4 m fino alla massima profondità di scavo. L'effettiva ubicazione sarà perfezionata anche in relazione alla materiale accessibilità, minimizzando soggezioni all'esercizio sia della linea ferroviaria Verona-Brennero che della linea Trento-Malè.

Come per il precedente ed analogo sondaggio effettuato nel settembre 2022, le indagini saranno eseguite da Italferr alla presenza di APPA e avranno durata prevista di circa 3 set-

timane, alle quali si aggiungono i tempi per gli esami di laboratorio e certificazioni di circa 2 mesi.

In relazione alle risorse stanziare per l'anno 2024, saranno valutate eventuali opportunità di integrazione del monitoraggio ambientale sulla base della definizione del progetto esecutivo che sarà sviluppato nei prossimi mesi (da: *Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 25 febbraio 2023).

### TRASPORTI INTERMODALI

#### Nazionale: firmato il Protocollo d'intesa "Stati generali logistica Nord-Est"

È stato siglato, a Verona, il Protocollo d'intesa "Stati generali della logistica del Nord-Est", con l'obiettivo di migliorare il traffico di merci e persone, anche in vista delle Olimpiadi 2026, implementando e migliorando i collegamenti e la logistica, strumenti fondamentali quali volano dello sviluppo. L'accordo prevede il coordinamento di un macrosistema logistico commerciale, unico in Europa, servito da tutte le modalità di trasporto, compresa quella fluviale (Fig. 2).

Il protocollo è stato sottoscritto dal vicepresidente del Consiglio e ministro delle Infrastrutture e dei Tra-

sporti, M. SALVINI dai presidenti delle regioni Veneto, L. ZAIA, Emilia-Romagna, S. BONACCINI, Friuli Venezia Giulia, M. FEDRIGA, dal vicepresidente della provincia autonoma di Bolzano D. ALFREIDER e dal presidente della provincia autonoma di Trento, M. FUGATTI. Presente, in video-collegamento, il presidente della regione Lombardia, A. FONTANA. (da: *Comunicato Stampa MIT*, 8 marzo 2023)

### INDUSTRIA

#### Nazionale: sottoscritti da FSI i MoU con Ita e con il Gruppo Lufthansa per una migliore integrazione fra aereo e treno

Il Gruppo FS Italiane, guidato dall'amministratore delegato Luigi Ferraris, ha sottoscritto un *Memorandum of Understanding* con ITA, la compagnia di bandiera italiana, e uno con il Gruppo Lufthansa. Quest'ultimo Memorandum, oltre alla compagnia di bandiera tedesca, coinvolge anche le controllate Swiss, Austrian Airlines e Brussel Airlines, e le compagnie locali Lufthansa City-Line, Air Dolomiti e Eurowings Discover.

I principali obiettivi dei due *Memorandum of Understanding* sono:

realizzare efficaci servizi multimodali fra aereo e treno, connettendo modalità di trasporto diverse; sviluppare un'offerta congiunta fino a consentire l'acquisto in un'unica soluzione di biglietti aerei e ferroviari; definire programmi di *loyalty* combinati.

I due *MoU* costituiscono il presupposto per realizzare partnership commerciali e operative destinate a sviluppare un'offerta di mobilità multimodale che sappia rispondere in maniera efficace alle esigenze della domanda turistica e business e realizzare un'esperienza di viaggio *end-to-end* agile e comoda, giovandosi eventualmente anche di piattaforme digitali comuni.

Per il Gruppo FS i due accordi s'inquadrano in una più ampia strategia di collaborazioni e partnership, con gli altri operatori di mobilità collettiva e condivisa, coerente con gli obiettivi del proprio Piano Industriale 2022-2031 (da: *Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 3 febbraio 2023).

#### Nazionale: OICE, 562 bandi di ingegneria e architettura per 241 milioni (+51,5% in numero e +28,2% in valore sul 2022)

Nel mese di febbraio 2023 balzo in avanti per le gare di ingegneria e architettura con 562 bandi per 241,0 milioni, +51,5% in numero e +28,2% in valore sul mese di febbraio 2022. Anche rispetto a gennaio 2023 il numero sale del 91,2% e il valore del 16,6%. Nel primo bimestre del 2023 per servizi di architettura e ingegneria sono stati pubblicati 856 bandi con un valore di 447,8 milioni di euro, +37,8% in numero e +68,8% in valore sui primi due mesi del 2022, un dato trainato da 532 bandi per interventi PNRR.

L'aumento dei bandi e del valore è dovuto anche al rilevante numero di concorsi di idee e di progettazione pubblicati nel mese di febbraio, dovuto alla scadenza, già prorogata dal decreto-legge "Aiuti-bis" dal 5 agosto 2022 al 18 febbraio 2023, per l'impegno delle risorse previste dal Fondo concorsi progettazione e idee per la



(Fonte: MIT)

Figura 2 – A Verona, la sigla del Protocollo d'intesa sugli "Stati generali della logistica del Nord-Est".



coesione territoriale, di cui l'omonima Agenzia, la cui dotazione è pari a 161,5 milioni di cui potranno beneficiare soprattutto gli enti locali.

Sempre protagonisti agli accordi quadro che confermano il forte contributo al valore totale messo in gara anche in febbraio: per tutti i servizi di architettura e ingegneria rilevate 28 gare, contro le 28 di gennaio, per 107,1 milioni di euro, sul totale del mese sono il 5,0% del numero e il 44,4% del valore. Rispetto a febbraio 2022: +7,1% in numero e +346% in valore. Confermata la forte presenza di ANAS che ha pubblicato 12 bandi per accordi quadro con un valore di 44,0 milioni che dovranno poi tradursi in contratti attuativi nei prossimi anni.

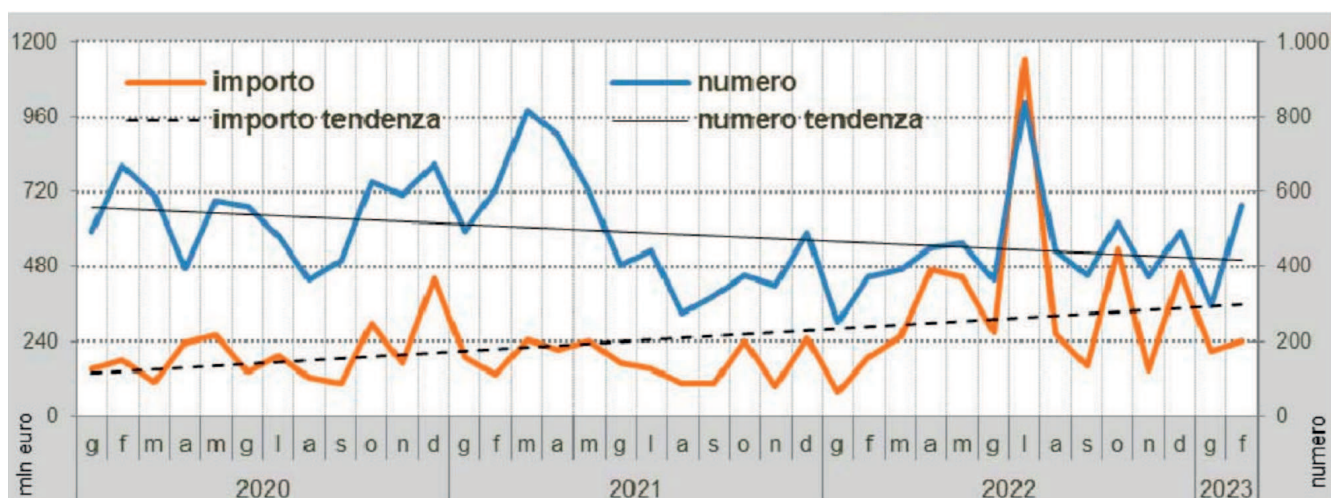
Anche le gare di sola progettazione hanno un andamento positivo (Fig. 3), a febbraio sono state 436 con un valore di 108,0 milioni, con un incremento del 121,3% nel numero ma un calo del 24,5% nel valore su gennaio, ma con una crescita su febbraio 2022 dell'82,4% nel numero e del 36,8% nel valore. "In febbraio abbiamo numeri ancora di rilievo e positivi – ha dichiarato G. LUPOI, a commento dei dati dell'osservatorio –, con la novità del boom dei bandi per concorsi di progettazione. Notiamo come alcune amministrazioni, soprattutto quelle che ricorrono massicciamente ad accordi quadro e appalti integrati, pubblichino in un arco molto breve

numerosi ed impegnativi bandi di gara, con l'effetto di determinare una rarefazione della partecipazione, soprattutto nel caso degli appalti integrati, come ha anche sottolineato di recente l'ANACE. In generale, comunque, il volume della domanda pubblica si pone su livelli alti, come mai avvenuto nelle nostre serie storiche di dati. Sarà interessante verificare nei prossimi mesi quale sarà l'andamento, anche in relazione allo spostamento degli incarichi del PNRR su fasi successive e sull'esecuzione dei lavori. In prospettiva il profilo che desta maggiore preoccupazione rimane quello delle regole e quindi del nuovo codice dei contratti, che ignora proprio quella disciplina che oggi viene applicata per affidare progetti, direzione lavori e collaudi. Il Parlamento ha fornito al Governo importanti indicazioni, con una maggiore sensibilità e attenzione al nostro settore, penalizzato da una bozza di codice che ha abbandonato la centralità del progetto esecutivo e ha dimenticato l'intera disciplina sugli affidamenti e sull'aggiudicazione delle procedure prevista nella linea guida ANAC 1/2016 (l'unica non trasfusa nel nuovo codice!) e prima ancora dal Dpr 207/2010. Bisogna intervenire su veri e propri vuoti normativi, frutto probabilmente anche della scarsa presenza di tecnici nella Commissione speciale che ha lavorato al nuovo codice: dall'assenza di disciplina sulla responsabili-

tà del progettista e sulle relative coperture assicurative, alla disciplina del subappalto e a quella dei compensi. Pur comprendendo che il tempo è tiranno e che la scadenza di fine marzo si avvicina, riteniamo che vi sia ancora spazio per colmare questo vulnus, seguendo le indicazioni del Parlamento, così da assicurare ai RUP un minimo e certo, nonché collaudato, schema di regole. I tempi ci sono, chiediamo che ci sia anche la volontà di farlo, senza pericolosi rinvii a probabili se non certi decreti correttivi. In assenza di ciò il rischio non sarà il blocco della firma da parte dei RUP, orfani di regole, ma il blocco del mercato".

Dopo che nell'intero 2022 l'osservatorio ha censito 2.686 gare per tutti i servizi tecnici e appalti integrati per interventi a valere su risorse del PNRR e del PNC, per un importo dei servizi di 3.571,3 milioni riferibili a 45.043,8 milioni di lavori, nel primo bimestre 2023 le gare censite sono state 532, con un valore dei lavori di 5.313,3 milioni e dei servizi di 167,4 milioni.

I bandi per appalti integrati rilevati nel mese di febbraio 2023 sono stati 86, con valore complessivo dei lavori di 1.596,3 milioni di lavori e con un importo di progettazione stimato in 48,7 milioni. Rispetto al mese di febbraio 2022 il numero cresce del 132,4%, il valore dei lavori cresce



(Fonte: OICE/Informatel)

Figura 3 – Andamento del valore e del numero di tutti i bandi di ingegneria e architettura.

del 5,4% e quello della progettazione compresa nei bandi del 121,2%. Nel primo bimestre 2023 gli appalti integrati sul primo bimestre 2022 crescono del 213,8% nel numero, del 30,5% nel valore dei lavori e del 13,6% in quello dei servizi compresi nelle gare (da: *Comunicato Stampa OICE/Informatel*, 8 marzo 2023).

### **Trentino Alto Adige: 934 milioni di euro per potenziare la linea di accesso sud alla Galleria di Base del Brennero**

Webuild, in consorzio, ha ottenuto da RFI - Rete Ferroviaria Italiana (Gruppo FS Italiane) l'aggiudicazione della Circonvallazione ferroviaria di Trento (Lotto 3A) per 934 milioni di euro di valore complessivo. Il consorzio è guidato dal Gruppo Webuild (55% di quota totale) e progetterà e realizzerà circa 13 km di nuova linea ferroviaria, quasi tutta in sotterraneo, nell'ambito del quadruplicamento dell'alta velocità Fortezza-Verona in prosecuzione della Galleria di Base del Brennero. Per l'esecuzione dei lavori, si stima saranno creati circa 1.000 posti di lavoro, diretti e di terzi, con un indotto importante per tutta la filiera.

Ad eseguire i lavori sarà per il 55% il Gruppo Webuild (51% Webuild e 4% Seli), insieme a Ghella (35%) e Collini (10%).

Il Lotto 3A, inserito nel PNRR tra i progetti strategici per il potenziamento della mobilità sostenibile in Italia, contribuirà all'efficientamento del trasporto internazionale delle merci e al miglioramento della competitività del Paese. L'opera si colloca sull'asse strategico transeuropeo Monaco-Verona ed è parte di un programma di interventi più ampio per il potenziamento della mobilità dell'area di Trento, di cui la Circonvallazione è il tassello fondamentale, che contribuirà a ridurre di oltre 65mila tonnellate all'anno le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Il progetto prevede la realizzazione di una galleria naturale, la Galleria Trento (circa 10,6 km di lunghezza), e di due brevi tratte in superficie in af-

fiancamento alla linea esistente. Per scavare la Galleria Trento saranno impiegate 4 talpe meccaniche (TBM), che affronteranno lo scavo 2 da sud, in direzione nord, e 2 da nord, in direzione sud. La tecnologia così impiegata permetterà di avanzare con gli scavi di circa 15-20 m al giorno, con benefici per i complessivi tempi di realizzazione dell'opera.

La Circonvallazione di Trento andrà a potenziare il sistema della Galleria di Base del Brennero. Attualmente, il Gruppo Webuild è impegnato su tre dei cinque lotti attivi per la realizzazione dell'opera: i Lotti Mules 2-3 e Sottoattraversamento Isarco sul versante italiano, e il Lotto Gola del Sil-Pfons su quello austriaco. Ha inoltre completato il Lotto Tulfes-Pfons, sul versante austriaco, e sta realizzando il potenziamento della linea di accesso al Brennero Fortezza-Ponte Gardena, su territorio italiano e sempre sull'asse Monaco-Verona.

Il Gruppo Webuild è *player* di riferimento su scala globale nel settore della mobilità sostenibile, nell'ambi-

to del quale vanta un track record che include oltre 13.600 km di ferrovie e metropolitane. In Italia, è attualmente impegnato, tra l'altro, nella realizzazione dell'AV Napoli-Bari (circa 74 km di linea, tratte Napoli-Cancello, Apice-Hirpinia, Orsara-Hirpinia, Orsara-Bovino), dell'AC Palermo-Catania (53 km, tratte Bicocca-Catenanuova e Nuova Enna-Dittaino), dell'AC Messina-Catania (43 km, lotti Fiumefreddo-Taormina/Letojanni e Taormina-Giampileri) (da: *Comunicato Stampa Gruppo webuild*, 8 febbraio 2023).

## VARIE

### **Liguria: Cantieri Parlanti, nuovo infopoint a Palazzo Ducale sul Progetto Unico Terzo Valico e Nodo di Genova**

Un nuovo infopoint dedicato al Progetto Unico del Terzo Valico e Nodo di Genova è presente presso l'atrio di Palazzo Ducale a Genova (Fig. 4).



(Fonte: Gruppo FSI)

Figura 4 – Nuovo infopoint a Palazzo Ducale sul Progetto Unico Terzo Valico e Nodo di Genova.

Il progetto si inserisce nell'ambito del più ampio progetto "Cantieri parlanti", iniziativa ideata e realizzata dal Gruppo FS Italiane con le società del Polo Infrastrutture, Rete Ferroviaria Italiana e Italferr insieme a Webuild, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e il Commissario Straordinario di Governo. L'iniziativa ha l'obiettivo di informare e comunicare in modo chiaro e trasparente le opere strategiche finanziate dai fondi del PNRR.

L'installazione di Genova rappresenta la prima in Italia a cui ne seguiranno altre che saranno collocate nelle principali stazioni, cantieri e sedi istituzionali del territorio nazionale interessato dalla realizzazione delle opere ferroviarie.

L'infopoint consiste in una struttura temporanea in cui sono esposti pannelli che illustrano il tracciato dell'opera, le caratteristiche tecniche, i dati aggiornati sull'avanzamento dei lavori, l'attenzione per l'ambiente e l'impatto sociale ed economico sui territori e sulle persone. Uno spazio aperto al pubblico che garantisce la massima visibilità per chi si reca a Palazzo Ducale e a chiunque sia interessato a una delle opere principali del territorio nazionale in corso di realizzazione in Liguria e Piemonte.

Il Progetto Unico del Terzo Valico e Nodo di Genova è una nuova linea ad Alta Velocità e Alta Capacità che potenzia i collegamenti del sistema portuale ligure con le principali linee ferroviarie del Nord Italia e con il resto d'Europa.

L'intervento, realizzato da Webuild per conto di Rete Ferroviaria Italiana, con il supporto della società di ingegneria Italferr, con oltre 50 cantieri e 5.000 persone impegnate, costituisce la prima parte del Corridoio TEN-T Reno-Alpi, favorendo in modo decisivo lo sviluppo del trasporto di merci su ferrovia dall'Italia al resto d'Europa. Inoltre, consentirà di snellire i flussi dei treni regionali e a lunga percorrenza nell'area di Genova e abatterà i tempi di percorrenza dal capoluogo ligure a Milano e Torino.

Prosegue così l'operazione di trasparenza del Gruppo FS per dare voce ai suoi cantieri, condividere le attività in corso, i vantaggi dell'opera e affrontare insieme le eventuali criticità che si presentano. Modalità e tempi definiti di tutte le opere previste dal PNRR sono visibili anche sulla homepage del sito internet del Gruppo FS dove è stata realizzata un'intera sezione dedicata alle opere strategiche, aggiornata in modo trasparente sull'andamento delle attività visibili in tempo reale attraverso le webcam presenti all'interno dei cantieri (da: *Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 9 marzo 2023).

### Nazionale: al via il piano straordinario per il monitoraggio di ponti e viadotti

Il vicepresidente del Consiglio e ministro M. SALVINI ha incontrato, nella sede ANAS di via Marsala, presente l'amministratore delegato A. ISI, il direttore operativo M. CASTIGLIONI e il direttore *technology, innovation & digital spoke* M. GIANCASPRO, i quali hanno illustrato il programma di monitoraggio delle opere d'arte di ANAS. Si tratta di un progetto da 275 milioni, finanziati dal PNRR/PNC, che prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio dinamico entro il 2026 su 1.000 ponti e viadotti dislocati su tutto il territorio nazionale.

Il piano prevede il controllo a distanza e la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali in modo strutturale e attraverso un processo da remoto. La Piattaforma SHM (*Structural Health Monitoring*) di ANAS, oggi utilizzata in fase sperimentale su un campione di 40 opere, attraverso gli algoritmi di analisi modale, sviluppati in collaborazione con un Consorzio universitario composto dal Politecnico di Milano e dalle Università di Padova e di Perugia, consentirà di monitorare in tempo reale lo stato di salute di ponti e viadotti e l'eventuale necessità di interventi in relazione sia alla vetustà delle opere e alle loro caratteristiche tecniche sia in relazione al territorio in cui si trovano (es. aree a rischio idrogeologi-

co). Nel corso dell'incontro è stato presentato il Team multidisciplinare di ANAS composto da ingegneri civili e informatici delle unità organizzative Ponti, Viadotti e Gallerie e *Vertical Solutions Product Owner* (da: *Comunicato Stampa MIT*, 8 marzo 2023).

### Calabria-Sicilia: a fine marzo verrà creato il Board della nuova società Stretto di Messina

Entro la fine di marzo sarà presentato un apposito decreto ad hoc per il Ponte sullo Stretto, che disciplinerà il riavvio delle procedure di progettazione e di realizzazione dell'opera. In seguito, entro fine aprile verrà nominato il board della nuova società Stretto di Messina. È quanto emerso durante il tavolo per il collegamento stabile tra Calabria e Sicilia (Fig. 5) presieduto dal vicepresidente del Consiglio e ministro M. SALVINI.

Nei prossimi giorni ci saranno ulteriori approfondimenti per aggiornare i flussi di traffico ipotizzati e l'impatto ambientale di una struttura che – secondo il ministro – sarà anche ecocompatibile e ridurrà in modo sensibile l'inquinamento.

Presenti al tavolo, tra gli altri, i tecnici del MIT e gli amministratori delegati di FSI, RFI e di ANAS, L. FERRARIS, V. FIORANI e A. ISI (da: *Comunicato Stampa MIT*, 7 marzo 2023).

## PERSONALIA

### La realizzazione della fermata Porto dell'anello ferroviario di Palermo e il trattamento delle terre di scavo

Il convegno "L'anello ferroviario di Palermo" tenutosi il 6 dicembre 2022 presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Palermo oltre alla descrizione dell'infrastruttura, della sua origine e delle tecnologie usate nella costruzione, è stato anche occasione per approfondire le notevoli problematiche connesse alla realizzazione della fermata Porto.

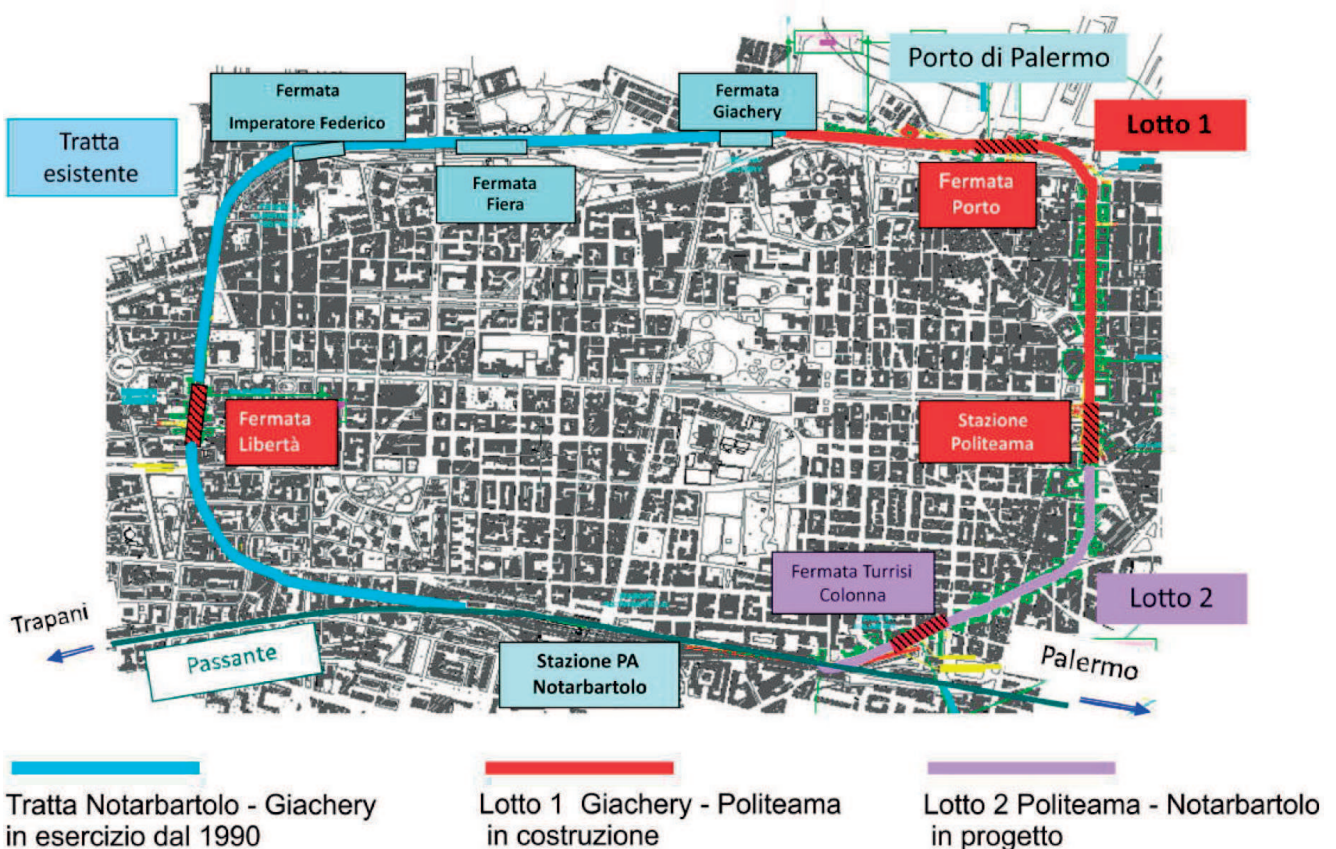


(Fonte: MIT)

Figura 5 – Il “Tavolo per il collegamento stabile tra Calabria e Sicilia” presieduto dal vicepresidente del Consiglio e ministro M. SALVINI.

L'Anello (Fig. 6), per un tratto già attivo, contribuisce insieme al Passante, allo svolgimento di servizi ferroviari di tipo metropolitano della città di Palermo dal periodo antecedente i Campionati mondiali di calcio del 1990 quando, in previsione di fronteggiare il gran numero di spettatori diretti allo stadio, prese forma l'idea di utilizzare l'esistente linea ferroviaria a semplice binario adibita al solo traffico merci da Palermo Notarbartolo al porto. Il percorso in galleria e la successiva grande trincea dello scalo merci Sampolo permisero la costruzione delle fermate Imperatore Federico/Stadio, Fiera e Giachery e di svolgere sul tratto a semplice binario di 3,5 km servizi ferroviari metropolitani cadenzati. Le fermate Fiera a Giachery sono ubicate all'interno del

## ANELLO FERROVIARIO DI PALERMO



(Fonte: Ricevuto dalla Redazione di IF dagli autori del testo)

Figura 6 – L'Anello Ferroviario di Palermo.

la stazione di Sampolo, munita di segnale di protezione esterno avente accoppiato il segnale di avviso ai segnali di protezione interni. Sampolo, oltre al binario di corsa, ha un binario di circolazione e vi si possono effettuare incroci nell'ambito della fermata Fiera.

La vicinanza agli impianti sportivi della Favorita, alla Fiera del Mediterraneo, ai mercati generali e a numerosi istituti scolastici determinò una buona frequentazione di viaggiatori anche se, per l'opposizione dell'Autorità Portuale, non venne costruita la prevista stazione a raso nel porto limitando i servizi passeggeri a piazza Giachery.

La ricerca di una maggiore connessione al centro città influì sulla formulazione da parte del Comune di Palermo di un piano per prolungare la linea in sotterranea da Giachery alla piazza Castelnuovo, notoriamente chiamata piazza Politeama essendo sede del monumentale omonimo teatro, e proseguire, sempre a binario unico, a Notarbartolo realizzando un tracciato chiuso da cui il nome di "Anello".

Con riferimento alla (Fig. 6), l'attuazione del programma di chiusura dell'Anello Ferroviario è stata divisa in due lotti funzionali; il primo consiste nella progettazione esecutiva e realizzazione del tratto di linea tra Giachery e Politeama. L'appalto prevede:

- proseguimento del tracciato esistente con realizzazione di una nuova tratta a semplice binario in trincea e galleria artificiale per 1,6 km;
- realizzazione di tre nuove fermate interrate (Fermata Libertà – nel tratto di linee ferroviaria oggi in esercizio, Fermata Porto e Stazione Politeama);
- realizzazione della sovrastruttura ferroviaria e di tutti gli allestimenti impiantistici e tecnologici (impianti di sicurezza, trazione elettrica, telecomunicazioni e LFM) nella tratta di nuova realizzazione con alcuni adeguamenti nella tratta esistente da Palermo Notarbartolo fino a Giachery.

La tecnologia costruttiva prevista per lo scavo delle gallerie e delle stazioni sotterranee del lotto1 è basata sulla realizzazione di diaframmi con pali «trelicon» e sul metodo di scavo *top-down* (Fig. 7).

I pali "trelicon", nella loro declinazione oggi commercialmente disponibile (ovvero C.A.P. *case auger piles* e C.S.P. *case secant piles*), associano i pregi dei pali infissi alla versatilità di applicazione dei pali trivellati dando la possibilità di:

- attraversare una vasta gamma di terreni coesivi ed incoerenti, anche in presenza di falda;
- garantire la stabilità delle pareti di scavo anche nella fase di estrazione dell'elica continua, evitando sgrottamenti delle pareti e /o potenziali / pericolosi detensionamenti dei volumi di terreno scavato;
- assenza di trincee / scavi aperti;
- assenza di ingombranti impianti di miscelazione / dissabbiamento;

- velocità di esecuzione doppia rispetto ad altri metodi.

La tecnologia di scavo «top down», meglio conosciuta come metodo "Milano", consiste:

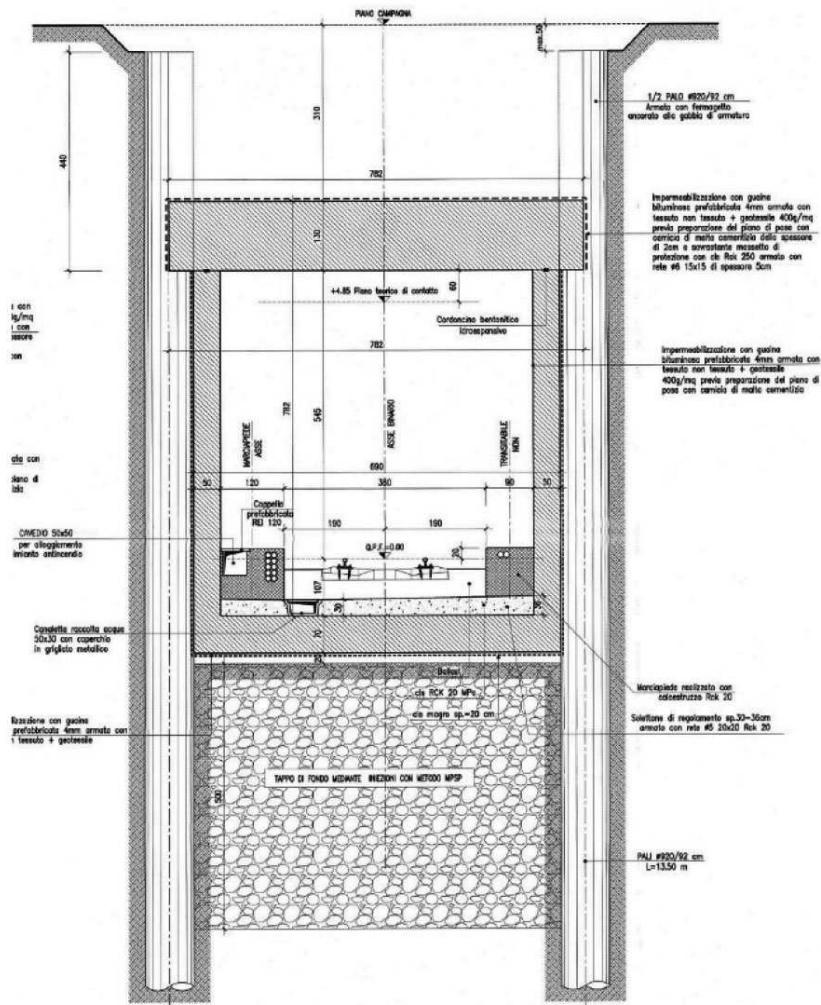
- nella realizzazione dei diaframmi (a seguito della Bonifica Ordigni Esplosivi BOE e risoluzione interferenze con i sottoservizi);
- nello scavo del primo strato di terreno;
- realizzazione del solettone di copertura;
- ripristino della viabilità pubblica;
- scavo a foro cieco.
- realizzazione della soletta di fondo;
- realizzazione delle fodere interne laddove previsto.

Applicando la suddetta metodologia sono state scavate la galleria artificiale Amari-Politeama e la fermata Libertà (Fig. 8). Al completamento mancano la costruzione del solettone di fondazione e la realizzazione dell'infrastruttura ferroviaria.



(Fonte: Ricevuto dalla Redazione di IF dagli autori del testo)

Figura 7 – L'impiego dei pali per formare i diaframmi.



(Fonte: Ricevuto dalla Redazione di IF dagli autori del testo)

Figura 8 – Sezione galleria artificiale Crispi-Amari.

Anche se l’impatto dei cantieri per la trivellazione dei pali e la realizzazione del solettone di copertura è stato rilevante, il risultato è stato un benefico ripensamento della destinazione delle aree interessate, prima congestionate da caotico traffico veicolare e ora tranquilla zona pedonale destinata allo shopping, alla ristorazione e ad eventi culturali (Fig. 9).

Maggiori problematiche sono connesse alla costruzione della galleria Crispi e della fermata Porto. Il progetto del I Lotto prevede l’interramento della esistente linea nell’area portuale abbassandola all’interno della galleria Crispi al cui interno è ubicata la fermata Porto. La fermata realizzerà l’integrazione modale nel trasporto delle persone connettendo arrivi e partenze della modalità navale ai corrispondenti arrivi e partenze con modalità aerea attraverso la modalità ferroviaria dell’anello e del passante.

La realizzazione in sicurezza della galleria e lo scavo dei notevoli volumi della stazione hanno comportato l’adozione di provvedimenti impegnativi. In particolare, nell’ambito dei lavori previsti nell’area Porto, si è reso necessario prevedere un intervento specifico sulle terre e rocce da scavo poiché i sondaggi preliminari hanno rivelato la presenza di agenti potenzialmente contaminanti.

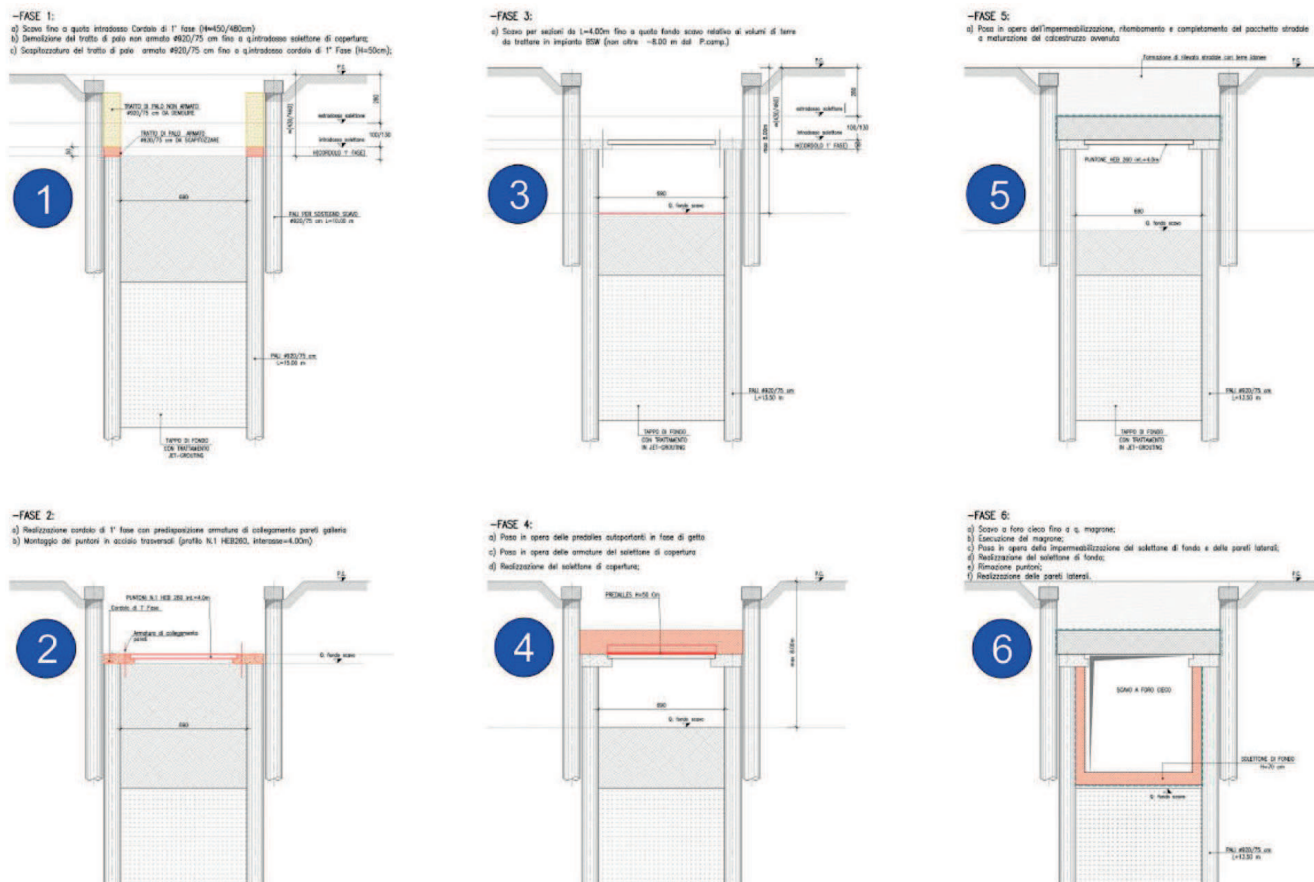
Inoltre, non è stato possibile applicare integralmente il metodo *top-down* perché lo scavo a foro cieco sarebbe avvenuto in ambiente sotterraneo fortemente contaminato, con conseguente esposizione dei lavoratori a elevati rischi ambientali.

In conseguenza, a differenza di quanto previsto nell’intero tracciato, ove lo scavo è stato eseguito interamente a foro cieco, lo scavo in area porto si articola nella sequenza di fasi, progettate per attenuare i rischi derivanti dal potenziale contatto con i materiali contaminati, nonché per recuperare la maggior parte del materiale di scavo, in ottemperanza alle recenti direttive ambientali regionali e nazionali che mirano a ridurre la produzione di rifiuti al minimo indispensabile (Fig. 10).



(Fonte: Ricevuto dalla Redazione di IF dagli autori del testo)

Figura 9 – Via Amari nel 2020 durante i lavori di armatura del solettone di copertura della galleria artificiale e nel 2022 a lavoro concluso.



(Fonte: Ricevuto dalla Redazione di IF dagli autori del testo)

Figura 10 – Fasi di scavo nell’area portuale.

La prima fase di scavo è eseguita a cielo aperto, fino dello strato di fondo delle terre e rocce contaminate (sabbie ghiaie e limi sabbiosi) alla profondità dal piano campagna di circa -6 m; stimate in circa 80.000 tonnellate. Attraverso l’introduzione di opere provvisorie (puntoni e *predalles*), dopo aver asportato il materiale contaminato, si procede alla realizzazione dei solettoni di copertura avendo cura di eseguire questa operazione in parallelo con la prosecuzione degli scavi, ma a distanza sufficientemente cautelativa dal tratto in scavo per garantire le adeguate misure di sicurezza. Raggiunto lo strato di calcareniti reperibile al di sotto di quota -6 m, ovvero terreni presuntivamente non inquinati, si esegue lo scavo con modalità a foro cieco fino alla quota del magrone sul quale andrà a poggiare il solettone di

fondo per poi realizzare le pareti laterali.

Secondo la normativa vigente è stato redatto il piano di gestione dei rifiuti basato sull’analisi complessiva in ordine alla loro produzione, gestione e classificazione, in particolare per quanto attiene alla definizione delle tipologie e delle quantità dei rifiuti prodotti, la caratterizzazione degli stessi, l’indicazione delle relative destinazioni e la precisazione delle procedure previste.

Le tipologie dei rifiuti presenti nell’area di scavo, desunte dalle analisi di laboratorio, sono riconducibili a:

- rifiuti speciali NON pericolosi;
- rifiuti dalle operazioni di costruzione e demolizione;
- cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche;

- legno, vetro e plastica;
- miscele bituminose, catrame e prodotti contenenti catrame;
- metalli (incluse le loro leghe);
- terra, rocce e materiali di dragaggio;
- altri rifiuti dall’attività di costruzione e demolizione;
- rifiuti speciali pericolosi;
- oli esauriti e residui di combustibili liquidi;
- rifiuti di costruzioni e demolizioni - contrassegnati da asterisco (\*);
- terre e rocce, contenenti sostanze pericolose.

Gli adempimenti amministrativi per il trasporto dei rifiuti avvengono, secondo norma, mediante l’emissione del Formulario Identificativo del Ri-

fiuto (FIR) e la tenuta dei registri di Carico e Scarico (C/S).

Per il trattamento dei materiali scavati è stato realizzato l'impianto di *Bio Soil Washing* (BSW) nel piazzale del dismesso scalo merci di Sampolo in un'area di circa 6.500 m<sup>2</sup> impegnando ulteriori aree per le manovre dei mezzi di cantiere adibiti alla movimentazione del sedimento in entrata ed in uscita dall'impianto (scavatori, pale meccaniche, camion, ecc.) e specifiche aree per il deposito temporaneo dei materiali in ingresso ed in uscita dal trattamento (Fig. 11).

Il BSW è uno dei primi in Italia ad essere stato costruito all'interno di un appalto esclusivamente per il trattamento delle terre e rocce da scavo (in regime di rifiuti) prodotti nello stesso appalto.

L'impianto di *Soil Washing*, dotato di una specifica autorizzazione rilasciata ai sensi dell'art. 208 del D.Lgs 152/2006, ha la funzione di sottoporre a trattamento il materiale contaminato proveniente dall'Area Porto, attraverso una selezione granulometrica e successivo lavaggio dei materiali costituenti la fase solida (terreno, sedimenti, etc.).

Il trasporto delle terre e rocce da scavo dal luogo di produzione all'impianto *Soil Washing* di Sampolo, avviene ad opera di trasportatori aventi mezzi iscritti all'Albo Gestori Ambientali, dotati di cassoni a tenuta stagna utili per evitare la perdita di residui lungo il tragitto. La tracciabilità dei suddetti materiali è garantita dall'utilizzo dei Formulari di Identificazione dei Rifiuti.

A seguito dell'arrivo del materiale da scavo nel sito di destinazione, lo stesso viene temporaneamente stoccato in piazzole impermeabilizzate all'interno delle quali vengono eseguite analisi preliminari al trattamento mirate al settaggio dei parametri riguardanti l'agente di lavaggio che, generalmente, è composto da una soluzione acquosa addizionata con agenti chimici.

Si tratta sostanzialmente di un impianto chimico-fisico in cui il materiale da trattare è sottoposto al ciclo di triturazione, lavaggio, separazione dei materiali fini e grossi, separazione olii, separazione acqua, trattamento e recupero dell'acqua e separazione per centrifugazione dei fanghi.

Una grossa porzione di materiale al termine del processo di trattamento, previa analisi di laboratorio, risulta idoneo al riutilizzo, al conferimento presso impianti di recupero e per specifici interventi di recupero ambientale in siti esterni al cantiere. Circa l'80% del materiale in uscita è costituito in varia percentuale da sabbie e ghiaie.

L'inquinamento dei terreni ha reso necessario il trattamento delle acque piovane e di falda che si raccolgono negli scavi a cielo aperto e che, entrando a contatto con l'inquinante, fanno sì che tali reflui debbano essere gestiti come rifiuto (codice EER 16.10.02) e conferiti ad appositi impianti esterni autorizzati per il loro smaltimento.

La stessa procedura di smaltimento trova applicazione anche per le acque di scarto provenienti sia dalla raccolta dei percolati dalle aree di stoccaggio dei rifiuti in ingresso/ uscita dal trattamento, sia dallo spurgo periodico della soluzione di lavaggio dell'impianto BSW per limitarne la salinità; in entrambi i casi i rifiuti sono identificati con il codice EER 16.10.02 e conferiti ad apposito impianto di smaltimento autorizzato.

La fermata Porto (Fig. 12) è ubicata tra le gallerie artificiali Crispi e Crispi/Amari. È costituita da un unico corpo strutturale mono-piano interrato, con quota binario e locali a circa -9.00 m rispetto al piano strada e accesso da due scale fisse ed un ascensore.

I volumi interni della fermata sono destinati in gran parte ai locali tecnici (estrazione fumi, vasca idrico-antincendio e locale pompe, locali ENEL e trasformazione MT-BT, locali quadri, sala elettronica, locali destinati ai gruppi frigo e sala macchine ascensore).

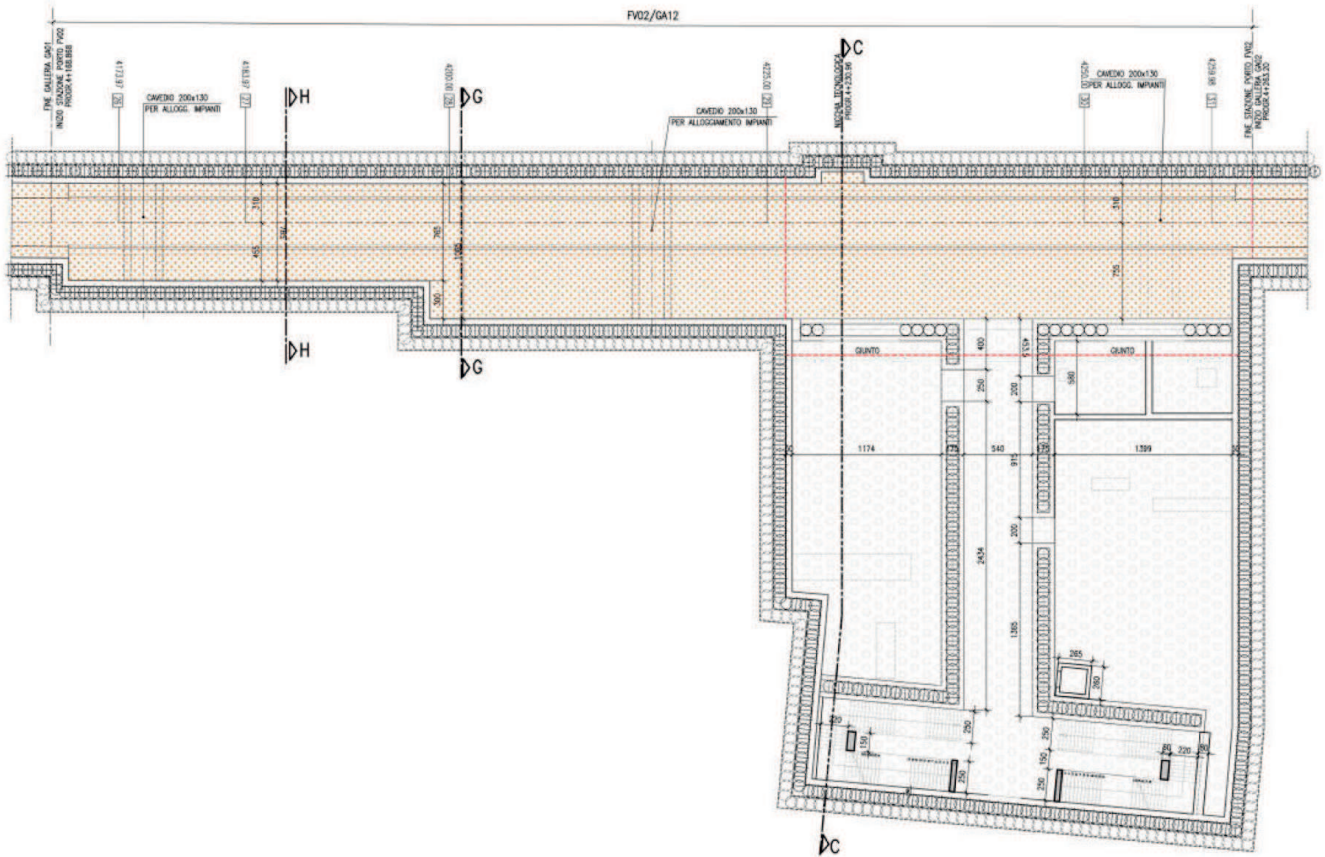
La banchina viaggiatori, di lunghezza pari a 90 m, sarà raggiungibile attraversando un corridoio connettivo in asse al corpo di fermata e dotata di tutti i sistemi di sicurezza per la gestione delle emergenze e del nor-



(Fonte: Ricevuto dalla Redazione di IF dagli autori del testo)

Figura 11 – Panoramica dell'impianto *Soil Washing*. A sinistra il deposito temporaneo del materiale da trattare, a destra il materiale già trattato.





(Fonte: Ricevuto dalla Redazione di IF dagli autori del testo)

Figura 12 – Fasi di scavo nell’area portuale.

male esercizio ferroviario previsti dalle vigenti norme, quali impianti di estrazione fumi e ricircolo d’aria, impianti antincendio, diffusione sonora e video sorveglianza.

La fermata Porto si trova al centro della zona di interfaccia città-porto,

che sarà oggetto di un vasto programma di rigenerazione urbana lungo la via Francesco Crispi destinato ad attivare nuove funzioni commerciali e ricreative previa eliminazione della recinzione del porto e estensione delle aree verdi (G. TRAPANI, Sezione CIFI

Palermo, G. Li PUMA, Italferr SpA, C. ARENA, Italferr SpA, G. BABINI, D’Agostino Costruzioni Generali, testo Ricevuto dalla Redazione di Ingegneria Ferroviaria in data 12 febbraio 2023, e autorizzato alla pubblicazione in data 13 febbraio 2023).



## Versatile, moderna, ecologica

La Unimat 09-4X4/4S E<sup>3</sup>, RLA universale per linea e scambi ad avanzamento continuo, combina i vantaggi dell'azionamento duale Diesel/elettrico ad una dotazione allo stato dell'arte di sistemi diagnostici, assistenza remota ed assistenza al lavoro. Per produrre di più, con maggiore qualità e minori costi ed emissioni.



MACHINE

[plassertheurer.com](http://plassertheurer.com)    

“Plasser & Theurer”, “Plasser” e “P&T” sono marchi registrati a livello internazionale.

## Notizie dall'estero

### *News from foreign countries*

Massimiliano BRUNER

#### **TRASPORTI SU ROTAIA** **RAILWAY TRANSPORTATION**

##### **Svizzera: FFS e Alstom, accordo sui treni bipiano per il traffico a lunga percorrenza**

Le FFS e Alstom hanno raggiunto un accordo: a compensazione del ritardo nella consegna della flotta di bipiano per il traffico a lunga percorrenza, Alstom garantirà alle FFS diverse prestazioni, corrispondenti al valore di circa sei treni di questo tipo. La collaborazione continua: le FFS e Alstom continueranno a lavorare per ottimizzare ulteriormente il bipiano TLP. Il treno fa parte di una delle flotte più affidabili delle FFS e costituisce la colonna portante del traffico a lunga percorrenza in Svizzera.

Nell'estate 2022 le FFS hanno preso in consegna il 62° e ultimo bipiano TLP di Alstom, un anno e mezzo dopo che il progetto era stato rilevato da Bombardier. Sin dal 2018 si è lavorato per migliorare costantemente l'affidabilità della flotta, che inizialmente risultava non sufficiente. Dopo l'acquisizione di Bombardier Transportation, a partire dal 2021 Alstom si è impegnata a fondo per ridurre ulteriormente le perturbazioni. Questi sforzi hanno dato buoni frutti per la clientela delle ferrovie, se si pensa che attualmente i treni percorrono tra i 15.000 e i 20.000 km prima di registrare un guasto, collocandosi così sopra la media della restante flotta del traffico viaggiatori delle FFS. Nel frattempo, anche sul fronte delle soppressioni di treni si è raggiunto il livello della flotta esistente. Il bipiano TLP costituisce in tal modo una vera e propria colonna por-

tante del traffico a lunga percorrenza della Svizzera.

- Le FFS e Alstom concordano un pacchetto di compensazione

Anche in futuro le FFS e Alstom continueranno a lavorare con impegno per ottimizzare il treno. Per il suo ruolo nei ripetuti ritardi nella consegna della flotta di bipiano TLP, Alstom ha concordato con le FFS un pacchetto di compensazione, che in totale corrisponde approssimativamente al valore di sei treni. Pertanto, Alstom garantirà, tra l'altro, la manutenzione dei treni oltre il termine previsto dal contratto. Nell'accordo rientra anche la fornitura dei pezzi di ricambio che saranno necessari nei prossimi anni. Infine, Alstom investirà nell'ulteriore ottimizzazione del comfort di marcia e supporterà la formazione del personale FFS con la fornitura di appositi simulatori e la relativa assistenza. Queste prestazioni sono state concordate dalle FFS e da Alstom in via extragiudiziale con un accordo firmato il 3 marzo 2023. Le FFS e Alstom hanno deciso di non divulgare ulteriori dettagli.

- La clientela beneficia direttamente dell'accordo

Già nel 2014 le FFS avevano concordato con Bombardier un nuovo piano di fornitura in base al quale le FFS avrebbero ricevuto gratuitamente tre treni supplementari a titolo di indennizzo. L'introduzione di un nuovo treno è sempre una sfida e anche con le flotte precedenti vi sono state difficoltà. Nel caso del progetto per il bipiano TLP, la situazione è stata aggravata dal lungo ritardo. Ciononostante, dal punto di vista delle FFS e di Alstom l'operazione di acquisto si

sta ora avviando verso una conclusione positiva. Dell'accordo raggiunto beneficerà la clientela delle ferrovie, dato che i bipiano TLP saranno ancora più affidabili e confortevoli (da: *Comunicato Stampa FFS*, 6 marzo 2023).

##### **Switzerland: SBB and Alstom, agreement on double-deck trains for long-distance traffic**

*SBB and Alstom have reached an agreement: to compensate for the delay in the delivery of the double-decker fleet for long-distance traffic, Alstom will guarantee SBB various services, corresponding to the value of around six trains of this type. The collaboration continues: SBB and Alstom will continue to work on further optimizing the twin-deck TLP. The train belongs to one of the most reliable fleets of SBB and forms the backbone of long-distance traffic in Switzerland.*

*In summer 2022, SBB took delivery of Alstom's 62<sup>nd</sup> and last LPT twin-deck, one and a half years after the project was taken over by Bombardier. Since 2018, work has been done to constantly improve the reliability of the fleet, which initially was not sufficient. After the acquisition of Bombardier Transportation, starting from 2021 Alstom worked hard to further reduce disruptions. These efforts have paid off for railway customers, considering that trains currently travel between 15,000 and 20,000 km before breaking down, thus placing them above the average for the rest of the SBB passenger fleet. In the meantime, the level of the existing fleet has also been reached in terms of train cancellations. The double-decker LPT thus forms a real backbone of long-distance traffic in Switzerland.*

- *SBB and Alstom agree compensation package*

*SBB and Alstom will continue to work hard to optimize the train in the future as well. For its role in the repeated delays in the delivery of the LPT twin-deck fleet, Alstom has agreed a compensation package twin-deck with SBB, which in total corresponds to approximately the value of six trains.*

*Therefore, Alstom will ensure, among other things, the maintenance of the trains beyond the term stipulated in the contract. The agreement also includes the supply of spare parts that will be needed in the coming years. Finally, Alstom will invest in further optimizing ride comfort and will support the training of SBB personnel with the provision of dedicated simulators and related assistance. These benefits were agreed by SBB and Alstom out of court in an agreement signed on 3 March 2023. SBB and Alstom have agreed not to disclose further details.*

- *Customers benefit directly from the agreement*

*As early as 2014, SBB agreed a new delivery plan with Bombardier under which SBB would receive three additional trains free of charge as compensation. Introducing a new train is always a challenge and even with previous fleets there have been difficulties. In the case of the twin-deck TLP project, the situation was aggravated by the long delay. Nonetheless, from the perspective of SBB and Alstom, the takeover is now moving towards a successful conclusion. The agreement reached will benefit railway customers, given that the twin-deck TLPs will be even more reliable and comfortable (from: SBB Press Release, March 6<sup>th</sup>, 2023).*

### **Filippine: fornitura di un sistema ferroviario integrato per il progetto di estensione della ferrovia per pendolari nord-sud**

Alstom si è aggiudicata da Mitsubishi Corporation un contratto per la fornitura di un sistema ferroviario integrato per l'estensione del progetto *North-South Commuter Railway* (NSCR) nelle Filippine (Fig. 1). L'iconico progetto eseguito da un consorzio guidato da Alstom con Colas Rail trasformerà la mobilità tra la metropolitana di Manila e le aree suburbane di Luzon, rendendola più veloce, più affidabile e più sostenibile.

Alstom sarà responsabile dell'integrazione del sistema, del segnalamento e delle telecomunicazioni,

dell'alimentazione, del sistema di riscossione automatizzata delle tariffe, delle porte di banchina, dei sistemi di manutenzione e delle attrezzature del deposito, nonché del centro di controllo e della formazione. In particolare, implementerà per la prima volta un sistema di segnalamento di livello 2 del sistema europeo di gestione del traffico ferroviario (ERTMS) nel sud-est asiatico, utilizzando il suo collaudato Atlas™ 200 *European Train Control System* (ETCS). Colas Rail guiderà i lavori sui binari e sul sistema di linee aeree di contatto.

“Siamo entusiasti di collaborare con le Filippine, Mitsubishi Corporation e Colas Rail per aprire la strada all'implementazione del primo sistema ETCS di livello 2 del sud-est asiatico per l'estensione NSCR. Questo progetto non solo consolida la nostra leadership di mercato nella regione, ma è anche un passo coraggioso nel paese verso il raggiungimento di una rete ferroviaria integrata che applichi i progressi nella segnalazione della linea principale per una mobilità più efficiente e sostenibile”, ha affermato L. FANG, Presidente dell'Asia Pacifico presso Alstom.

Questo progetto è una delle numerose grandi infrastrutture “*Build, Better, More*” in corso nelle Filippine per estendere coraggiosamente la portata della sua rete ferroviaria. Finanziato dalla *Japan International Cooperation Agency*, l'estensione coinvolge 27 nuove stazioni per una lunghezza di 110 km, comprendente una sezione meridionale di 55 km da Tutuban a Calamba, la provincia di Laguna, nonché una sezione settentrionale di 51 km da Malolos all'aeroporto internazionale di Clark, la provincia di Pampanga. Una volta completata entro il 2029, l'estensione NSCR migliorerà notevolmente la connettività delle comunità vicine, facilitando i residenti a viaggiare in sicurezza tra Metro Manila e le aree suburbane con la ferrovia diretta. Il progetto vedrà anche Alstom contribuire profondamente all'economia locale condividendo il suo know-how tecnologico e le sue competenze nella progettazione, produzione, installazione, collaudo, messa

in servizio e integrazione di vari sistemi ferroviari.

Con oltre 50 anni di esperienza e 80 sistemi nel servizio commerciale a livello globale, Alstom è un partner fidato per la fornitura di sistemi ferroviari integrati chiavi in mano personalizzati per ogni esigenza di mobilità. Alstom è produttore mondiale nelle apparecchiature ETCS di bordo grazie alla sua soluzione Atlas, che rappresenta il 70% dei sistemi di bordo in servizio nel livello ETCS 2. Questa tecnologia ETCS offre vantaggi significativi in termini di interoperabilità, sicurezza, capacità del sistema, servizio affidabilità ed efficienza energetica. Oggi, in 30 paesi, i treni sotto la supervisione di Atlas hanno percorso oltre 250 milioni di km, inclusa la flotta ICE3 ad alta velocità di Deutsche Bahn recentemente equipaggiata in Germania (da: *Comunicato Stampa Alstom*, 6 marzo 2023).

### **Philippines: integrated railway system for the North-South Commuter Railway Extension Project**

*Alstom has been awarded by Mitsubishi Corporation a contract to provide an integrated railway system for the extension of the North-South Commuter Railway project (NSCR) in the Philippines (Fig. 1). The iconic project executed by an Alstom-led consortium with Colas Rail will transform mobility between Metropolitan Manila and the suburban areas in Luzon, making it faster, more reliable and more sustainable.*

*Alstom will be responsible for the system integration, signalling and telecommunication, power supply, automated fare collection system, platform doors, maintenance systems and depot equipment, as well as control centre and training. It will in particular deploy a European Rail Traffic Management System (ERTMS) level 2 signalling system for the first time in South-east Asia, using its proven Atlas™ 200 European Train Control System (ETCS). Colas Rail will lead for the track work and overhead contact line system.*



(Fonte – Source: Alstom)

Figura 1 – Completata la firma del contratto per il progetto di estensione NSCR nelle Filippine.  
 Figure 1 – Contract signing for the NSCR Extension Project in the Philippines complete.

“We are excited to be partnering with the Philippines, Mitsubishi Corporation and Colas Rail to pioneer the implementation of Southeast Asia’s first ETCS level 2 system for the NSCR Extension. This project not only solidifies our market leadership in the region but is also a bold step in the country in achieving an integrated rail network that applies advances in mainline signalling for more efficient and sustainable mobility,” said L. FANG, President of Asia Pacific at Alstom.

This project is one of the several major “Build, Better, More” infrastructure under way in the Philippines to boldly extend the reach of its railway network. Financed by the Japan International Cooperation Agency, the extension involves 27 new stations spanning 110 km, comprising a 55-kilometre southern section from Tutuban to Calamba, the Province of Laguna, as well as a 51-kilometre northern sec-

tion from Malolos to Clark International Airport, the Province of Pampanga. Upon completion by 2029, the NSCR Extension will greatly improve the connectivity of the neighbouring communities, facilitating residents to travel safely between Metro Manila and the suburban areas by railway direct. The project will also see Alstom contributing deeply to the local economy by sharing its technology know-how and skills in the design, manufacturing, installation, testing, commissioning and integration of various railway systems.

With over 50 years’ experience and 80 systems in commercial service globally, Alstom is a trusted partner for delivering integrated turnkey rail systems customised for every mobility need. Alstom is a worldwide manufacturer in on-board ETCS equipment via its Atlas solution, representing 70% of the on-board systems in service in

ETCS level 2. This ETCS technology brings significant benefits in terms of interoperability, safety, system capacity, service reliability and energy efficiency. Today, across 30 countries, trains under Atlas supervision have covered over 250 million km, including Deutsche Bahn’s high-speed ICE3 fleet recently equipped in Germany (from: Alstom Press Release, March 6<sup>th</sup>, 2023).

**TRASPORTI URBANI  
 URBAN TRANSPORTATION**

**Brasile: consegnato a San Paolo il primo treno della linea 8-Diamante e della linea 9-Esmeralda**

Alstom ha consegnato (Fig. 2) il primo treno della serie 8900 a ViaMobilidade, il concessionario che gesti-



(Fonte – Source: Alstom)

Figura 2 – Primo treno Metropolis in viaggio per essere consegnato a ViaMobilidade.

Figure 2 – First Metropolis train on its way to be delivered to ViaMobilidade.

sce le linee 8-Diamante e 9-Esmeralda di San Paolo, segnando così l'inizio di un nuovo viaggio nella mobilità urbana nella grande São Paulo Zona Paolo.

Nell'ambito del suo contratto con ViaMobilidade, Alstom sta producendo 36 treni a 8 carrozze nel suo stabilimento industriale di materiale rotabile a Taubaté (SP). Per questo, l'azienda ha investito in una nuova linea industriale che ha raddoppiato la capacità della fabbrica e ha contribuito alla generazione di oltre 500 posti di lavoro diretti.

I treni Metropolis di Alstom per le linee 8 e 9 sono realizzati in acciaio inossidabile e uno dei principali vantaggi è la loro durata: le scocche delle auto durano più di 40 anni e sono più leggere rispetto ai modelli in acciaio al carbonio. Inoltre, consumano meno energia e sono quindi più efficienti dal punto di vista energetico.

I treni, rivestiti dai colori gioiello delle linee, possono trasportare ciascuno 2.600 passeggeri, hanno porte e corridoi che offriranno un ottimo scambio di passeggeri e libertà di movimento, oltre a spazi riservati alle persone a mobilità ridotta. Ampie finestre e porte offrono una visione chiara dell'esterno, garantendo un viaggio fluido, sicuro e confortevole

per i passeggeri. I treni sono inoltre dotati di moderne tecnologie: conteggio dei passeggeri, mappe dinamiche delle linee, monitor e videosorveglianza, oltre a rilevatori di incendio ed estintori.

“Orgogliosa di far parte della modernizzazione della mobilità urbana a San Paolo, Alstom consegna il primo treno per le linee 8-Diamante e 9-Esmeralda. Questo treno avanzato, con la tecnologia di controllo automatico dei treni Alstom, consentirà una circolazione più fluida e confortevole per la popolazione locale e segna l'inizio di un viaggio verso il miglioramento continuo della qualità della vita delle persone attraverso la rete ferroviaria”, afferma P. BERCAIRE, Direttore Generale di Alstom Brasil.

“Da quando abbiamo rilevato la concessione nel gennaio 2022, abbiamo investito molto nel miglioramento delle linee 8 e 9. L'arrivo del primo treno, su un totale di 36 nuovi treni che abbiamo acquisito da Alstom, è un capitolo fondamentale nel percorso di trasformazione che stiamo attuando, concentrandoci sempre sulla fornitura di servizi migliori ai passeggeri”, spiega M. HANNAS, Presidente di CCR Mobilidade.

Le linee 8 e 9 di ViaMobilidade trasportano più di 1 milione di pas-

seggeri al giorno, secondo i dati precedenti alla pandemia di COVID-19. La linea 8, che collega Júlio Prestes ad Amador Bueno, è lunga 41,6 km e conta 22 stazioni, servendo i comuni di São Paulo, Osasco, Carapicuíba, Barueri, Jandira e Itapevi. La linea 9, invece, che collega Osasco a Bruno Covas-Mendes/Vila Natal, è lunga 37,3 km e conta 20 stazioni, servendo le città di San Paolo e Osasco. Osasco a Bruno Covas-Mendes/Vila Natal.

- Nota per i lettori:
- ViaMobilidade Linee 8 e 9

ViaMobilidade linee 8 e 9 è il concessionario responsabile dell'esercizio e della manutenzione delle linee 8-Diamante e 9-Esmeralda dei treni metropolitani di San Paolo. La linea 8-Diamante comprende 22 stazioni, che collegano Júlio Prestes ad Amador Bueno, con integrazione nelle linee 3-Red e 7-Rubi. La linea 9-Esmeralda, che collega Mendes-Vila Natal a Osasco, conta 20 stazioni e si integra con le linee 4-Gialla, 5-Lilla e 8-Diamante. E, in futuro, con la Monorotaia Linea 17-Gold.

- Alstom Taubaté

Inaugurata nel 2015, l'unità industriale di Alstom a Taubaté è un centro di eccellenza nella produzione di automobili in acciaio inossidabile ed è strategicamente situata in un polo industriale, accanto a due importanti autostrade del paese, Dutra e Carvalho Pinto, e vicino al porto di Santos, il più grande complesso portuale dell'America Latina.

L'unità è stata responsabile della produzione di 27 moduli Citadis per il tram di Rio de Janeiro, prodotti a tempo di record per le Olimpiadi estive in Brasile, a dimostrazione dell'agilità, dell'impegno e dell'attenzione al cliente di Alstom. Il progetto è stato il secondo al mondo ad avere un sistema privo di catenaria al 100%. Dopo la conclusione del contratto VLT, lo stabilimento ha prodotto anche le vetture NS16 per la Metropolitana di Santiago in Cile.

Nel novembre 2022, Alstom ha inaugurato l'ampliamento del sito dopo un investimento di 100 milioni di

R\$, che fa parte della strategia di crescita dell'azienda, dopo la firma di sei contratti nazionali e internazionali. Più di 170 treni (oltre 940 carrozze) saranno prodotti da Alstom a Taubaté per le città di San Paolo (Brasile), Santiago (Cile), Taipei (Taiwan) e Bucarest (Romania), evidenziando la capacità della struttura di contribuire alla mobilità a un livello globale (da: *Comunicato Stampa Alstom*, 28 febbraio 2023).

### **Brasil: the first train for line 8-Diamante and line 9-Esmeralda, delivered in São Paulo**

Alstom delivered the first 8900 series train to ViaMobilidade, the concessionaire that manages lines 8-Diamante and 9-Esmeralda of São Paulo, thus marking the beginning of a new journey in urban mobility in the greater São Paulo area (Fig. 2).

Under the scope of its contract with ViaMobilidade, Alstom is manufacturing 36 8-car trains at its rolling stock industrial plant in Taubaté (SP). For this, the company invested in a new industrial line that doubled the factory's capacity and contributed to the generation of more than 500 direct jobs.

Alstom's Metropolis trains for lines 8 and 9 are made from stainless steel and one of the main advantages is their durability: the car shells last more than 40 years and are lighter compared to carbon steel models. In addition, they consume less energy and are therefore more energy efficient.

The trains, covered in the lines jewelled colours, can each carry 2,600 passengers, have doors and corridors that will offer excellent passenger exchange and freedom of movement, in addition to spaces reserved for people with reduced mobility. Large windows and doors provide a clear view of the outside, guaranteeing a smooth, safe and comfortable journey for passengers. The trains also feature modern technologies: passenger counting, dynamic line maps, monitors and video surveillance, as well as fire detectors and fire extinguishers.

*"Proud to be part of the modernisation of urban mobility in São Paulo, Alstom delivers the first train for lines 8-Diamante and 9-Esmeralda. This advanced train, with Alstom automatic train control technology, will allow for more fluid and comfortable circulation for the local population, and marks the beginning of a journey towards the continuous improvement of people's quality of life through the rail network," says P. BERCAIRE, General Director of Alstom Brasil.*

*"We have been investing heavily in improvements to lines 8 and 9 since we took over the concession in January 2022. The arrival of the first train, out of a total of 36 new trains that we acquired from Alstom, is a fundamental chapter in the path of transformation that we are implementing, while always focusing on providing better services to passengers," explains M. HANNAS, President of CCR Mobilidade.*

ViaMobilidade lines 8 and 9 transport more than 1 million passengers a day, according to data from before the COVID-19 pandemic. Line 8, which connects Júlio Prestes to Amador Bueno, is 41.6 km long and has 22 stations, serving the municipalities of São Paulo, Osasco, Carapicuíba, Barueri, Jandira and Itapevi. Line 9, on the other hand, which connects Osasco to Bruno Covas – Mendes/Vila Natal, is 37.3 km long and has 20 stations, serving the cities of São Paulo and Osasco. Osasco a Bruno Covas-Mendes/Vila Natal.

- Note for the readers:
- About ViaMobilidade Lines 8 and 9

ViaMobilidade lines 8 and 9 is the concessionaire responsible for the operation and maintenance of lines 8-Diamante and 9-Esmeralda of metropolitan trains in São Paulo. Line 8-Diamante comprises 22 stations, connecting Júlio Prestes to Amador Bueno, with integration into lines 3-Red and 7-Rubi. Line 9-Esmeralda, which connects Mendes-Vila Natal to Osasco, has 20 stations and integrates with lines 4-Yellow, 5-Lilac and 8-Diamante. And, in the future, with the Monorail Line 17-Gold.

### ➤ Alstom Taubaté

Opened in 2015, Alstom's industrial unit in Taubaté is a centre of excellence in the production of stainless steel cars and is strategically located in an industrial hub, next to two important highways in the country, Dutra and Carvalho Pinto, and close to the Port of Santos, the largest port complex in Latin America.

The unit was responsible for the production of 27 Citadis cars for the Rio de Janeiro tramway, which were manufactured in record time for the Summer Olympics in Brazil, demonstrating Alstom's agility, commitment and customer focus. The project was the second in the world to have a 100% catenary-free system. After the conclusion of the VLT contract, the plant also produced the NS16 cars for the Santiago Metro in Chile.

In November 2022, Alstom inaugurated the expansion of the site after an investment of R\$ 100 million, which is part of the company's growth strategy, after the signing of six national and international contracts. More than 170 trains (over 940 cars) will be produced by Alstom in Taubaté for the cities of São Paulo (Brazil), Santiago (Chile), Taipei (Taiwan) and Bucharest (Romania), highlighting the facility's ability to contribute to mobility at a global level.

In addition to investing in the industrial site to execute current projects, the company is gradually hiring around 750 employees in the state of São Paulo, of which 700 will work at the Taubaté plant. For this, around 500 professionals are being trained by the National Service for Industrial Learning – SENAI Taubaté to work directly in the production of projects (from: Alstom Press Release, February 28<sup>th</sup>, 2023).

## **TRASPORTI INTERMODALI INTERMODAL TRANSPORTATION**

### **Cina: CR lavora per aiutare l'agricoltura primaverile**

Le forniture agricole sono essenziali per l'agricoltura primaverile. Da

giorni, CR si sta organizzando per ottimizzare il servizio di trasporto per gli agricoltori, in modo da supportare l'approvvigionamento sicuro, sicuro e stabile di cereali e prodotti ortofrutti. Dall'inizio di quest'anno, CR ha trasportato 9,7587 milioni di tonnellate di fertilizzanti e pesticidi (peso delle scatole incluso), con un aumento anno su anno del 16,4%.

I gruppi regionali di CR stanno migliorando gli accordi di capacità, elaborando piani di trasporto razionali, rafforzando la cooperazione con i governi locali e migliorando l'efficienza dei trasporti. CR-Jinan ha istituito una task force per garantire le forniture per l'agricoltura primaverile, per chiarire la divisione dei compiti e risolvere i problemi per il trasporto sicuro e senza blocchi delle forniture. CR-Nanchang ha firmato un accordo di associazione con società logistiche nel Fujian e nello Jiangxi, realizzando così il trasporto e la logistica senza soluzione di continuità delle forniture agricole primaverili (da: *Comunicato Stampa Ferrovie dello Stato Cinesi*, 6 marzo 2023).

### **China: CR works to serve spring farming**

*Agricultural supplies are essential for spring farming. For days, CR has been making arrangements to optimize the transport service for farmers, so as to support the secure, safe, and stable supply of grains and major produce products. Since beginning of this year, CR has transported 9.7587 million tons of fertilizers and pesticides (boxes weight included), a YoY increase of 16.4%.*

*Regional groups of CR are enhancing capacity arrangements, making rational transport plans, strengthening cooperation with local governments, and upgrading transport efficiency. CR-Jinan has set up a task force of securing supplies for spring farming, to clarify duty division and solve problems for the sake of safe and unblocked transport of supplies. CR-Nanchang has signed an association agreement with logistic companies in Fujian and Jiangxi, thus realizing seamless trans-*

*port and logistics of spring farming supplies (from: China State Railways, March 6<sup>th</sup>, 2023).*

## **INDUSTRIA MANUFACTURES**

### **Spagna: società catalana Power Drive Ibérica, miglior fornitore per Servizi in Spagna**

Fondata nel 1966 a Granollers, Power Drive Ibérica è un'azienda metallurgica dedicata alla progettazione, produzione, manutenzione e fornitura di componenti di trasmissione meccanica (Fig. 3). Nel 2015 è diventata fornitore di Alstom per la riparazione delle casse del cambio dei treni ad alta velocità (Serie 100) di RENFE, che erano in fase di revisione presso il sito di manutenzione di Alstom a Madrid. Da allora, Power Drive Ibérica ha riparato 204 apparecchiature con i più elevati standard di qualità, meritevoli del riconoscimento di "Fornitore di servizi Alstom dell'anno".

"Siamo molto orgogliosi di questo riconoscimento; è un riconoscimento

del nostro team. Lavorare con il Gruppo Alstom è stata una sfida, abbiamo dovuto incorporare nuovi processi e seguire audit di qualità per allinearci agli standard di una grande multinazionale come Alstom. Ma questo ci ha anche motivato a darci spunti di miglioramento e processi nuovi e più efficienti", afferma M. GASSÒ, CEO di AnemGroup.

Insieme a questo riconoscimento, Power Drive Ibérica è stata anche nominata fornitore per l'intero Gruppo Alstom, "Siamo fiduciosi di lavorare per altre unità del Gruppo, sia in Spagna che nel mondo. Questo supporto è una vera spinta per la nostra attività e apre nuove opportunità", afferma A. ESCODA, direttore tecnico di AnemGroup.

Alstom ha più di mille fornitori in Spagna, dai quali il gruppo ha acquistato prodotti e servizi per un valore di oltre 700 milioni di euro l'anno scorso. Molti di questi fornitori si trovano in Catalogna, dove Alstom detiene una catena del valore consolidata. La Catalogna è tra le prime 7 destinazioni di acquisto del Gruppo Alstom.

"La transizione verso una mobilità più sostenibile è un'opportunità



(Fonte – Source: Alstom)

Figura 3 – Fondata nel 1966 a Granollers, Power Drive Ibérica è un'azienda metallurgica dedicata alla progettazione, produzione, manutenzione e fornitura di componenti di trasmissione meccanica.

Figure 3 – Founded in 1966 in Granollers, Power Drive Ibérica is a metallurgical company dedicated to the engineering, manufacture, maintenance and supply of mechanical transmission components.



per rilanciare l'industria, creare posti di lavoro e rilanciare l'attività economica. In questo contesto, le grandi aziende trainanti, come Alstom, sono fondamentali per la loro capacità di dare impulso alle piccole e medie imprese locali, aiutandole per internazionalizzare e integrare, nelle loro operazioni quotidiane, i sistemi, le normative e i processi necessari per crescere e accedere ai mercati globali", sottolinea R. CIFRE, Direttore Acquisti di Alstom Spagna (da: *Comunicato Stampa Alstom*, 6 marzo 2023).

**Spain: Catalanian company Power Drive Ibérica, the best supplier for the Services in Spain**

Founded in 1966 in Granollers, Power Drive Ibérica is a metallurgical company dedicated to the engineering, manufacture, maintenance and supply of mechanical transmission components (Fig. 3). In 2015, it became an Alstom's supplier for the repair or RENFE's high-speed trains (Serie 100) gearbox bodies, that were being overhauled at Alstom's maintenance site in Madrid.

Since then, Power Drive Ibérica has repaired 204 equipment with the highest quality standards, worthy of its distinction as, "Alstom Services Supplier of the Year."

"We are very proud of this distinction; it is a recognition of our team. Working with the Alstom Group has been a challenge, we have had to incorporate new processes and follow quality audits to align ourselves with the standards of a large multinational like Alstom. But this has also motivated us to give us ideas for improvement and new, more efficient processes," says M. GASSÓ, CEO of Anem-Group.

Along with this recognition, Power Drive Ibérica has also been nominated as a supplier for the entire Alstom Group, "We are confident of working for more of the Group's units, both in Spain and worldwide. This support is a real boost for our activity and opens new opportunities," says A. ESCODA, Technical Director of AnemGroup.

*Alstom has more than a thousand suppliers in Spain, from whom the group purchased products and services valued at more than € 700 million last year. Many of these suppliers are in Catalonia, where Alstom holds a consolidated value chain. Catalonia is among the Alstom Group's top 7 purchasing destinations.*

"Transition to more sustainable mobility is an opportunity to boost industry, create jobs and boost economic activity. In this context, large driving companies, such as Alstom, are key because of their ability to boost local small and medium-sized companies, helping them to internationalise and integrate, in their day-to-day operations, the systems, regulations and processes necessary to grow and access global markets," highlights R. CIFRE, Purchasing Director of Alstom Spain (from: *Alstom Press Release*, March 6<sup>th</sup>, 2023).

**Internazionale: apertura positiva del 2023 per il mercato auto europeo, con gennaio a +10,7% rispetto al primo mese del 2022**

Secondo i dati diffusi da ACEA, nel complesso dei Paesi dell'Unione europea allargata all'EFTA e al Regno Unito (EU 27 + EFTA + Regno Unito (ricordiamo che dal 1° febbraio 2020 il Regno Unito non fa più parte dell'Unione Europea); i dati per Malta non sono al momento disponibili) a gennaio le immatricolazioni di auto ammontano a 911.064 unità, il 10,7% in più rispetto a gennaio 2022. "A seguito di una chiusura del 2022 a poco meno di 11,3 milioni di unità (-4,1%), il mercato auto europeo apre l'anno con il segno positivo (+10,7%), realizzando il sesto rialzo consecutivo – afferma P. SCUDIERI, Presidente di ANFIA. La buona performance di gennaio, tuttavia, deriva in gran parte dal confronto con il record negativo in termini di volumi di gennaio 2022, e quindi resta ancora al di sotto dei livelli pre-pandemia – la variazione negativa rispetto a gennaio 2019 è del 25,7%.

Guardando ai cinque major market (incluso UK), registrano una cre-

scita a doppia cifra la Spagna (+51,4%), che riporta il maggior incremento, l'Italia (+19%) e il Regno Unito (+14,7%), seguiti dalla Francia, con una crescita più contenuta (+8,8%). Segno negativo, invece, per la Germania, che chiude il primo mese del 2023 a -2,6%, restando comunque in testa in termini di volumi immatricolati. Le immatricolazioni di autovetture elettriche (BEV) e ibride tradizionali (HEV) continuano a crescere in Europa: a gennaio 2023 le prime crescono del 13,9%, rappresentando il 10,3% del mercato e le seconde sono in aumento del 21,8% (+24,7% in Italia), con una quota del 26,8% del totale immatricolato. Calano, invece, del 9,2% le immatricolazioni delle ibride plug-in (PHEV), con una quota del 7,1%, complice il dimezzamento delle vendite in Germania – nel 2022 il maggiore mercato per questa tipologia di vetture – nel mese. Norvegia (66,5%), Svezia (28,8%), Islanda (26,8%) e Finlandia (26%) detengono la quota maggiore di auto elettriche in UE, mentre l'Italia, ultima tra i 5 major market, si ferma al 2,6%.

Di fronte al recente voto con cui il Parlamento europeo ha confermato il target di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> a -100% rispetto ai livelli del 2021 per le auto e i veicoli commerciali leggeri al 2035, siamo chiamati ad accelerare nel percorso di decarbonizzazione della mobilità. Oltre ad evidenziare la necessità di un rafforzamento e di una parziale rimodulazione delle misure nazionali, chiediamo lo stanziamento di un Fondo europeo specificamente dedicato a questa transizione, perché solo così si potrà dare un supporto concreto agli investimenti e alla riconversione produttiva delle imprese che si trovano a dover fronteggiare questa enorme sfida, nonché un'accelerazione e la fissazione di target certi per lo sviluppo della rete infrastrutturale, elemento imprescindibile per la riuscita della transizione energetica".

In Italia, i volumi totalizzati a gennaio 2023 si attestano a 128.437 (+19%). Secondo le stime ISTAT, a gennaio l'indice nazionale dei prezzi al consumo registra un aumento del-

lo 0,2% su base mensile e del 10,1% su base annua (da +11,6% nel mese precedente). La flessione del tasso di inflazione si deve, principalmente, al forte rallentamento su base tendenziale dei prezzi dei Beni energetici regolamentati (da +70,2% a -10,9%) e, in misura minore, di quelli degli Energetici non regolamentati (da +63,3% a +59,6%), degli Alimentari non lavorati e dei Servizi ricreativi, culturali e per la cura della persona. La dinamica dei prezzi degli Energetici non regolamentati si deve al rallentamento dei prezzi dell'Energia elettrica mercato libero (da +219,3% a +174,7%), del Gas di città e gas naturale mercato libero (da +134,9% a +117,9%), del Gasolio per riscaldamento (da +24,2% a +20,6%), degli Altri combustibili solidi (da +31,1% a +29,6%) e degli Altri carburanti (da +6,1% a +5,2%; +0,3% da dicembre); in accelerazione, invece, i prezzi del Gasolio per mezzi di trasporto (da +9,5% a +13,9%; +4,6% il congiunturale) e quelli della Benzina (che invertono la tendenza, salendo da -2,7% a +2,4%; +5,8% sul mese).

Analizzando il mercato per alimentazione, le autovetture a benzina vedono il mercato di gennaio aumentare del 15,5%, con una quota di mercato al 26,6%, mentre le diesel crescono del 21,4% rispetto allo stesso mese del 2022, con una quota del 18,8%. Le auto ad alimentazione alternativa rappresentano il 54,6% delle immatricolazioni del solo mese di gennaio e risultano in crescita del 20%. Le autovetture elettrificate sono il 44% del mercato di gennaio, in aumento del 20,5%. Tra queste, le ibride mild e full aumentano del 24,7% nel mese, con una quota di mercato del 36,7%. Le immatricolazioni di autovetture ricaricabili incrementano del 3,2% nel mese (7,3% di quota): tra queste, le auto elettriche hanno una quota del 2,6% e diminuiscono dell'8,7% nel mese in termini di volumi, mentre le ibride plug-in aumentano dell'11,1% e rappresentano il 4,7% del mercato di gennaio. Infine, le autovetture a gas rappresentano il 10,5% dell'immatricolato del primo mese del 2023, di cui il 10,3% è composto da autovetture a GPL (+31,8%) e lo 0,2% da au-

tovetture a metano (-79,5%). Il Gruppo Stellantis ha registrato, in Europa, 156.553 immatricolazioni nel mese di gennaio 2023 (-0,2%) con una quota di mercato del 17,2%.

La Spagna totalizza 64.147 immatricolazioni a gennaio 2023, il 51,4% in più rispetto allo stesso mese dello scorso anno (ma -26% rispetto a gennaio 2020). L'Associazione spagnola dell'automotive ANFAC rileva che l'anno si è aperto con un aumento delle vendite di oltre il 50%, un buon dato, ma che va considerato in prospettiva. Gli effetti della pandemia e della tempesta Filomena nel mese di gennaio degli anni precedenti distorcono infatti la realtà del mercato dei veicoli in Spagna. Il dato rilevante è che il mercato è ancora del 26% al di sotto delle cifre di gennaio 2020, pre-Covid19. Il 2023 sarà un anno chiave per spingere la ripresa del settore automobilistico. Le vendite ai privati sono ancora molto basse e resta da capire quanta parte del rialzo di gennaio sia dovuta ai veicoli non consegnati negli ultimi mesi del 2022. Se è vero che l'aumento dell'inflazione è un importante fattore che condiziona le decisioni di acquisto delle famiglie, è quindi necessario predisporre misure che servano da incentivo, sia dal punto di vista economico che fiscale, per alleviare questa pressione inflazionistica. Il 2023 si presenta, quindi, come un anno complesso, un anno in cui le decisioni politiche saranno fondamentali per il futuro dell'industria e dei suoi dipendenti. Nel dettaglio, secondo i canali di vendita, il mercato di gennaio risulta così ripartito: 32.040 vendite ai privati (+48,6%), 27.962 vendite alle società (+45,6%) e 4.145 vendite per noleggio (+157,5%). Le autovetture a benzina rappresentano il 40,3% del mercato di gennaio (+59,4%). A seguire, le vetture ibride non ricaricabili rappresentano il 32,6% del mercato del mese (+59,3%). Le auto diesel sono il 13,1% del mercato di gennaio (+13,1%), seguite dalle ibride plug-in (6,4% la quota del mese e +28,2% sullo scorso anno), dalle elettriche (4,7% nel mese +72% rispetto a gennaio 2022) e dalle auto a gas (2,8% di quota di mercato). Le emissioni medie di CO<sub>2</sub> nel mese

di gennaio restano pressoché stabili a 118,3 g/km, lo 0,1% in meno di gennaio 2022.

In Francia, a gennaio 2023, si registrano 111.939 nuove immatricolazioni, in crescita dell'8,8% rispetto a gennaio 2022. A gennaio 2023 calano ancora le autovetture le diesel e le mild-hybrid. Tutte le altre alimentazioni sono invece in aumento. Le elettriche hanno una quota di mercato nel mese del 13,1%, mentre 12 mesi fa avevano il 9,9%.

Nel mercato tedesco sono state immatricolate a gennaio 179.247 unità, in flessione del 2,6% (ma -33% rispetto a gennaio 2019). Gli ordini domestici, a gennaio 2023, risultano nuovamente in calo, -37% su base annua. Le motorizzazioni alternative aprono il 2023 con una contrazione dei volumi: le auto ibride (-6,2%) rappresentano il 28,3%, di cui il 4,9% sono ibride plug-in (-53,2%), mentre le auto elettriche (BEV) registrano un calo del 13,2%, con una quota del 10,1%. Infine, le vetture a GPL (-32,7%) rappresentano lo 0,6% del mercato e le auto a gas naturale (-47,8%) lo 0,1%. Le emissioni medie di CO<sub>2</sub> delle auto di nuova immatricolazione aumentano del 5,8% a gennaio 2023 e si attestano a 131 g/km.

Il mercato inglese, infine, a gennaio totalizza 131.994 nuove autovetture immatricolate, con una crescita del 14,7% rispetto allo stesso mese dello scorso anno, registrando così il sesto rialzo consecutivo. La buona partenza dell'anno si rispecchia nelle ultime previsioni di mercato, che stimano 1,79 milioni di immatricolazioni di auto nuove nel 2023, con un aumento dell'11,1% rispetto al 2022, ma ancora ben al di sotto dei livelli del 2019. L'Associazione inglese dell'automotive SMMT fa notare che l'industria automobilistica sta già registrando una crescita superiore al trend nazionale ed è pronta, nel giusto contesto, ad accelerare la decarbonizzazione dell'economia britannica. L'industria e il mercato sono in fase di transizione, ma fragili a causa delle difficili prospettive economiche, dell'aumento del costo della vita e dell'incertezza dei consumatori nei

confronti delle nuove tecnologie. Serve un Governo che riaffermi l'impegno per il Net Zero e definisca misure per favorire la crescita verde del settore e della nazione. Nel mese, le immatricolazioni delle flotte crescono del 36,8%, mentre le vetture intestate a privati calano del 4,3% e quelle intestate alle aziende registrano un aumento del 45,6%. Le vendite di veicoli elettrici mantengono una tendenza positiva: +19,8% e una quota di mercato del 13,1% nel mese di gennaio. Le ibride plug-in (PHEV) restano sostanzialmente stabili (+0,7%), ma detengono una quota del 6,9%, inferiore del 7,9% rispetto a gennaio 2022. Non si ferma il calo delle vetture diesel (-12,1% nel mese, con una quota che scende al 4%), mentre le auto a benzina fanno registrare il 14,6% in più di volumi rispetto a gennaio 2022, attestandosi alla stessa quota di mercato, del 44,7% (da: Comunicato Stampa ANFIA, 21 febbraio 2023).

**International: positive opening of 2023 for the European car market, with January up 10.7% compared to the first month of 2022**

According to the data released by ACEA, in all the countries of the European Union enlarged to include EFTA and the United Kingdom (EU 27 + EFTA + United Kingdom (we remind you that from 1 February 2020 the United Kingdom is no longer part of the UE; data for Malta are not currently available) car registrations totaled 911,064 in January, 10.7% more than in January 2022. "Following a 2022 close at just under 11, 3 million units (-4.1%), the European car market opens the year with a positive sign (+10.7%), realizing the sixth consecutive increase – says P. SCUDIERI, President of ANFIA. The good performance in January, however, largely derives from the comparison with the negative record in terms of volumes of January 2022, and therefore still remains below pre-pandemic levels – the negative change compared to January 2019 is 25.7%.

Looking at the five major markets (including the UK), Spain (+51.4%),

Italy (+19%) and the United Kingdom (+14.7%) recorded double-digit growth), followed by France, with more contained growth (+8.8%). On the other hand, a negative sign for Germany, which closed the first month of 2023 at -2.6%, however remaining in the lead in terms of volumes registered. Registrations of electric cars (BEV) and traditional hybrids (HEV) continue to grow in Europe: in January 2023 the former grew by 13.9%, representing 10.3% of the market and the latter increased by 21.8% (+24.7% in Italy), with a share of 26.8% of the total registered. On the other hand, registrations of plug-in hybrids (PHEV) decreased by 9.2%, with a share of 7.1%, thanks to the halving of sales in Germany – in 2022 the largest market for this type of car – in the month. Norway (66.5%), Sweden (28.8%), Iceland (26.8%) and Finland (26%) hold the largest share of electric cars in the EU, while Italy, last among the 5 major markets, stops at 2.6%.

In the face of the recent vote with which the European Parliament confirmed the target of reducing CO<sub>2</sub> emissions to -100% compared to 2021 levels for cars and light commercial vehicles by 2035, we are called to accelerate the path of decarbonising mobility. In addition to highlighting the need to strengthen and partially remodulate national measures, we ask for the allocation of a European fund specifically dedicated to this transition, because only in this way can concrete support be given to investments and the productive reconversion of companies that are having to face this enormous challenge, as well as an acceleration and the setting of certain targets for the development of the infrastructural network, an essential element for the success of the energy transition."

In Italy, the volumes totaled in January 2023 amounted to 128,437 (+19%). According to ISTAT estimates, in January the national consumer price index recorded an increase of 0.2% monthly and 10.1% on an annual basis (from +11.6% in the previous month). The decline in the inflation rate is mainly due to the strong slowdown on a trend basis in the

prices of regulated energy goods (from +70.2% to -10.9%) and, to a lesser extent, those of unregulated energy (from +63.3% to +59.6%), unprocessed food and recreational, cultural and personal care services. The price dynamics of unregulated energy is due to the slowdown in the prices of electricity on the free market (from +219.3% to +174.7%), of city gas and natural gas on the free market (from +134.9% to +117.9%), diesel for heating (+24.2% to +20.6%), other solid fuels (from +31.1% to +29.6%) and other fuels (from +6.1% to +5.2%; +0.3% since December); instead, the prices of Diesel for means of transport accelerated (from +9.5% to +13.9%; +4.6% the economic situation) and those of Petrol (which reversed the trend, rising from -2.7% to +2.4%; +5.8% on the month).

Analyzing the market by power supply, petrol cars see the January market increase by 15.5%, with a market share of 26.6%, while diesel cars grow by 21.4% compared to the same month in 2022, with a share of 18.8%. Alternative fuel cars represent 54.6% of registrations in the month of January alone and are up by 20%. Electrified cars are 44% of the January market, up 20.5%. Among these, mild and full hybrids increased by 24.7% in the month, with a market share of 36.7%. Registrations of rechargeable cars increased by 3.2% in the month (7.3% share): among these, electric cars have a share of 2.6% and decreased by 8.7% in the month in terms of volumes, while plug-in hybrids increased by 11.1% and accounted for 4.7% of the January market. Finally, gas-powered cars represent 10.5% of those registered in the first month of 2023, of which 10.3% is made up of LPG-powered cars (+31.8%) and 0.2% methane (-79.5%). The Stellantis Group recorded 156,553 registrations in Europe in January 2023 (-0.2%) with a market share of 17.2%.

Spain totals 64,147 registrations in January 2023, 51.4% more than in the same month last year (but -26% compared to January 2020). The Spanish automotive association ANFAC notes that the year opened with an increase

in sales of more than 50%, a good figure, but which should be considered in perspective. Indeed, the effects of the pandemic and the storm Filomena in January of previous years distorted the reality of the vehicle market in Spain. The relevant fact is that the market is still 26% below the figures of January 2020, pre-Covid19. 2023 will be a key year to propel the recovery of the automotive sector. Sales to private individuals are still very low and it remains to be seen how much of the January increase is due to vehicles not delivered in the last months of 2022. If it is true that rising inflation is an important factor influencing purchasing decisions of households, it is therefore necessary to put in place measures which serve as an incentive, both from an economic and fiscal point of view, to alleviate this inflationary pressure. 2023 therefore presents itself as a complex year, a year in which political decisions will be fundamental for the future of the industry and its employees. In detail, according to the sales channels, the January market is broken down as follows: 32,040 sales to individuals (+48.6%), 27,962 sales to companies (+45.6%) and 4,145 sales for hire (+157.5 %). Petrol cars represent 40.3% of the January market (+59.4%). Next, non-rechargeable hybrid cars represent 32.6% of the market for the month (+59.3%). Diesel cars accounted for 13.1% of the January market (+13.1%), followed by plug-in hybrids (6.4% share for the month and +28.2% on last year), electric cars (4.7% in the month +72% compared to January 2022) and from gas-powered cars (2.8% market share). Average CO<sub>2</sub> emissions in January remain almost stable at 118.3 g/km, 0.1% less than in January 2022.

In France, in January 2023, there were 111,939 new registrations, up by 8.8% compared to January 2022. In January 2023, diesel and mild-hybrid cars still fell. All other supplies are on the rise instead. Electric cars have a market share of 13.1% in the month, while 12 months ago they had 9.9%.

In the German market, 179,247 units were registered in January, down by 2.6% (but -33% compared to January

2019). Domestic orders, in January 2023, are down again, -37% on an annual basis. Alternative engines open 2023 with a contraction in volumes: hybrid cars (-6.2%) represent 28.3%, of which 4.9% are plug-in hybrids (-53.2%), while electric cars (BEV) recorded a drop of 13.2%, with a share of 10.1%. Finally, LPG cars (-32.7%) represent 0.6% of the market and natural gas cars (-47.8%) 0.1%. The average CO<sub>2</sub> emissions of newly registered cars increase by 5.8% in January 2023 and stand at 131 g/km.

Lastly, the English market totaled 131,994 new cars registered in January, with a growth of 14.7% compared to the same month last year, thus recording the sixth consecutive increase. The good start to the year is reflected in the latest market forecasts, which estimate 1.79 million new car registrations in 2023, an increase of 11.1% compared to 2022, but still well below the levels of the 2019. The British Automotive Association SMMT notes that the automotive industry is already growing above the national trend and is ready, in the right context, to accelerate the decarbonisation of the British economy. The industry and the market are in transition, but fragile due to the difficult economic outlook, the rising cost of living and consumer uncertainty about new technologies. We need a government that reaffirms its commitment to Net Zero and defines measures to promote the green growth of the sector and of the nation. During the month, fleet registrations grew by 36.8%, while cars registered to private individuals decreased by 4.3% and those registered to companies recorded an increase of 45.6%. Sales of electric vehicles maintain a positive trend: +19.8% and a market share of 13.1% in January. Plug-in hybrids (PHEV) remain substantially stable (+0.7%), but hold a 6.9% share, 7.9% lower than in January 2022. The decline in diesel cars does not stop (-12.1% in the month, with a share that drops to 4%), while petrol cars record 14.6% more volumes than in January 2022, reaching the same market share of 44.7% (from: ANFIA Press Release, February 21<sup>st</sup>, 2023).

**VARIE  
OTHERS**

**USA: le ferrovie merci annunciano misure di sicurezza fondamentali per ridurre gli incidenti**

L'industria ferroviaria del trasporto merci annuncia una prima serie di passi verso un futuro senza incidenti e senza feriti, un futuro in cui ciò che è accaduto nell'Est Palestine (Stato dell'Ohio) non accadrà mai più. L'industria ritiene che il deragliament del 3 febbraio e le sue conseguenze richiedano allo stesso modo le ferrovie e gli spedizionieri di guidare con azioni che ripristinino la fiducia e che faranno la differenza nella marcia verso lo zero.

- Rilevatori – Spaziatura

L'industria ha da tempo riconosciuto il rischio rappresentato dal riscaldamento delle boccole e ha installato volontariamente migliaia di rilevatori di cuscinetti caldi (HBD) lungo la rete ferroviaria. Le ferrovie hanno anche installato volontariamente sensori acustici, che possono rilevare potenziali problemi dal rumore creato dai cuscinetti che iniziano a cedere. Per oltre tre decenni, le ferrovie di Classe I hanno volontariamente distanziato gli HBD a non più di quaranta miglia l'uno dall'altro su tratte chiave, che sono direttrici su cui viaggiano merci particolarmente pericolose. Negli ultimi anni, tutte le ferrovie di Classe I hanno ridotto la loro spaziatura HBD significativamente al di sotto del criterio delle 40 miglia. Tutte le ferrovie di Classe I hanno ora accettato di andare oltre e stanno immediatamente iniziando a installare HBD aggiuntivi lungo i loro percorsi chiave, con l'obiettivo di raggiungere una distanza media di 15 miglia, a meno che il percorso non sia dotato di capacità di rilevamento acustico o altra tecnologia simile. Ciò equivarrà allo spiegamento di circa 1.000 nuovi HBD. Un percorso contenente la capacità di rilevamento acustico o altra tecnologia simile deve mantenere una distanza HBD massima non superiore a 20 miglia ove possibile a causa del terreno e delle condizioni operati-

ve. Gli HBD non operativi sulle rotte principali genereranno avvertimenti di incidente critico e avranno la priorità per l'avviso e la riparazione senza indebito ritardo.

- Rivelatori – Nuova soglia di azione

Le ferrovie di Classe I si impegnano a fermare i treni e ispezionare i cuscinetti ogni volta che la lettura della temperatura da un HBD supera i 170° sopra la temperatura ambiente. Questa azione stabilisce un nuovo standard industriale per l'arresto dei treni e l'ispezione dei cuscinetti.

- Rivelatori – Analisi dei trend condivisi

L'analisi dei dati di tendenza da più HBD può rivelare un problema di cuscinetto prima che venga raggiunta una soglia di temperatura assoluta. Sebbene gli HBD siano in uso da molto tempo, è relativamente recente che il software e l'elaborazione dei dati hanno portato alla capacità di identificare in modo proattivo i cuscinetti che non hanno ancora superato le soglie di temperatura assoluta ma che, sulla base dei dati di tendenza HBD, possono diventare problematici e dovrebbe essere affrontato. Ogni ferrovia di classe I ora utilizza l'analisi delle tendenze, ma ci sono una varietà di approcci impiegati dalle ferrovie di classe I per raggiungere questo obiettivo. Le ferrovie di Classe I stanno rivedendo i programmi di analisi delle tendenze che ciascuna utilizza e hanno preso di mira il 31 marzo per arrivare a raccomandazioni sull'uso delle analisi delle tendenze.

- Sistema confidenziale di segnalazione delle chiamate ravvicinate (C3RS)

Come delineato in una recente lettera al Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti (USDOT), tutte e sette le ferrovie di Classe I stanno aderendo al programma volontario della FRA per integrare i propri programmi per la segnalazione riservata di problemi di sicurezza.

- Formazione

Nel 2023, le ferrovie addestreranno circa 20.000 soccorritori nelle co-

munità locali in tutto il paese sulla mitigazione degli incidenti. Inoltre, l'industria faciliterà la formazione di 2.000 primi soccorritori presso la struttura del *Security and Emergency Response Training Center (SERTC)* in Colorado, che include una migliore pianificazione dello scenario e formazione presso una nuova struttura. Il programma di fama mondiale di SERTC offre un'esperienza coinvolgente con scenari di formazione su vasta scala che preparano i primi soccorritori per le emergenze del trasporto di superficie nel mondo reale. Il SERTC è membro del *National Domestic Preparedness Consortium (NDPC)*, che finanzia interamente i primi soccorritori locali, statali, tribali e territoriali per frequentare uno qualsiasi dei corsi certificati DHS/FEMA del SERTC.

- AskRail

L'industria sta espandendo i suoi sforzi per mettere l'app AskRail (che fornisce informazioni in tempo reale sui contenuti di ogni vagone di un treno e sulla gestione sicura di tali contenuti in caso di incidente) nelle mani di ogni primo soccorritore direttamente mirare ai centri di comunicazione di emergenza per promuovere un accesso più ampio rispetto a fare affidamento esclusivamente sui singoli download. Le ferrovie stanno prendendo di mira anche tutte le 50 associazioni statali dei vigili del fuoco. In caso di successo, queste misure dovrebbero aumentare notevolmente il numero di primi soccorritori che hanno accesso ad AskRail, con l'obiettivo di raddoppiare il numero di primi soccorritori che hanno accesso allo strumento entro la fine del 2023.

- Miglioramento del carro-cisterna

A seguito di un avviso di sicurezza dell'NTSB che aumenta il "potenziale per alcuni gruppi di passaggi con coperti protettivi in alluminio di fondersi se esposti a calore estremo come sperimentato in una situazione di incendio controllato", il comitato dei carri cisterna dell'AAR sta accelerando il lavoro di una task force dedicata che ha studiato l'uso di guarnizioni resistenti al calore per serbatoi che

trasportano liquidi infiammabili. La task force, composta da ferrovie, proprietari di attrezzature e produttori di carri cisterna, ampliarà il suo campo di applicazione per considerare tutti i miglioramenti delle prestazioni antincendio delle attrezzature di servizio.

"Ferrovie sane sono essenziali per l'economia degli Stati Uniti e operazioni sicure in modo coerente e affidabile sono essenziali per ferrovie sane", ha affermato I. JEFFERIES, presidente e CEO dell'*Association of American Railroads (AAR)*. "La nostra lunga storia di impiego volontario di misure di sicurezza che vanno al di là dei requisiti federali dimostra la nostra fede in questo principio. Mentre continueremo a seguire da vicino le indagini in corso del *National Transportation Safety Board* in Ohio e riconosceremo il suo approccio deliberato, metodico e basato sui fatti, le ferrovie si impegnano a prendere le misure appropriate ora".

AAR ha rilasciato dati che mostrano che le ferrovie sono molto sicure e stanno diventando sempre più sicure. Ciò è particolarmente vero per il trasporto di materiali pericolosi, dove il tasso di incidenti è diminuito del 78% dal 2000. Gli incidenti principali sono diminuiti del 44% nello stesso periodo e hanno raggiunto il minimo storico nel 2022.

"La ferrovia è indiscutibilmente il modo più sicuro per spostare merci pericolose", ha aggiunto JEFFERIES. "Tuttavia, comprendiamo appieno che questi dati non confortano i residenti della Palestina orientale e che la fiducia del pubblico deve essere ripristinata attraverso l'azione. Fino a quando non raggiungeremo il nostro obiettivo di zero, manterremo il nostro feroce impegno per arrivarci".

Durante la partecipazione alle discussioni sulle politiche pubbliche, le ferrovie incoraggiano i responsabili politici ad adottare un approccio obiettivo e basato sui dati. Le azioni politiche intraprese in modo riflessivo che probabilmente non porteranno a significativi vantaggi in termini di sicurezza potrebbero avere un'ampia gamma di conseguenze economi-

che e ambientali non intenzionali e un impatto negativo sulla circolazione sicura di tutte le merci, compresi i materiali pericolosi.

Nel frattempo, il Congresso e l'USDOT possono svolgere un ruolo chiave nella promozione sia del SERTC che di AskRail, anche attraverso un'estensione del raggio d'azione a stati e contee. È necessario un approccio completo (da: *Comunicato Stampa American Association of Railroads*, 8 marzo 2023).

### **USA: Freight Railroads Announce Key Safety Measures in Drive to Zero Accidents**

*The freight rail industry is announcing an initial set of steps it is taking in its drive toward a future with zero incidents and zero injuries, one where what happened in East Palestine (Ohio State) never happens again. The industry believes that the February 3<sup>rd</sup> derailment and its aftermath require railroads and freight shippers alike to lead with actions that restore trust and that will make a difference in the march toward zero.*

- **Detectors – Spacing**

*The industry has long recognized the risk posed by hot bearings and voluntarily installed thousands of hot bearing detectors (HBDs) across the railroad network. The railroads have also voluntarily installed acoustic bearing detectors, which can ascertain potential problems from the noise created by bearings that are starting to fail. For over three decades, the Class I railroads have voluntarily spaced HBDs no more than forty miles apart on key routes, which are routes over which commodities that are particularly hazardous travel. In recent years, all the Class I railroads have reduced their HBD spacing significantly below the 40-mile criterion. All Class I railroads have now agreed to go further and are immediately beginning to install additional HBDs across their key routes, with the goal of achieving average spacing of 15 miles, except if the route is equipped with acoustic bearing detection capability or other similar technology. This will amount to the*

*deployment of approximately 1,000 new HBDs. A route containing acoustic bearing detection capability or other similar technology shall maintain maximum HBD spacing not to exceed 20 miles where practical due to terrain and operating conditions. Inoperative HBDs on key routes will generate critical incident tickets and be prioritized for dispatch and repair without undue delay.*

- **Detectors – New Action Threshold**

*The Class I railroads commit to stopping trains and inspecting bearings whenever the temperature reading from an HBD exceeds 170° above ambient temperature. This action establishes a new industry standard for stopping trains and inspecting bearings.*

- **Detectors – Shared Trending Analysis**

*Analysis of trending data from multiple HBDs can reveal a bearing problem before an absolute temperature threshold is reached. While HBDs have been in use for a long time, it is relatively recently that software and data processing have led to the ability to proactively identify bearings that have not yet exceeded absolute temperature thresholds but that, based on HBD trending data, may become problematic and should be addressed. Each Class I railroad now uses trending analysis, but there are a variety of approaches employed by the Class I railroads to accomplish this goal. The Class I railroads are reviewing the trending analyses programs each uses and have targeted March 31 to arrive at recommendations regarding the use of trending analyses.*

- **Confidential Close Call Reporting System (C3RS)**

*As outlined in a recent letter to the U.S. Department of Transportation (USDOT), all seven Class I railroads are joining the FRA's voluntary program to supplement their own programs for confidential reporting of safety issues.*

- **Training**

*In 2023, the railroads will train roughly 20,000 first responders in*

*local communities across the country on accident mitigation. In addition, the industry will facilitate the training of 2,000 first responders at the Security and Emergency Response Training Center (SERTC) facility in Colorado, which includes enhanced scenario planning and training at a new facility. SERTC's world-renowned program offers an immersive experience with full-scale training scenarios that prepare first responders for real-world surface transportation emergencies. SERTC is a member of the National Domestic Preparedness Consortium (NDPC), which fully funds local, state, tribal and territorial first responders to attend any of SERTC's DHS/FEMA-certified courses.*

- **AskRail**

*The industry is expanding its efforts to get the AskRail app (which provides real-time information about the contents of every car in a train and the safe handling of those contents in the event of an accident) into the hands of every first responder by directly targeting emergency communication centers to promote broader access versus relying solely on individual downloads. Railroads are also targeting all 50 state fire associations. If successful, these measures should dramatically increase the number of first responders that have access to AskRail, with a goal of doubling the number of first responders who have access to the tool by the end of 2023.*

- **Tank Car Improvement**

*Following a safety advisory from the NTSB raising the "potential for certain manway assemblies with aluminum protective housing covers to melt when exposed to extreme heat as experienced in a pool fire situation," the AAR's Tank Car Committee is accelerating the work of a dedicated task force that has been investigating the use of heat-resistant gaskets for tanks transporting flammable liquid. The task force, comprised of railroads, equipment owners and tank car manufacturers, will expand its scope to consider all fire performance improvements to service equipment.*

*“Healthy railroads are essential to the U.S. economy, and consistently and reliably safe operations are essential to healthy railroads,” said Association of American Railroads (AAR) President and CEO I JEFFERIES. “Our long history of voluntarily employing safety measures that go above and beyond federal requirements proves our belief in that principle. While we will continue to follow the National Transportation Safety Board’s ongoing investigation in Ohio closely and recognize its deliberate, methodical, and fact-based approach, railroads are committed to taking appropriate steps now.”*

*AAR released data showing that*

*railroads are very safe and getting safer. This is especially true for hazardous material transportation, where the accident rate is down 78 percent since 2000. Mainline accidents are down 44 percent in that same period and reached an all-time low in 2022.*

*“Rail is indisputably the safest way to move dangerous commodities,” added JEFFERIES. “Yet we fully appreciate that these data do not comfort the residents of East Palestine and that public trust must be restored through action. Until we achieve our goal of zero, we will maintain our fierce commitment to getting there.”*

*While participating in public policy*

*discussions, railroads encourage policymakers to take an objective, data-driven approach. Policy actions taken reflexively that are not likely to achieve meaningful safety benefits could have a wide range of unintended economic and environmental consequences and a negative impact on the safe movement of all goods, including hazmat.*

*Congress and the USDOT can play a key role in the meantime in promoting both SERTC and AskRail, including through expanded outreach to states and counties. An all-the-above approach is needed (from: American Association of Railroads Press Release, March 8<sup>th</sup>, 2023).*

## CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2023

**(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 2023

**(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.*



## 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 E NODALE 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 TRANVIE
  
- 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, 46 - 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, 46 - 00185 ROMA - Tel. 0647306454; FS (970) 66454 – Segreteria: Tel. 064882129.**

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.

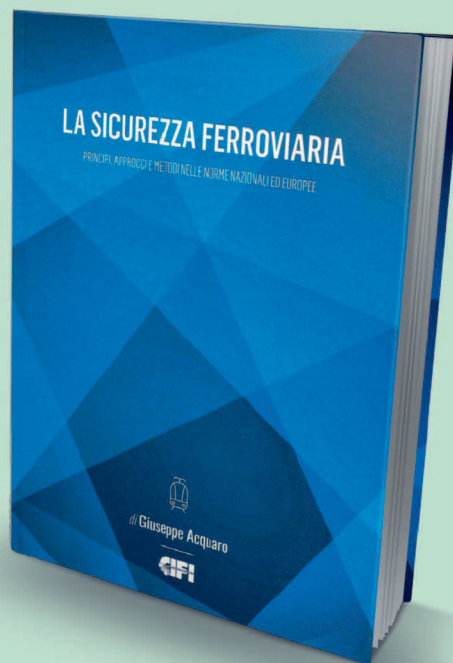
Con questi nuovi provvedimenti il legislatore ha voluto rimarcare l’importanza, nella gestione dei servizi ferroviari, di un approccio di tipo rischio-centrico. Ciò in quanto, nel trasporto ferroviario gli incidenti possono dare origine a conseguenze catastrofiche e questi sono prevalentemente legati 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 il 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.

- 84 Un metodo per selezionare parametri di efficienza energetica per motori elettrici asincroni su locomotori di manovra diesel – Un caso di studio per la serie di locomotori ChME3 (ЧМЭ3, ČME3, ČKD S200)

(KUZNETSOV – KARDAS-CINAL – GOŁĘBIOWSKI – LIUBARSKYI – GASANOV – RIABOV – KONDRATIEVA – OPALA)

*Method of Selecting Energy-Efficient Parameters of an Electric Asynchronous Traction Motor for Diesel Shunting Locomotives—Case Study on the Example of a Locomotive Series ChME3 (ЧМЭ3, ČME3, ČKD S200)*

*Energies*, gennaio 2022, 15 (1), art. 317 (19 pp.), figg. 10. Biblio 30 titoli.

Una possibile opzione in un processo di ammodernamento di locomotori di manovra diesel è la sostituzione di un motore di trazione diesel con generatore a corrente continua con uno elettrico asincrono. L'articolo descrive un metodo per selezionare i parametri di efficienza energetica in questo caso, prendendo come esempio la serie di locomotori ChME3. Vari risultati mirati a comparare come l'efficienza aumenti nel caso di azionamento elettrico asincrono, ad esempio di un 3-5% sull'esercizio a lungo termine.

- 85 Impatto di cavi superconduttori su una rete ferroviaria a corrente continua

(HAJIRI – BERGER – TRILAUD – LÉVÉQUE – CARON)

*Impact of Superconducting Cables on a DC Railway Network*

*Energies*, febbraio 2023, 16(2), 776, pagg. 35, figg. 23. Biblio 70 titoli.

La SNCF sta affrontando una sfida significativa per soddisfare la crescita del traffico ferroviario mantenendo un servizio continuo, in particolare nelle aree densamente popolate dell'area parigina. A tal fine, la SNCF ha portato avanti una vasta campagna di elettrificazione, mirata a ridurre i cali di tensione sulla rete. Tra le possibili scelte tecnologiche è stata valutata quella che prevede cavi superconduttori ad alta temperatura (HTS), che offrono una maggiore densità di energia rispetto ai cavi convenzionali, ed evitano costose modifiche delle infrastrutture esistenti. L'articolo descrive le prestazioni elettromagnetiche di due tipologie di cavi HTS, unipolare e bipolare, e il loro impatto su una rete ferroviaria in corrente continua sotto carico. Un software a elementi finiti commerciale, COMSOL Multiphysics, è stato utilizzato per realizzare un modello dettagliato che tiene conto della non linearità della resistività elettrica  $\rho$  (J, B,  $\theta$ ) del cavo superconduttore. Secondo un caso di studio che copre parte della rete ferroviaria parigina, è emerso che l'inserimento di un cavo superconduttore può comportare una riduzione delle perdite elettriche del 60% rispetto al cavo convenzionale, nonché una riduzione dell'8,6% del totale nei consumi da trazione.

PLASTIROMA® SRL



www.plastiroma.it  
info@plastiroma.it



BASE DI SOSTEGNO  
IN PP + F.V.

Stampi e stampaggio  
di materie plastiche

1966 | 2023

Cat. 831 / 006  
Base di sostegno  
per cassette da C.D.B.



Cat. 831 / 112  
Base di sostegno  
per segnale SID



Cat. 831 / 721  
Base di sostegno per  
cassetta Cat. 831 / 123  
& Cat. 832 / 720



Base di sostegno per  
picchetti indicatori



## 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, Parlavecchia, 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	Trasporti non convenzionali	29
	<p>53 Alta velocità nel vuoto, Hyperloop: è fattibile? (HANSEN) <i>Hochgeschwindigkeitsverkehr in Vakuumröhren: Ist Hyperloop machbar?</i> <i>ETR</i>, novembre 2019, pagg. 22-29, figg. 6. Biblio 29 titoli.</p> <p>Una disamina a tutto tondo della fattibilità del Hyperloop in termini di obiettivi, traffico, esercizio, sicurezza, fabbisogno energetico, requisiti ambientali e costi stimati. Vengono, anche, descritte le possibili restrizioni: dal controllo del traffico, alla sicurezza, al tracciamento, per finire con i problemi che l'esercizio "nel vuoto" comporta persino nelle componenti minori, ad esempio le serrature ad aria compressa.</p>	<p>54 Disamina a levitazione magnetica dal punto di vista dell'ingegneria dei trasporti: antefatti e prospettive future (LANZARA – D'OVIDIO – LI – DENG – ZHANG) <i>Magnetic levitation systems assessment from transport engineering point of view: background and future prospects</i> <i>Ingegneria Ferroviaria</i>, luglio-agosto 2021, pagg. 557-592, figg. 24, tabb. 3. Biblio 101 titoli.</p> <p>Questo articolo esamina e riassume le caratteristiche tecnologiche dei sistemi di trasporto a levitazione magnetica (Maglev) dal punto di vista dell'ingegneria dei trasporti, fornendo una sintesi dello stato dell'arte internazionale, delle attività di ricerca e delle applicazioni più significative degli ultimi decenni.</p>	

**STRAIL<sup>®</sup>astic**

ISOLAMENTO ACUSTICO 2.0

*I Vostri vantaggi - offerti da tutti i nostri sistemi.*



completa protezione contro i rumori montaggio su di un lato o su entrambi



brevi interruzioni per un veloce & semplice montaggio



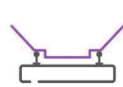
semplici procedure costruttive / montaggio senza fondamenta



superficie ad alto assorbimento acustico



nessun affaticamento del materiale dovuto alle vibrazioni



visuale libera al limite del profilo / sagoma regolamentare

**La superficie di nuova generazione**

I nuovi sistemi di protezione acustica **STRAILastic** sono equipaggiati, da oggi, con la superficie di nuova generazione ad alto assorbimento acustico.

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG / 84529 Tittmoning / Germany / Goellstraße 8  
STRAIL® Italy / Tommaso Savi / tel. +39 392 9 50 38 94 / tommaso.savi@strail.it



www.strail.it



@strail\_official



@kraiburg\_strail

## 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
- 2.7 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
- 2.23 F. CIUFFINI – “Orario Ferroviario - Integrazione e Connettività” ..... € 30,00
- 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

### 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

**6 – TESTI ALTRI EDITORI**

6.5. E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con Carrozze Media Distanza” ..... € 25,00  
 6.6. E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con carrozze a due piani” ..... € 28,00  
 6.7. E. PRINCIPE (ed. La Serenissima) – “Treni italiani Eurostar City Italia” ..... € 35,00  
 6.8. E. PRINCIPE – “Treni italiani – ETR 500 Frecciarossa” ..... € 25,00

6.9. V. FINZI (ed. Coedit) – “I miei 50 anni in ferrovia” .. € 20,00  
 6.10. E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Le carrozze dei nuovi treni di Trenitalia” ..... € 24,00  
 6.11. R. MARINI (ed. Plasser & Theurer – Plasser Italiana) “Treni nel Mondo” ..... € 30,00  
 6.12. A. BUSSI (ed. Luigi Pellegrini Editore) “Due Vite, Tante Vite (Storie di ferrovia e resistenza)” ..... € 16,00  
 6.61. M. MORZIELLO “Sistema Ferroviario Italiano Alta Velocità” ..... € 34,00  
 6.64. G. MAGENTA (ed. Gaspari) – “Un Mondo su rotaia” ..... € 29,00  
 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

*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 sottindicato. 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)

# 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, metallurgica, 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** Vetrofanie, 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 – Sito internet: 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.

**D** **Meccanica, metallurgica,  
macchinari, materiali,  
impianti elettrici ed elettronici:**

**ARTHUR FLURY S.r.l. – Via Settimio Raimondi, 7G – 44034 COPPARO (FE) – Tel. +39 3471759819 – E-mail: info@afluryitalia.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 – Sito internet: 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 tranciafuni 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 deviatore 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 comunicazione 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 – Sito internet: 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 pistoni, 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 tele-diagnostici 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 – Sito internet: 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 dia-

gnostica 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 – Web: 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 - Presostati 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 – Sito internet: 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 pistoni, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento aria compressa – Impianti toilettes 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: rolling-stock@lucchini.it – sito web: www.lucchini.it – Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metro-

politani; 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 – Sito web: 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, incavagliatrici, foratrasverse, forarotaie, apparecchiatura di controllo, segarotaie, gruppi rinalzatrici a lame vibranti.

**MICROELETTRICA 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: – Contatori 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.

**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 manu-

tenzione 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 – Web: 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, fa-

scette, 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 – Sito internet: 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 ungiordo, dispositivi di protezione corrente parassite, ricambi.

**S.I.D.O.N.I.O. S.p.A. – Via IV Novembre, 51 – 27023 CASOLNOVO (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@sirtel-srl.it – Sito web: www.sirtel-srl.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. 051/794 820 – E-mail: site@sitespa.it – Sito web: 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, Apparati 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](http://www.spii.it) - [info@spii.it](mailto:info@spii.it) – Temporizzatori elettromeccanici, multifunzione e digitali – Programmati elettromeccanici, multifunzionali e digitali – Microinterruttori ed elementi di contatto di potenza – Elettromagneti – Relè di potenza e ausiliari – Relè di controllo tensione frequenza e corrente – Termostati 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 graffi, 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 – [www.tecnelsystem.it](http://www.tecnelsystem.it) – E-mail: [tecnel@tecnelsystem.it](mailto:tecnel@tecnelsystem.it) – Pulsanti – Interruttori – Selettori – Segnalatori serie T04 per banchi comando – Segnalatori a Led serie S130 – Pulsanti apertura porte serie 56 e 58 – Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie T84 – Sistemi di comando e protezione porte – Avvisatori ottici ed acustici – Sirene – Temporizzatori – Sensori presenza e apertura porte.

**TEKFER S.r.l. – Via Gorizia, 43 – 10092 BEINASCO (TO)** – Tel. 011.0712426 – Fax 011.0620580 – E-mail: [segreteria@tekfer.com](mailto:segreteria@tekfer.com) – Sito internet: [www.tekfer.com](http://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](mailto:info@tesmec.com) - [www.tesmec.com](http://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](mailto:info@ttsolutions.it) – [www.ttsolutions.it](http://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. 0309686261 - Fax 0309686700 - e-mail [vaia-car@vaiacar.it](mailto:vaia-car@vaiacar.it) - Saldatrici mobili strada-rotai per la saldatura elettrica a scintillio delle rotaie - Gru mobili/Escavatori strada-rotai completi di accessori intercambiabili - Macchine operatrici mobili strada-rotai con equipaggiamenti specifici - Macchine operatrici mobili ferroviarie e/o strada-rotai 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](mailto:Railwaysystems-Italia@voestalpine.com) – [www.voestalpine.com/railway-systems](http://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](mailto:fluorten@fluorten.com) – [www.fluorten.com](http://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 - Sito web: 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 (RM) – Tel. 0774.367431-32 – Fax 0774.367433 – E-mail: info@plastiroma.it – Sito web: 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. 3476766033 - 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 stimativi 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 CERENESI (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) – Realizzazioni di Verifiche e Validazioni dei progetti complete 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 0289426332 – Fax +39 0283242507 – E-mail: franco.pedrinnazzi@schweizer-electronic.com – Sito: 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, (professional 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 – Sito internet: 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.ferrentinoconsulship.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 Aprile 2023

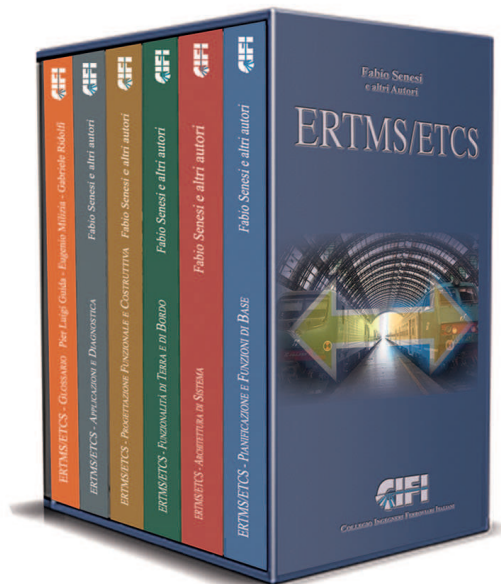
# ERTMS/ETCS

*Collana di 6 volumi con  
Appendice ed Aggiornamenti on-line*

I volumi, con circa 2.000 pagine, sono stati redatti a valle del Corso CIFI sul Sistema ERTMS/ETCS, ad opera di Fabio Senesi e di altri 43 specialisti del settore fra Autori, Istruttori e Revisori. I vari argomenti sono trattati per essere utili sia ai progettisti che ai cultori ferroviari. I capitoli dei volumi sono linkati con il sito CIFI [www.wikirail.it](http://www.wikirail.it) in cui saranno pubblicati gli eventuali aggiornamenti che, nel tempo, si avranno nelle varie fasi di progettazione, realizzazione ed esercizio del Sistema.

**I testi sono un riferimento aggiornato sia per oggi che per il futuro.**

**La collana non è solo libri, bensì un continuo servizio  
sia formativo che informativo su ERTMS/ETCS**



**Installazione mensola OMNIA anodizzata,  
presso Milano Centrale.**

Lo speciale trattamento ha permesso la perfetta mimetizzazione della linea di contatto con la magnifica struttura in ferro della stazione.



## BONOMI RAILWAY

Dal 1928 elettrifichiamo le ferrovie di tutto il mondo con **soluzioni innovative**. Per esplorare nuovi orizzonti. Per muovere il mondo in modo moderno e sostenibile. **Scegliamo i materiali più nobili e li adattiamo agli ambienti per impattare in maniera minore sull'arredo urbano, per proporre prodotti sempre nuovi e altamente performanti.**

### CARATTERISTICHE DELLA MENSOLA OMNIA

- SPECIALE LEGA D'ALLUMINIO (EN AW-6082 T6):  
Ottima resistenza alla corrosione e agli agenti atmosferici;
- PESO ESTREMAMENTE RIDOTTO E MAGGIORE MANEGGIABILITÀ;
- AUMENTO ESPONENZIALE DEL CICLO DI VITA DEI COMPONENTI;
- MATERIALE ECO-FRIENDLY;
- IL POSSIBILE TRATTAMENTO DI ANODIZZAZIONE GARANTISCE ULTERIORE RESISTENZA ALLA CORROSIONE E ADATTABILITÀ IN TERMINI DI IMPATTO AMBIENTALE.

